## ANTECEDENTES RECOPILADOS POR EL MMA

## PARTE 2

### ANTECEDENTES SOBRE BIODIVERSIDAD

- Beier, P, (2006), Chapter 2. Effects of Artificial Night Lighting on Terrestrial Mammals.
- Hölker, F, Wolter, C, Perkin, E, (2010), Light pollution as a biodiversity threat.
- Aubrecht, C, Jaiteh, M, de Sherbinin, A, (2010), GLOBAL ASSESSMENT OF LIGHT POLLUTION IMPACT ON PROTECTED AREAS.
- Praus, S, Palma, M, Domínguez, R, (2011), La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile.
- Welch, D, IUCN Dark Skies Advisory Group, (2012), IUCN Supports dark skies for nature conservation.
- Contraloría General de la República, (2013), Ref. Nº 204.618/2013, Sobre realización de actividades de pesca extractiva y de acuicultura en Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos.
- Longcore, T, National Park Service, U.S. Department of interior, (2016), Artificial night lighting and protected lands: ecological effects and management approaches.
- Bennie, J, Davies, T, Cruse, D, (2016), Ecological effects of artificial light at night on wild plants.
- Sanders, D, Gaston, K, (2017), How ecological communities respond to artificial light at night.
- Grubisic, M, Haim, A, Bhusal, P, (2019), Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates.
- Ministerio del Medio Ambiente, (2019), Aprueba Lineamientos para el ejercicio del rol de supervigilancia del Ministerio del Medio Ambiente sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.
- Davies, T, McKee, D, Fishwick, J, (2020), Biologically important artificial
- light at night on the seafloor.
- Lewis, S, et al, (2020), A Global Perspective on Firefly Extinction Threats .
- Falcón, J, Torriglia, A, Attia, D, (2020), Exposure to Artificial Light at Night and the Consequences for Flora, Fauna, and Ecosystems.

Folio Nº 1771



*Chapter 2*

# Effects of Artificial Night Lighting on Terrestrial Mammals

Paul Beier

All 986 species of bats, badgers and most smaller carnivores, most rodents (with the notable exception of squirrels), 20% of primates, and 80% of marsupials are nocturnal, and many more are active both night and day (Walls 1942). Thus it would be surprising if night lighting did not have significant effects on mammals. Compared with investigations on birds, lepidopterans, other insects, and turtles, however, few studies, or even anecdotal reports, document the effects of artificial night lighting on mammals in the wild. Because of the dearth of empirical evidence, this chapter begins with a review of the biology of mammalian vision, including the extensive literature on how moonlight affects nocturnal behavior of mammals and how light influences mammalian biological clocks. I then discuss several classes of likely effects of artificial night lighting on mammals, namely disruption of foraging patterns, increases in predation risk, disruption of biological clocks, increases in mortality on roads, and disruption of dispersal movements through artificially lighted landscapes. I include recommendations for experiments or observations that could advance our understanding of the most likely and significant effects.

Folio Nº 1772

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 20



## Light and the Ecology and Physiology of Mammals

Insight into the potential consequences of artificial night lighting on mammals can be gained from an understanding of the activity patterns, visual ability, and physiological cycles of species under normal patterns of light and dark. Artificial light at night may disrupt the various daily, monthly, and annual cycles described in this section.

Mammals vary in their activity periods, with corresponding adaptations in their visual systems (Walls 1942). Activity patterns can be classified into five types (Halle and Stenseth 2000). Mammals with a nocturnal pattern obviously are most likely to be affected by artificial night lighting. I will treat the crepuscular pattern, defined as nocturnal with activity peaks at dawn and dusk, as a variant on the nocturnal theme; this group includes most lagomorphs. Diurnal mammals include all squirrels except the flying squirrels and most primates, including humans. Indeed, if human vision were not so anatomically diurnal, artificial lighting would not be necessary. Mammals with the 24-hour pattern include ungulates and larger carnivores, plus some smaller carnivores. These species have excellent night vision and usually are most active at night but have regular daytime activity periods as well. I ignore the ultradian pattern—periodicity less than 24 hours, typically 3- to 5-hour cycles—because it has been documented only in voles and is light-independent (Gerkema et al. 1990).

### *Anatomy and Physiology of Vision in Mammals*

How various mammals respond to light depends, among other things, on the architecture of the eye, including its pupil, type of lens, and especially whether the photosensitive cells in the retina are dominated by rods or cones. Nocturnal mammals have large pupils to admit more light, huge lenses to minimize spherical aberration, and rod-rich retinas (Walls 1942). The rod system has high sensitivity but low acuity; that is, it can be stimulated by a few photons, but ability to see detail is poor because many rod cells connect to a single neuron. This means that small stimuli from several rods can act in concert to stimulate a neuron and thus deliver a signal to the brain. Because the brain is unable to determine exactly which rods were stimulated, however, it cannot discern the exact size and shape of the perceived object. In contrast, there is little summation among neurons where cones and neurons approach a 1:1 ratio in parts of some mammalian retinas.

Folio Nº 1773

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 21



Most nocturnal mammals have few cones; bats and armadillos have nearly cone-free retinas (Walls 1942). Nocturnal mammals with few cones are temporarily blinded by bright light because the rods become unresponsive (i.e., saturated) above 120 cd/m$^2$, approximately the light level at twilight. Narrowing the pupil is the primary short-term defense of cone-poor mammals against rod saturation in bright light but is only marginally effective at reducing the blinding effect of light (Perlman and Normann 1998).

Because they lack high-resolution cones, few nocturnal mammals eat seeds, small fruits, or small mobile insects unless such foods are clumped into large, visually detectable aggregations such as inflorescences or anthills or are detectable by other means such as echolocation or scent. Nocturnal animals can partially overcome the poor resolving power of the rod-dominated retina by having large eyes that permit large retinal images. Because the size of rods does not decrease with body size, what matters here is the absolute, not relative, size of the retinal image (Walls 1942). Thus the limited skull size of small nocturnal mammals limits their evolutionary ability to improve visual resolution.

The retina of diurnal mammals is rich in cones, which provide clear images at close range or in good light. A large number of photons is needed to stimulate a cone, however, which makes cones useless in dim light. Most, perhaps all, diurnal squirrels are similar to diurnal birds in having retinas so poor in rods that they are nearly blind at night. Although most diurnal mammals, including humans, have fewer cones than rods, most of these mammals are large, and their large retinal image ensures high visual acuity in daylight. The lenses of diurnal mammals resemble those of 24-hour mammals.

Like some nocturnal and crepuscular mammals, most mammals capable of 24-hour activity have a retina composed mostly of rods, but they have enough cones for a second image-forming system useful in bright light (Perlman and Normann 1998). Changes in pupil size are less important than photon saturation of the rods in switching between systems (Perlman and Normann 1998). When a mammal with a 24-hour eye comes from darkness into light, the rods saturate, thereby becoming incapable of stimulation, and the shift to the cone system occurs within about 2 seconds. The shift from bright to low light takes much longer (Lythgoe 1979) and involves more complex chemical reactions for the rods to fully resensitize (Perlman and Normann 1998). Although the rod system may gain a 100-fold increase in sensitivity within 10 minutes after the transition to darkness, another 10-fold gain in sensitivity can occur between 10

Folio Nº 1774

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 22



and 40 minutes (Lythgoe 1979). The presence of a bright light in an otherwise dark environment may suppress the rod system in part or all of the retina, leaving the animal not fully adjusted to the dark.

Many 24-hour mammals, and some nocturnal and crepuscular mammals, have a highly reflective layer behind the photoreceptive cells, the tapetum lucidum, that amplifies the light reaching those cells. The tapetum is found in most carnivores and ungulates but rarely in rodents, lagomorphs, or higher primates.

In mammals with both rod and cone systems, the shift between systems is accompanied by a change in spectral sensitivity called the Purkinje shift. Cone cells have a variety of photoreactive pigments, and this variety creates a capacity for color vision in the cone system. Because rods rely on only one photoreactive pigment, rhodopsin, with maximum absorption around 496 nm, the color-blind rod system discriminates only on the basis of brightness.

### *Influence of Moonlight on Behavior of Nocturnal Mammals*

Most nocturnal mammals react to increasing moonlight by reducing their use of open areas, restricting foraging activity and movements, reducing total duration of activity, or concentrating foraging and longer movements during the darkest periods of night. Such behaviors have been recorded in studies of desert rodents (Lockard and Owings 1974, Price et al. 1984, Bowers 1988, Alkon and Saltz 1988), temperate zone rodents (Kaufman and Kaufman 1982, Travers et al. 1988, Vickery and Bider 1981, Wolfe and Summerlin 1989, Topping et al. 1999), desert lagomorphs (Butynski 1984, Rogowitz 1997), Arctic lagomorphs (Gilbert and Boutin 1991), fruit bats (Morrison 1978, Law 1997, Elangovan and Marimuthu 2001), a predatory bat (Subbaraj and Balasingh 1996), some primates (Wright 1981), male woolly opossums (Julien-Laferrière 1997), and European badgers (Cresswell and Harris 1988).

Most authors attributed these changes to increased predation risk in open habitats under bright moonlight. Although no field study conclusively confirms or refutes this explanation, circumstantial evidence supports it. Increased coyote howling during the new moon is consistent with the unprofitability of hunting rodents under these conditions (Bender et al. 1996). In laboratory studies (Clarke 1983, Dice 1945), owls were better able to catch deer mice in brighter light. However, as Clarke (1983) explained, these laboratory results may not reveal much about the effect on predation rate under natural conditions. On bright nights, most prey

Folio Nº 1775

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 23



remain in secure places, but the few that are in bright conditions may be readily killed. On dark nights, owl efficiency per prey may be reduced, but with many active prey available, the total prey consumption and the prey's mortality rate from the owl may be unchanged (Daly et al. 1992). Similarly, ocelot behavior is consistent with the hypothesis that fewer but more successful prey encounters occur under bright light (Emmons et al. 1989).

Some nocturnal species neither decrease activity nor seek habitats with canopy cover during bright moonlight. Many insectivorous bats do not decrease activity during bright moonlight (Negraeff and Brigham 1995, Hecker and Brigham 1999), although some species do, at least in captivity (Erkert 2000). Some insectivorous bats prefer to forage in upper canopy under bright moonlight (Hecker and Brigham 1999) or under artificial night lighting (Rydell and Baagøe 1996), in both cases because insect prey are more abundant in the brighter areas (for further discussion of bats see Chapter 3, this volume). Moonlight is associated with increased activity in woodland rodents such as *Peromyscus leucopus* (Barry and Francq 1982), the nocturnal monkey *Aotus trivirgatus* (Wright 1981), and the galagos (Galagonidae; Nash 1986). In most instances, these studies provided adaptive reasons for increased activity in moonlight. For example, the galagos, although nocturnal, visually detect their insect prey, and they avoid predation not by concealment but by visual detection, mobbing, and flight. Moonlight does not change the activity pattern of ocelots (Emmons et al. 1989) or white-tailed deer (Beier and McCullough 1990; but see Kie 1996).

### *The Circadian Clock in Mammals*

The freerunning period of activity, the activity cycle for an animal under constant light or darkness, ranges from 23 to 25 hours for most vertebrates, with extremes of 21 to 27 hours (Foster and Provencio 1999). Because the freerunning clock is not exactly 24 hours, the internal circadian system must be synchronized to local time by a cue in the animal's environment. This process is called entrainment, and the cue used to synchronize the internal clock is called a zeitgeber. For all vertebrates, the primary zeitgeber is change in the quantity, and perhaps the spectral quality, of light at dawn and dusk (Foster and Provencio 1999). In vertebrates, the two image-forming visual systems (i.e., the rod and cone systems) do not entrain the biological clock, which is governed by a special photoreceptor system separate from them. In mammals, this photoreceptor sys-

Folio Nº 1776

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 24



tem lies in the retina and communicates to a different part of the brain, the suprachiasmatic nuclei (SCN), via a different neural system, comprising less than 0.01% of retinal ganglion cells (Foster and Provencio 1999). Loss of the eyes or SCN blocks entrainment of the circadian clock in all mammals studied. Shifting circadian rhythm requires more light than that needed to form a visual image, and the stimulus must be of longer duration, 30 seconds to 100 minutes (Figure 2.1; Foster and Provencio 1999).

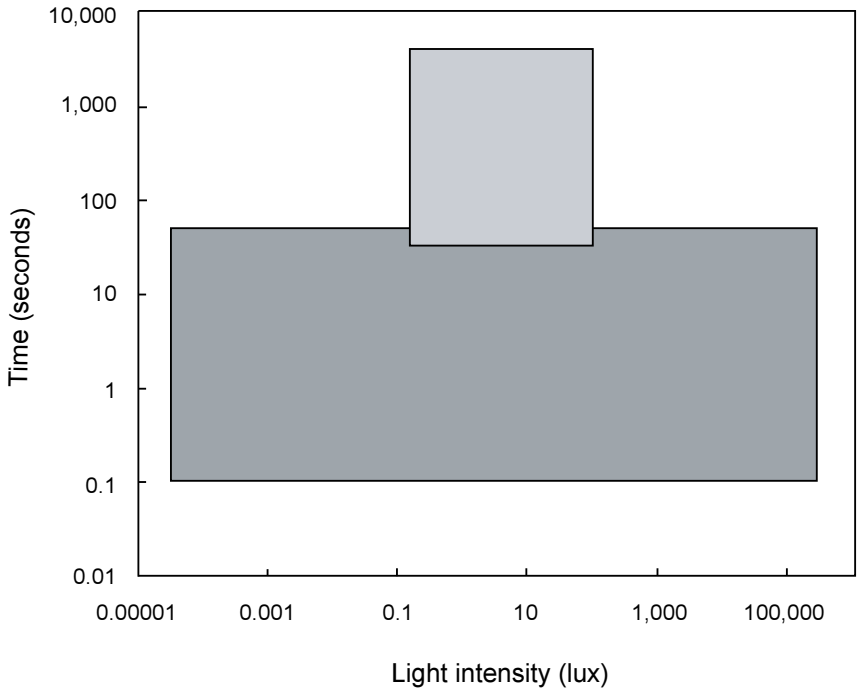



**Figure 2.1.** The response range of the visual imaging system (large box) has minimal overlap with the response range of the circadian system in vertebrates (small box). Influencing the biological clock requires both more light (*x*-axis) and longer duration (*y*-axis) than forming a visual image. This protects the circadian system from many photic stimuli that do not provide reliable time cues. The upper threshold in light intensity makes the circadian clock more sensitive to twilight intensities than to full sunlight. Artificial lights within the range of duration and intensity described by the small box disrupt the mammalian biological clock. Figure adapted from Foster and Provencio (1999: Figure 3), with the *x*-axis converted from photons per unit area. Although there is no exact conversion to lux, this approximation allows the reader to compare these light intensities with those illustrated in Figure 2.2.

Folio Nº 1777

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 25



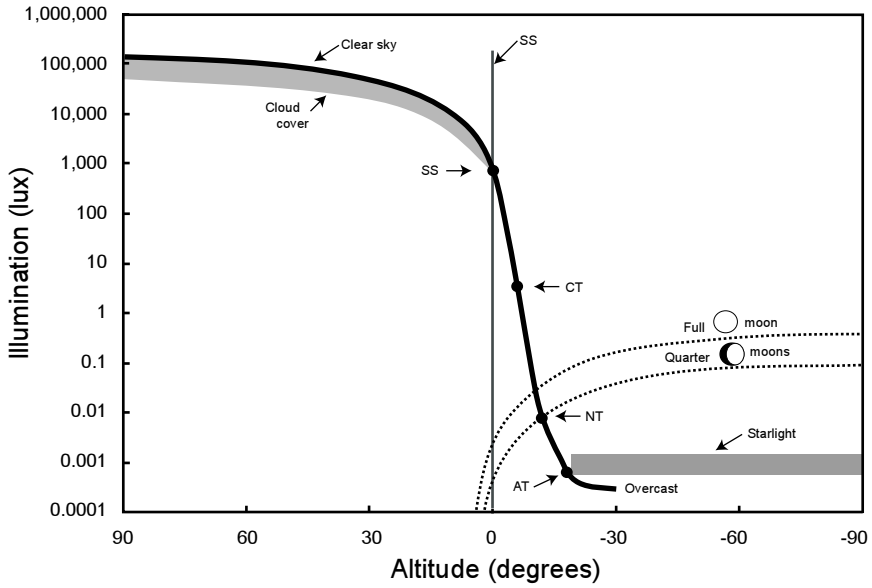



**Figure 2.2.** Illumination at Earth's surface varies with solar and lunar altitude above the horizon. For comparative purposes, the Illuminating Engineering Society recommends 3–16 lux illumination for U.S. highways or as a maximum for off-site spill from recreational sports facilities. In practice, these recommendations often are exceeded by an order of magnitude. Note log scale on *y*-axis. The altitude of the moon above the horizon is deliberately displayed on the negative (below horizon) half of the *x*-axis so that the *x*-axis can be interpreted as time relative to sunset. AT, astronomical twilight with sun 18° below horizon; CT, civil twilight with sun 6° below horizon; NT, nautical twilight with sun 12° below horizon; SS, sunset. Figure adapted from McFarland et al. (1999: Figure 1).

Light level at twilight falls at the lower end of this range (Figure 2.2; McFarland et al. 1999). These thresholds—as well as the upper limits—are useful in preventing photic noise from resetting the circadian clock. For instance, lightning, which can be fifty times brighter than direct sunlight, would confuse circadian rhythm if it were of sufficient duration. It has long been thought that the irradiance of starlight and the full moon both fall below the threshold for entrainment and cannot reset the circadian clock, although entrainment of circadian rhythm recently has been recorded at illuminances as low as $10^{-5}$ lux in bats (Erkert 2004). Low-intensity stimuli of sufficient duration can suppress melatonin production in rats (Dauchy et al. 1997) and humans (Brainard et al. 1997), suggesting that such stimuli also affect the circadian clock, at least in humans (Shanahan et al. 1997) in addition to bats.

Folio Nº 1778

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 26



The light regime and the circadian clock also influence production of some hormones, notably melatonin, which mediates not only the activity patterns discussed earlier but also almost every physiological or behavioral rhythm in mammals (Bartness and Goldman 1989). In all species, melatonin production is high at night and suppressed during daytime, although reaction to melatonin often differs between diurnal and nocturnal species. Among its many roles, melatonin suppresses tumor growth by regulating production and tumor use of linoleic acid. In a laboratory experiment, Dauchy et al. (1997) determined that minimal light contamination of 0.2 lux, simulating a light leak around a laboratory door during an otherwise normal dark phase, disrupted normal circadian production of melatonin and promoted tumor growth in rats. Compared with rats experiencing a cycle of 12 hours light and 12 hours total darkness per day, rats experiencing light contamination produced 87% less melatonin, similar to the 94% decline observed in rats held in full light 24 hours per day. There were corresponding dramatic increases in tumor growth. Remarkably, low-intensity light exposure during the subjective dark phase had virtually the same effect as constant light in blocking melatonin production and stimulating tumor growth.

### *The Circannual Clock and Lunar Clock in Mammals*

Mammals also have an endogenous rhythm with a freerunning period of about 1 year. The circannual clock influences annual changes in body mass, hormones, reproductive status, hibernation, and the circadian activity pattern over the course of the year. By controlling breeding season, delayed fertilization of the ovum, and delayed implantation of the blastocyst, the circannual clock causes parturition of most species of mammals to occur in a highly compressed period. This reduces the neonatal mortality rate by predator swamping and synchronizes parturition with favorable foraging conditions (Vaughan 1978, Gwinner 1986).

Because experiments on the circannual clock take years to complete, our understanding of it remains poor, and only three mammal species have been studied in any detail, namely the golden hamster (*Mesocricetus auratus*; Bronson 1989), domestic sheep (Bronson 1989), and golden-mantled ground squirrel (*Spermophilus lateralis*; Dark et al. 1990, Zucker et al. 1983, Pengelley and Fisher 1963, Lee et al. 1986). Light appears to be the most important—perhaps the only—zeitgeber for the circannual clock of hamster and sheep (Bronson 1989). Both of these species are

Folio Nº 1779

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 27



highly domesticated, however, and all laboratory stocks of the hamster are highly inbred, having descended from a single mother and her litter captured in 1930. These factors may limit the extent to which we can extrapolate to wild mammals.

Light may be of equal or lesser importance than temperature in setting the circannual clock of the golden-mantled ground squirrel and especially in governing the hibernation cycle of the species. Zucker et al. (1983) demonstrated that light was involved in entraining the circannual clock in golden-mantled ground squirrels. However, loss of the SCN disrupted the annual reproductive cycle and the annual cycle of body mass in only eight of nineteen squirrels, indicating existence of a circannual oscillator that is anatomically separate from the SCN. Although the neural structure that functions as the circannual oscillator has not been identified, it is influenced by the retinal system that terminates in the SCN (Dark et al. 1990). Although Hock (1955) reported a strong role for light in initiating hibernation of the Arctic ground squirrel (*Spermophilus undulatus*), Pengelley and Fisher (1963) reported that although an artificially reversed thermal regime caused golden-mantled ground squirrels to hibernate in summer, it was impossible to produce a similar reversal in the phase of the hibernation cycle by changing light conditions. Emergence from hibernation in spring cannot possibly be influenced by photoperiod because these squirrels hibernate in dark burrows.

In summary, studies of circannual cycles of a few mammalian species suggest that light is an important zeitgeber but perhaps not the only one. The importance of light as a circannual regulator is also a logical necessity, given the crucial role of light in production of melatonin and the well-documented importance of melatonin in governing reproductive activity (Bartness and Goldman 1989). Bronson (1989) and Gwinner (1986) provide excellent overviews of this complex topic.

Lunar cycles also may play an important role in timing of mammalian reproductive behaviors. Murray (1982) and Skinner and van Jaarsveld (1987) suggested that moonlight may synchronize estrus in some ungulates. Both of these were observational studies, and there appears to be no experimental work on how lunar cycles affect mammalian reproduction or whether the mammalian brain has a neural circalunar oscillator that is entrained by moonlight. The absence of such evidence is a result of a lack of effort and cannot be construed as refuting the existence or importance of a circalunar clock.

Folio Nº 1780

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 28



## Plausible Effects of Artificial Night Lighting on Mammals

In the rest of this chapter I make inferences about plausible effects of artificial night lighting by considering the foregoing information in relation to the properties of artificial night light and evaluating the handful of studies on how artificial lighting influences mammal behavior in the wild. Potential influences of artificial lights at night on mammals include disruption of foraging behavior, increased risk of predation, disruption of biological clocks, increased deaths in collisions on roads, and disruption of dispersal movements and corridor use.

### *Disruption of Foraging Behavior and Increased Risk of Predation*

Many studies cited in this chapter have shown that bats, nocturnal rodents, and other nocturnal mammals respond to moonlight by shifting their activity periods, reducing their activity, traveling shorter distances, and consuming less food. Artificial light of similar intensity to moonlight caused rodents in experimental arenas to reduce their activity, movement, and food consumption (Vasquez 1994, Kramer and Birney 2001, Brillhart and Kaufman 1991, Clarke 1983, Falkenberg and Clarke 1998). These experiments used both fluorescent and incandescent lights to simulate moonlight, with rodents responding to stimuli equivalent to that of a half moon (0.1 lux) as well as a full moon (0.3 lux). Thus, artificial night lighting of similar intensity to moonlight reduces activity and movement of many nocturnal animals, particularly those that rely on concealment to reduce predation risk during nocturnal foraging. Because roadway lighting in the United States is designed to illuminate the road surface at a minimum of 3 lux (the lowest acceptable value midway between light standards) and an average of 4–17 lux, depending on type of pavement and roadway, with maximum values two or three times the average directly under lampposts (IESNA 2000), all artificial night lighting can be expected to have such effects along road edges.

Although small mammals can respond to bright moonlight by shifting foraging and ranging activities to darker conditions, this option is not available to animals experiencing artificially increased illumination throughout the night. Under these circumstances, unless they abandon the lighted area, nocturnal animals have only two unfortunate choices. One is to accept the risk of predation by foraging under bright light, as Alkon and Saltz (1988) observed when food shortages forced crested por-

Folio Nº 1781

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 29



cupines (*Hystrix indica*) to abandon their light-phobic behaviors. The other option is to continue to minimize predation risk even at the cost of loss of body mass, as observed in an experiment on the cricetid rodent *Phyllotis darwini* (Vasquez 1994). The rodents responded to simulated moonlight by carrying 40% of their food to the refuge site in the arena and consuming it there, compared with less than 4% of food consumption under dark conditions. On bright nights, the rodents consumed 15% less food and lost 4.4 g, compared with a 1.1-g weight loss on dark nights. Despite difficulties in translating these experimental results to field conditions, artificial night lighting undoubtedly reduces food consumption and probably increases predation risk for nocturnal rodents in the wild.

Few studies have investigated the effects of artificial light on feeding behavior of mammals in natural populations. In one study Kotler (1984) strongly confirmed that artificial night lighting affects nocturnal rodents. During the new moon, Kotler observed that seed harvest by the desert rodent community (four species of *Dipodomys*, *Peromyscus maniculatus*, and possibly *Perognathus longimembris* and *Microdipodops pallidus*) decreased an average of 21% in response to a single fluorescent or gasoline camping lantern placed to cast light equivalent to 160% (8 m [26 ft] from lantern) to 25% (35 m [115 ft] from lantern) of the light of a full moon. He also reported that, within trials, harvesting rate was lower at feeding sites that were most brightly illuminated, but he did not quantitatively describe that relationship. To help planners estimate the magnitude of this effect, future research should determine the functional relationship between food harvest (or other variables related to fitness) and illumination and determine whether there is a threshold illumination below which no effect occurs. Although lighting at sport stadiums, gas stations, and some commercial operations is brighter than highway lighting, the latter probably is the brightest lighting that affects large areas of wildlands. Thus, research focusing on the intensities and heights of lighting that are prescribed or implemented along highways, and their effects in a landscape context, would be most helpful.

Bird et al. (2004) also investigated the effects of artificial lighting on rodent foraging. In coastal Florida, they measured foraging of Santa Rosa beach mouse (*Peromyscus polionotus leucocephalus*) as a proxy for another threatened and endangered subspecies of *Peromyscus polionotus*. Resource patches of food were placed along transects with arrays of low pressure sodium lights, "bug" lights, and no lights. The percentage of resource patches foraged by mice was significantly higher in dark arrays than light arrays and higher at arrays with bug lights than low pressure sodium

Folio Nº 1782

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 30



lights. Effects of actual beachfront lighting were presumed to be greater those observed in the experiment because taller and more intense light sources are commonly used in coastal development.

De Molenaar et al. (2003) studied mammal response to streetlamps experimentally installed on small earthen dams that crossed flooded drainage ditches in the Netherlands. Aquatic mammals such as muskrats (*Ondatra zibethicus*) had to cross these dams to move along the ditch, and other mammals used the dams to pass between patches of upland habitat without swimming. The four predators—polecat (*Mustela putorius*), stoat (*Mustela erminea*), weasel (*Mustela nivalis*), and fox (*Vulpes vulpes*)—were more likely to walk on or near illuminated dams than unlit ones, and the brown rat (*Rattus norvegicus*) seemed to avoid lighted dams. The four other species studied (muskrat, hedgehog [*Erinaceus europaeus*], hare [*Lepus europaeus*], and roe deer [*Capreolus capreolus*]) showed no marked response.

With their cone-rich retinas, most sciurids probably are nearly blind at night, even under moonlight or artificial night lighting. To conceal themselves from visual predators, most tree squirrels spend the night in nests in trees, and ground squirrels sleep underground. To the extent that artificial night lighting assists visual predators at night, it could decrease squirrel survival rates.

Does artificial night lighting benefit owls, bats, or other predators? If desert rodents are more vulnerable to owls and other nocturnal predators under moonlight or its equivalent, it is tempting to think of artificial night lighting as enhancing habitat for these predators. Many species of insectivorous bats aggregate at streetlamps to exploit aggregations of moths and other insects that are attracted to the light (Blake et al. 1994, Rydell and Baagøe 1996). Some reports have implied that this is good for bats, but this makes sense only under the nonecological valuation that more is better. Certainly such aggregations are not natural, nor are they beneficial to insect prey of the bats. Such lighting should not be justified in terms of benefits to bats unless the feeding stations are explicitly intended to compensate for human-caused loss of other food sources or human-caused excess of the insect populations attracted to the lights.

### *Disruption of Biological Clocks*

Assuming that the circadian clock evolved to maximize foraging efficiency, to reduce risk of predation, to enhance parental care, or for similarly important reasons, artificial night lighting can adversely affect ani-

Folio Nº 1783

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 31



mals by disrupting that clock. These individuals also would be out of phase with their neighbors living in a natural light–dark cycle; in more social mammals this could affect mating success, group-mediated antipredator vigilance, and other processes.

Almost all studies of how light pulses can shift the biological clock used artificial light, either fluorescent or incandescent, as the stimulus. All of these studies demonstrate that brief (10- to 15-minute duration) and moderately bright (about 1,000 lux, equivalent to bright twilight) stimuli can shift the circadian clock by 1–2 hours (Halle and Stenseth 2000). This finding suggests that artificial night lighting can disrupt circadian patterns in the wild. These experiments were conducted only on captive animals held in 24-hour darkness except for the experimental stimuli, however. One experiment on the nocturnal flying squirrel *Glaucomys volans* came much closer to natural conditions in that the experimental animals had free access to a completely dark nest box and could choose when to emerge to a larger chamber where they might encounter artificial light (DeCoursey 1986). If the squirrel encountered light at arousal time, when it expected to enter a dark world, it would return to its nest box to sleep, delaying its circadian clock by 40 minutes. Because most nocturnal animals spend the day in burrows or cavities with unmeasured but presumably very low light levels, these experimental results probably are ecologically relevant to all nocturnal mammals.

Only two studies compared artificial light with daylight in terms of their effects on the circadian clock. In one study, wild-caught nocturnal mice were subjected to pulses of daylight, incandescent light, and fluorescent light, each 1,000 lux and 15 minutes in duration, at various points in the circadian cycle (Sharma et al. 1997). The phase shift response was strongest 2–3 hours after the transition from subjective day to subjective night, at which time the daylight stimulus produced a greater delay in activity (about 2.5 hours) than the two types of artificial light (each about 1.5 hours). The other study (Joshi and Chandrashekaran 1985) applied the same experimental protocol on a bat and found that incandescent lights produced large phase shifts in the opposite direction as the shifts elicited by daylight and fluorescent light. Artificial night lighting is about as effective as natural light in setting or disrupting the circadian clock.

The effect of the circadian clock on melatonin production may have serious ecological consequences. Dauchy et al. (1997) documented that modest levels of nocturnal light suppressed melatonin production with dramatic effects on tumor growth in rats. Although these results cannot be directly translated to wild mammals, this study suggests that disruption

Folio Nº 1784

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 32



of biological clocks by artificial night lighting could have profound effects on individual animals. If a significant fraction of individuals in a population are affected, population and ecosystem effects are also possible. In the golden hamster, the visual system that regulates the circadian clock is responsive to stimuli between 300 and 500 nm but insensitive to wavelengths of 640 nm or longer and 290 nm or shorter (Brainard et al. 1994). Further research on the spectral sensitivity of additional mammals may provide guidance that would allow the selection of outdoor lighting to avoid or minimize this potential effect, perhaps in the red–yellow spectrum.

Despite ample evidence that artificial lighting can disrupt circadian and circannual clocks in the laboratory setting—where all existing research has been conducted—there is no confirmation of these effects in wild populations. In part this is an intractable problem because phase shifts have been defined in a way (Gwinner 1986) that can be measured only in a laboratory. However, melatonin levels in wild populations subject to artificial night lighting could be compared with levels in undisturbed populations, controlling for time of day, to yield a biologically meaningful estimate of the magnitude of this problem in nature. In addition, population-level studies can demonstrate the overall effect of artificial night lighting on mammal populations, although it may be difficult or impossible to disentangle the effects of disrupted biological clocks from those of other mechanisms, such as reduced foraging or increased predation risk.

### *Effect of Street Lighting on Roadkill of Mammals*

Intensity and type of street lighting may influence the probability of wildlife mortality in collisions with vehicles. It seems logical that most types of lighting will make animals more visible to drivers and thus reduce risk of mortality by giving the driver more time to react. There is no research supporting this idea, however, and Reed (1995), Reed et al. (1979), and Reed and Woodward (1981) concluded that increased highway illumination was not effective at reducing deer–vehicle accidents in the United States.

Some artificial night lighting makes it difficult for nocturnal mammals to avoid collisions with vehicles if the animal experiences a rapid shift in illumination. Many nocturnal species are using only the rod system, and bright lighting saturates their retinas. Although many nocturnal mammals have a rudimentary cone system and can switch over to it within a

Folio Nº 1785

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 33



couple seconds, during those seconds they are blinded. Once they switch to the cone system, areas illuminated to lower levels become black, and the animal may become disoriented, unable to see the dark area across the road and unwilling to flee into the unseeable shadows whence it came. This is not solely a problem for a rod-dominated visual system because even a cone-dominated system is ineffective when a small part of the visual field is many orders of magnitude brighter than the remaining field. This glare phenomenon is familiar to any backcountry camper who has been temporarily blinded by a companion's flashlight. Finally, if the animal is in the lighted area long enough to saturate its rod system, it will be at a distinct disadvantage for 10–40 minutes after returning to darkness.

The lowest possible lighting level consistent with human safety is the best for mammals crossing roads. There is no advantage to using lighting that is closer to the sunlight spectrum for these cone-poor animals. Indeed, low pressure sodium lights, with emission at 589 nm, provide reasonably effective vision for human drivers, who have mixed cone and rod vision, while interfering least, of the available lamp types, with the dominant rod-based vision of nocturnal mammals. Because the rod system has peak sensitivity near 496 nm, low pressure sodium lights should appear about one-tenth as bright to a rod-dominated retina as to a human retina.

Little ecological research, and a modest amount of human and engineering research, is needed on the issue of designing highway lighting to minimize roadkill mortality. Our knowledge of mammalian vision is sufficient to conclude that, from the animal's perspective, less is better. Research should focus on the straightforward issue of determining the lowest level of illumination that increases the ability of human drivers to see a large animal, thus allowing the driver to avoid collision, without disabling the rod-dominated retina of mammals, thus allowing them to escape into the darkness. Other technical questions, relevant not only to roadkill but also to biological clocks, predation risk, and foraging behavior, include developing cost-effective designs to confine lighting to the roadway and balancing them with a lamp height and beam pattern that reduces effects on the sensitive central part of the driver's retina.

### *Disruption of Dispersal Movements and Corridor Use*

With increasing emphasis on providing biotic connectivity at the landscape scale, there is an increased need for information on how various factors influence the utility of a connective area. It follows from the preceding that street lighting negatively affects a mammal's ability and

Folio Nº 1786

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 34



willingness to cross a road or to move through any area with artificial night lighting. Although planners and conservationists have focused on the issue of how wide a corridor should be, it is obvious that the answer depends on how bright it is.

Only two studies attempted to address how a mammal, moving at night through unfamiliar terrain, might react to natural or artificial light or otherwise use visual information to find suitable habitat. A study of dispersing puma (*Puma concolor*) in urban southern California noted several exploratory movements that did not follow favored topography or vegetation patterns (Beier 1995). Beier speculated that the pumas were moving away from the urban glow and navigating toward the darkest horizon. Beier also noted instances in which an animal, exploring new habitat for the first time, stopped during the night at a lighted highway crossing its direction of travel with unlit terrain beyond. In several instances, the animal would bed down until dawn, selecting a location where it could see the terrain beyond the highway after sunrise. The next evening, the puma would attempt to cross the road if wildland lay beyond or would turn back if industrial land lay beyond.

Another study revealed that white-footed mice (*Peromyscus leucopus*) are capable of a similar "look now and move later" strategy (Zollner and Lima 1999). Zollner and Lima experimentally released woodland mice in bare agricultural fields at night under dark or moonlit conditions and at various distances from a single woodland patch, which was suitable habitat for the mouse, in the area. Under dark conditions, the mice were incapable of perceiving and orienting to the woodland patch at distances of 30 m (98 ft) or more. Full moonlight extended the perceptual range to 60 m (197 ft), and mice given a twilight look at the landscape before sunset were able to orient from 90 m (295 ft) away. Thus, if mice were not deterred by psychology, activity pattern, and predation risk, interpatch dispersal by mice would be more successful under daylight illumination. The study demonstrates that mice are able to assess the landscape under full light and use that information to move successfully in the dark, however.

Zollner and Lima (1999) also open a new realm of research, namely empirically determining the perceptual range of an animal, or the distance at which habitat patches can be perceived. Goodwin et al. (1999) provide helpful suggestions for sound statistical analyses and alternative approaches. Such research, using species for which corridors are designed, may provide a scientific basis for designing corridors and determining how animals use vision to explore new terrain.

Folio Nº 1787

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 35



Although perceptual range of mice increased in moonlight, there are two reasons that artificial night lighting may not similarly increase perceptual range and help animals find new patches. First, by saturating an animal's rod system, artificial night lighting plunges most of the landscape into darkness. Second, because a dispersing animal can anticipate this effect, it may orient away from the lights.

Movement in connective areas can be affected by adjacent lights of recreational fields, industrial parks, service stations, and housing. In southern California, where the South Coast Missing Linkages effort is attempting to maintain and restore landscape linkages between fifteen pairs of large wildlands, three riparian corridors are lined with homes sitting atop a low manufactured slope, and all fifteen linkages are crossed by lighted freeways (Beier et al. in press). Efforts to maintain and restore these landscape linkages should incorporate the general rule that less light is better for animal movement.

## Research Issues

The literature on the effects of light on foraging behavior, predation risk, and biological clocks consists of two distinct approaches with little overlap. One approach is to study effects of moonlight on behavior of individual wild mammals; the other is to study the effects of artificial light on animals in laboratories. The discussion in this chapter underscores the need for studies using artificial lights on natural populations. Substantial expertise already exists, and productive collaborations between ecologists and laboratory physiologists could result in rapid progress.

### *Population-Level Research*

A simple fusion of the two approaches will fall short of the mark unless at least some research efforts focus above the level of the response of individual animals. For instance, if research were to confirm that artificial night lighting increased numbers of tumors in wild mice by 25% or increased predation risk by 15%, this finding still would not address the issue of effects on the wild population. Conceivably, the induced tumors could shorten the lifespan of affected mice by only a few weeks or days, or predation mortality could act in a compensatory fashion with other types of mortality to reduce greatly the net effect on survival rates of animals living in the light-polluted zone. This effect could be further diluted if the light-polluted zone were part of a larger habitat, most of which was not directly

Folio Nº 1788

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 36



affected by light, in which case the polluted zone may be a small population sink. Conversely, interactions between individuals from the polluted zone with neighbors in dark zones, such as dissolution of the synchrony of estrus and parturition, could amplify the effect. Only careful, whole-population studies can address these more important questions.

A critical element in study design is to include both treatment populations and control populations. Ideally, studies will include both replication with more than one treatment and control population and observations in both treatment and control populations before light pollution (Stewart-Oaten et al. 1986). This paired before–after–control–impact study design also is appropriate for situations in which replication is not possible. Although this design lacks random allocation of treatments to experimental units, it can provide meaningful answers to important applied questions (Beier and Noss 1998). It is far better to have an approximate answer to the right question than a precise answer to the wrong question.

### *Equivalence Testing*

In the study of individuals or populations, the statistical analysis of the effects of artificial night lighting should use equivalence testing (Patel and Gupta 1984, McBride et al. 1993), in which the null hypothesis is "artificial night lighting has biologically meaningful negative effects on mammals," rather than the traditional null hypothesis of "no effect." Failure to reject the traditional null hypothesis typically leads to complacency, even if the failure to reject resulted from undersampling or other design flaws. The burden of proof falls, inappropriately, on the most plausible point of view. In contrast, in an equivalence test, failure to reject the null hypothesis lends continued support to the most plausible state of nature, namely that there is an effect, and shifts the burden of proof to proponents of the idea that there is no biologically significant effect. Equivalence testing therefore is appropriate in all situations in which related studies and known cause–effect relationships suggest an environmental impact. Because the procedure requires the analyst to specify the direction and magnitude of a biologically meaningful effect, rejection of the null hypothesis is by definition a biologically, as well as statistically, significant outcome. This is in marked contrast to tests of traditional null hypotheses, in which the "insignificance of significance testing" (Johnson 1999) is an intractable issue.

Folio Nº 1789

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 37



## Conclusion

For small, nocturnal, herbivorous mammals, artificial night lighting increases risk of being killed by a predator and decreases food consumption. Such lighting probably also disrupts circadian rhythms and melatonin production of mammals. Most research has documented the response of individual wild animals to moonlight or of laboratory animals to artificial light, however. Research on how artificial lights affect wild mammals at the population level is lacking. Significant progress relevant to management decisions will entail collaboration between ecologists and laboratory physiologists and assessment of population-level responses (e.g., rates of survival and reproduction) as well as individual behavioral and physiological responses (e.g., food consumption, avoidance of lighted areas, and melatonin levels). I recommend an experimental design that includes observation on paired control (dark) and treatment (lighted) landscapes both before and after installation of artificial night lighting. Given the preponderance of evidence from previous studies and known cause–effect relationships, statistical procedures should test the null hypothesis that artificial night lighting has a biologically significant negative effect on survival and reproduction, appropriately placing the burden of proof on proponents of the idea that such lighting is benign.

Night lighting also may increase roadkill of animals and can disrupt mammalian dispersal movements and corridor use. Research on these issues is a straightforward matter of determining an intensity, spectral output, and physical arrangement of lighting fixtures that enhances human safety while minimally affecting the rod-dominated visual system of nocturnal mammals. In addition, experiments to determine the perceptual range of mammals (i.e., the distance at which habitat patches can be discerned by an animal exploring new terrain) may enhance significantly a land manager's ability to locate artificial night lighting adjacent to wildlife linkages such that it minimizes interference with perception of habitat patches by species to be served by the linkage.

## Acknowledgments

Christian B. Luginbuhl (U.S. Naval Observatory, Flagstaff, Arizona) and an anonymous reviewer provided useful comments on this chapter.

Folio Nº 1790

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 38



## Literature Cited


Alkon, P. U., and D. Saltz. 1988. Influence of season and moonlight on temporal activity patterns of Indian crested porcupines (*Hystrix indica*). *Journal of Mammalogy* 69:71–80.

Barry, R. E. Jr., and E. N. Francq. 1982. Illumination preference and visual orientation of wild-reared mice, *Peromyscus leucopus*. *Animal Behaviour* 30:339–344.

Bartness, T. J., and B. D. Goldman. 1989. Mammalian pineal melatonin: a clock for all seasons. *Experientia* 45:939–945.

Beier, P. 1995. Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. *Journal of Wildlife Management* 59:228–237.

Beier, P., and D. R. McCullough. 1990. Factors influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use. *Wildlife Monographs* 109:1–51.

Beier, P., and R. F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12:1241–1252.

Beier, P., K. L. Penrod, C. Luke, W. D. Spencer, and C. Cabañero. In press. South coast missing linkages: restoring connectivity to wildlands in the largest metropolitan area in the United States. In K. R. Crooks and M. A. Sanjayan (eds.), *Connectivity and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Bender, D. J., E. M. Bayne, and R. M. Brigham. 1996. Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling. *American Midland Naturalist* 136:413–417.

Bird, B. L., L. C. Branch, and D. L. Miller. 2004. Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice. *Conservation Biology* 18:1435–1439.

Blake, D., A. M. Hutson, P. A. Racey, J. Rydell, and J. R. Speakman. 1994. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology, London* 234:453–462.

Bowers, M. A. 1988. Seed removal experiments on desert rodents: the microhabitat by moonlight effect. *Journal of Mammalogy* 69:201–204.

Brainard, G. C., F. M. Barker, R. J. Hoffman, M. H. Stetson, J. P. Hanifin, P. L. Podolin, and M. D. Rollag. 1994. Ultraviolet regulation of neuroendocrine and circadian physiology in rodents. *Vision Research* 34:1521–1533.

Brainard, G. C., M. D. Rollag, and J. P. Hanifin. 1997. Photic regulation of melatonin in humans: ocular and neural signal transduction. *Journal of Biological Rhythms* 12:537–546.

Brillhart, D. B., and D. W. Kaufman. 1991. Influence of illumination and surface structure on space use by prairie deer mice (*Peromyscus maniculatus bairdii*). *Journal of Mammalogy* 72:764–768.

Bronson, F. H. 1989. *Mammalian reproductive biology*. University of Chicago Press, Chicago.

Butynski, T. M. 1984. Nocturnal ecology of the springhare, *Pedetes capensis*, in Botswana. *African Journal of Ecology* 22:7–22.

Clarke, J. A. 1983. Moonlight's influence on predator/prey interactions between short-eared owls (*Asio flammeus*) and deermice (*Peromyscus maniculatus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 13:205–209.

Folio Nº 1791

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 39



Cresswell, W. J., and S. Harris. 1988. The effects of weather conditions on the movements and activity of badgers (*Meles meles*) in a suburban environment. *Journal of Zoology, London* 216:187–194.

Daly, M., P. R. Behrends, M. I. Wilson, and L. F. Jacobs. 1992. Behavioural modulation of predation risk: moonlight avoidance and crepuscular compensation in a nocturnal desert rodent, *Dipodomys merriami*. *Animal Behaviour* 44:1–9.

Dark, J., T. S. Kilduff, H. C. Heller, P. Licht, and I. Zucker. 1990. Suprachiasmatic nuclei influence hibernation rhythms of golden-mantled ground squirrels. *Brain Research* 509:111–118.

Dauchy, R. T., L. A. Sauer, D. E. Blask, and G. M. Vaughan. 1997. Light contamination during the dark phase in "photoperiodically controlled" animal rooms: effect on tumor growth and metabolism in rats. *Laboratory Animal Science* 47:511–518.

DeCoursey, P. J. 1986. Light-sampling behavior in photoentrainment of a rodent circadian rhythm. *Journal of Comparative Physiology* 159:161–169.

Dice, L. R. 1945. Minimum intensities of illumination under which owls can find dead prey by sight. *American Naturalist* 79:385–416.

Elangovan, V., and G. Marimuthu. 2001. Effect of moonlight on the foraging behaviour of a megachiropteran bat *Cynopterus sphinx*. *Journal of Zoology, London* 253:347–350.

Emmons, L. H., P. Sherman, D. Bolster, A. Goldizen, and J. Terborgh. 1989. Ocelot behavior in moonlight. Pages 233–242 in K. H. Redford and J. F. Eisenberg (eds.), *Advances in neotropical mammalogy*. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida.

Erkert, H. G. 2000. Bats: flying nocturnal mammals. Pages 252–272 in S. Halle and N. C. Stenseth (eds.), *Activity patterns in small mammals: an ecological approach* (Ecological Studies, 141). Springer, Berlin.

Erkert, H. G. 2004. Extremely low threshold for photic entrainment of circadian activity rhythms in molossid bats (*Molossus molossus*; Chiroptera–Molossidae). *Mammalian Biology* 69:361–374.

Falkenberg, J. C., and J. A. Clarke. 1998. Microhabitat use of deer mice: effects of interspecific interaction risks. *Journal of Mammalogy* 79:558–565.

Foster, R. G., and I. Provencio. 1999. The regulation of vertebrate biological clocks by light. Pages 223–243 in S. N. Archer, M. B. A. Djamgoz, E. R. Loew, J. C. Partridge, and S. Vallerga (eds.), *Adaptive mechanisms in the ecology of vision*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Gerkema, M. P., G. A. Groos, and S. Daan. 1990. Differential elimination of circadian and ultradian rhythmicity by hypothalamic lesions in the common vole *Microtus arvalis*. *Journal of Biological Rhythms* 5:81–95.

Gilbert, B. S., and S. Boutin. 1991. Effect of moonlight on winter activity of snowshoe hares. *Arctic and Alpine Research* 23:61–65.

Goodwin, B. J., D. J. Bender, T. A. Contreras, L. Fahrig, and J. F. Wegner. 1999. Testing for habitat detection distances using orientation data. *Oikos* 84:160–163.

Gwinner, E. 1986. *Circannual rhythms: endogenous annual clocks in the organization of seasonal processes*. Springer-Verlag, Berlin.

Folio Nº 1792

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 40



Halle, S., and N. C. Stenseth (eds.). 2000. *Activity patterns in small mammals: an ecological approach* (Ecological Studies, 141). Springer, Berlin.

Hecker, K. R., and R. M. Brigham. 1999. Does moonlight change vertical stratification of activity by forest-dwelling insectivorous bats? *Journal of Mammalogy* 80:1196–1201.

Hock, R. J. 1955. Photoperiod as a stimulus for onset of hibernation. *Federation Proceedings* 14:73–74.

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). 2000. *American national standard practice for roadway lighting*. ANSI/IESNA RP-8-00. IESNA, New York.

Johnson, D. H. 1999. The insignificance of statistical significance testing. *Journal of Wildlife Management* 63:673–772.

Joshi, D., and M. K. Chandrashekaran. 1985. Spectral sensitivity of the photoreceptors responsible for phase shifting the circadian rhythm of activity in the bat, *Hipposideros speoris*. *Journal of Comparative Physiology A* 156:189–198.

Julien-Laferrière, D. 1997. The influence of moonlight on activity of woolly opossums (*Caluromys philander*). *Journal of Mammalogy* 78:251–255.

Kaufman, D. W., and G. A. Kaufman. 1982. Effect of moonlight on activity and microhabitat use by Ord's kangaroo rat (*Dipodomys ordii*). *Journal of Mammalogy* 63:309–312.

Kie, J. G. 1996. The effects of cattle grazing on optimal foraging in mule deer (*Odocoileus hemionus*). *Forest Ecology and Management* 88:131–138.

Kotler, B. P. 1984. Effects of illumination on the rate of resource harvesting in a community of desert rodents. *American Midland Naturalist* 111:383–389.

Kramer, K. M., and E. C. Birney. 2001. Effect of light intensity on activity patterns of Patagonian leaf-eared mice, *Phyllotis xanthopygus*. *Journal of Mammalogy* 82:535–544.

Law, B. S. 1997. The lunar cycle influences time of roost departure in the common blossom bat, *Syconycteris australis*. *Australian Mammalogy* 20:21–24.

Lee, T. M., M. S. Carmichael, and I. Zucker. 1986. Circannual variations in circadian rhythms of ground squirrels. *American Journal of Physiology* 250:R831–R836.

Lockard, R. B., and D. H. Owings. 1974. Moon-related surface activity of bannertail (*Dipodomys spectabilis*) and Fresno (*D. nitratoides*) kangaroo rats. *Animal Behaviour* 22:262–273.

Lythgoe, J. N. 1979. *The ecology of vision*. Clarendon Press, Oxford.

McBride, G. B., J. C. Loftis, and N. C. Adkins. 1993. What do significance tests really tell us about the environment? *Environmental Management* 17:423–432.

McFarland, W., T. S. C. Wahl, and F. McAlary. 1999. The behaviour of animals around twilight with emphasis on coral reef communities. Pages 583–628 in S. N. Archer, M. B. A. Djamgoz, E. R. Loew, J. C. Partridge, and S. Vallerga (eds.), *Adaptive Mechanisms in the Ecology of Vision*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Molenaar, J. G. de, R. J. H. G. Henkens, C. ter Braak, C. van Duyne, G. Hoefsloot, and D. A. Jonkers. 2003. *Road illumination and nature, IV. Effects of road*

Folio Nº 1793

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 41



*lights on the spatial behaviour of mammals*. Alterra, Green World Research, Wageningen, The Netherlands.

Morrison, D. W. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour* 26:852–855.

Murray, M. G. 1982. The rut of impala: aspects of seasonal mating under tropical conditions. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 59:319–337.

Nash, L. T. 1986. Influence of moonlight level on travelling and calling patterns in two sympatric species of galago in Kenya. Pages 357–367 in D. M Taub and F. A. King (eds.), *Current perspectives in primate social dynamics*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Negraeff, O. E., and R. M. Brigham. 1995. The influence of moonlight on the activity of little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Zeitschrift für Saeugetierkunde* 60:330–336.

Patel, H. I., and G. D. Gupta. 1984. A problem of equivalence in clinical trials. *Biometrical Journal* 26:471–474.

Pengelley, E. T., and K. C. Fisher. 1963. The effect of temperature and photoperiod on the yearly hibernating behavior of captive golden-mantled ground squirrels (*Citellus laterallis tescorum*). *Canadian Journal of Zoology* 41:1103–1120.

Perlman, I., and R. A. Normann. 1998. Light adaptation and sensitivity controlling mechanisms in vertebrate photoreceptors. *Progress in Retinal and Eye Research* 17:523–563.

Price, M. V., N. M. Waser, and T. A. Bass. 1984. Effects of moonlight on microhabitat use by desert rodents. *Journal of Mammalogy* 65:353–356.

Reed, D. F. 1995. *Efficacy of methods advocated to reduce cervid–vehicle accidents: research and rationale in North America*. Colloque International "Route et Faune Sauvage," Strasbourg, Conseil de l'Europe, June 5–7, and Sapporo, Japan, January 27.

Reed, D. F., and T. N. Woodward. 1981. Effectiveness of highway lighting in reducing deer–vehicle accidents. *Journal of Wildlife Management* 45:721–726.

Reed, D. F., T. N. Woodward, and T. D. I. Beck. 1979. *Regional deer–vehicle accident research*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Report No. FHWA-RD-79-11. National Technical Information Service, Springfield, Virginia.

Rogowitz, G. L. 1997. Locomotor and foraging activity of the white-tailed jackrabbit (*Lepus townsendii*). *Journal of Mammalogy* 78:1172–1181.

Rydell, J., and H. J. Baagøe. 1996. Bats & streetlamps. *Bats* 14:10–13.

Shanahan, T. L., J. M. Zeitzer, C. A. Czeisler. 1997. Resetting the melatonin rhythm with light in humans. *Journal of Biological Rhythms* 12:556–567.

Sharma, V. K., M. K. Chandrashekaran, and P. Nongkynrih. 1997. Daylight and artificial light phase response curves for the circadian rhythm in locomotor activity of the field mouse *Mus booduga*. *Biological Rhythm Research* 28(Supplement):39–49.

Skinner, J. D., and A. S. van Jaarsveld. 1987. Adaptive significance of restricted breeding in southern African ruminants. *South African Journal of Science* 83: 657–663.

Folio Nº 1794

Ch02 (15-42) 7/18/05 11:10 AM Page 42



Stewart-Oaten, A., W. W. Murdoch, and K. R. Parker. 1986. Environmental impact assessment: "pseudoreplication" in time? *Ecology* 67:929–940.

Subbaraj, R., and J. Balasingh. 1996. Night roosting and "lunar phobia" in Indian false vampire bat *Megaderma lyra*. *Journal of the Bombay Natural History Society* 93:1–7.

Topping, M. G., J. S. Millar, and J. A. Goddard. 1999. The effects of moonlight on nocturnal activity in bushy-tailed wood rats (*Neotoma cinerea*). *Canadian Journal of Zoology* 77:480–485.

Travers, S. E., D. W. Kaufman, and G. A. Kaufman. 1988. Differential use of experimental habitat patches by foraging *Peromyscus maniculatus* on dark and bright nights. *Journal of Mammalogy* 69:869–872.

Vasquez, R. A. 1994. Assessment of predation risk via illumination level: facultative central place foraging in the cricetid rodent *Phyllotis darwini*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 34:375–381.

Vaughan, T. A. 1978. *Mammalogy*. Saunders, Philadelphia.

Vickery, W. L., and J. R. Bider. 1981. The influence of weather on rodent activity. *Journal of Mammalogy* 62:140–145.

Walls, G. L. 1942. *The vertebrate eye and its adaptive radiation*. Cranbrook Institute of Science Bulletin No. 19, Bloomfield Hills, Michigan.

Wolfe, J. L., and C. T. Summerlin. 1989. The influence of lunar light on nocturnal activity of the old-field mouse. *Animal Behaviour* 37:410–414.

Wright, P. C. 1981. The night monkeys, genus *Aotus*. Pages 211–240 in A. F. Coimbra-Filho and R. A. Mittermeier (eds.), *Ecology and behavior of neotropical primates*, Volume 1. Academia Brasileira de Ciencias, Rio de Janeiro.

Zollner, P. A., and S. L. Lima. 1999. Illumination and the perception of remote habitat patches by white-footed mice. *Animal Behaviour* 58:489–500.

Zucker, I., M. Boshes, and J. Dark. 1983. Suprachiasmatic nuclei influence circannual and circadian rhythms of ground squirrels. *American Journal of Physiology* 244:R472–R480.

Folio Nº 1795
ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/47634612

# Light Pollution as a Biodiversity Threat

**Article** *in* Trends in Ecology & Evolution · October 2010

DOI: 10.1016/j.tree.2010.09.007 · Source: PubMed

CITATIONS
460

READS
9,299

**4 authors**, including:

Franz Hölker
Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries
**201** PUBLICATIONS **6,125** CITATIONS

SEE PROFILE

Christian Wolter
Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries
**206** PUBLICATIONS **5,279** CITATIONS

SEE PROFILE

Elizabeth K Perkin
Native Fish Society
**13** PUBLICATIONS **857** CITATIONS

SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**

AQUATAG View project

Species protection through environmental friendly lighting (AuBe) View project

All content following this page was uploaded by Franz Hölker on 21 December 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Folio Nº 1796
Cell PRESS

Letters

# Light pollution as a biodiversity threat

**Franz Hölker[1], Christian Wolter[1], Elizabeth K. Perkin[1,2] and Klement Tockner[1,2]**

[1] Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin, Germany
[2] Institute of Biology, Freie Universität Berlin, 14195 Berlin, Germany

In a recent TREE article, Sutherland and colleagues [1] used horizon scanning to identify fifteen emerging issues in biodiversity conservation. They discussed both threats and opportunities for a broad range of issues, including invasive species, synthetic meat, nanosilver and microplastic pollution. We recognize that the article was not intended to be comprehensive, but feel they overlooked an emerging problem of great importance and urgency, namely that of light pollution. Although the widespread use of artificial light at night has enhanced the quality of human life and is positively associated with security, wealth and modernity, the rapid global increase of artificial light has fundamentally transformed nightscapes over the past six decades, both in quantity (6% increase per year, range: 0–20%) and quality (i.e. color spectra) [2,3]. Despite these significant increases, the impacts of artificial lighting on the biosphere, many of which are expected to be negative, are seldom considered.

Most organisms, including humans, have evolved molecular circadian clocks controlled by natural day–night cycles. These clocks play key roles in metabolism, growth and behavior [4]. A substantial proportion of global biodiversity is nocturnal (30% of all vertebrates and > 60% of all invertebrates, Table A1), and for these organisms their temporally differentiated niche has been promoted by highly developed senses, often including specially adapted eyesight. Circadian photoreceptors have been present in the vertebrate retina for 500 million years, and a nocturnal phase is thought to mark the early evolution of the mammals ago. It was only after the extinction of the dinosaurs that mammals radiated into the now relatively safe day niche [5,6]. Although unraveling 500 million years of circadian habituation is a difficult task, it seems that, with the exception of amphibians, the proportion of nocturnal species appears greater in recent radiations than in more ancient radiations (Figure 1). Nocturnality might therefore have been an important step in the evolution of vertebrates, and is currently threatened by the unforeseen implications of the now widespread use of artificial light.

Light pollution threatens biodiversity through changed night habits (such as reproduction and migration) of insects, amphibians, fish, birds, bats and other animals and it can disrupt plants by distorting their natural day–night cycle [7]. For example, many insects actively congregate around light sources until they die of exhaustion. Light pollution can therefore harm insects by reducing total biomass and population size, and by changing the relative composition of populations, all of which can have effects further up the food chain. Migratory fish and birds can become confused by artificial lighting, resulting in excessive energy loss and spatial impediments to migration, which in turn can result in phenological changes and reduced migratory success. Daytime feeders might extend their activity under illumination, thus increasing predation pressure on nocturnal species. For plants, artificial light at night can cause early leaf out, late leaf loss and extended growing periods, which could impact the composition of the floral community. Finally, it can be assumed that a population's genetic composition will be disturbed by light-induced selection for non-light sensitive individuals.

Furthermore, light pollution is considered an important driver behind the erosion of provisioning (for example, the loss of light-sensitive species and genotypes), regulating (for example, the decline of nocturnal pollinators such as moths and bats) and cultural ecosystem services (for example, the loss of aesthetic values such as the visibility of the Milky Way) [2,3,8,9]. As the world grows ever-more illuminated, many light-sensitive species will be lost, especially in or near highly illuminated urban areas. However, some species, in particular those with short generation times, may be able to adapt to the new stressor through rapid evolution, as is described for other human disturbances [10].

In summary, the loss of darkness has a potentially important, albeit almost completely neglected, impact on biodiversity and coupled natural–social systems. Thus, we

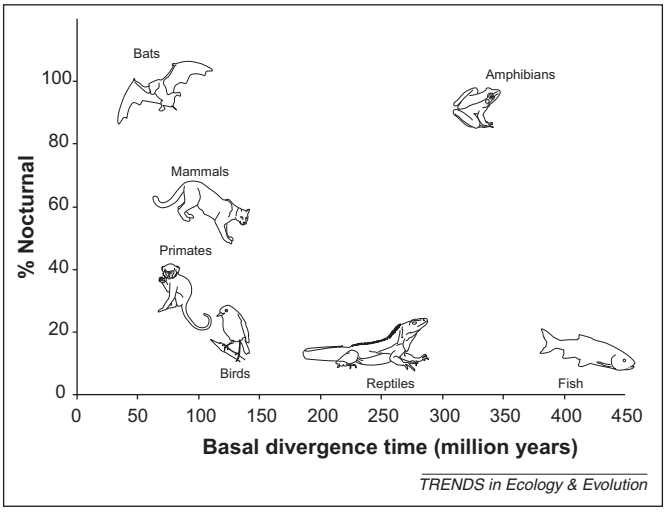



**Figure 1.** Percentage of extant nocturnal species within different vertebrate classes and orders. With the exception of amphibians, recent radiations have a higher proportion of nocturnal species than more ancient radiations (sources: [11,12]). This fact underlines the hypothesis that nocturnality is an important step in vertebrate evolution. Because the highly permeable skin of amphibians makes them susceptible to typical daytime stressors such as heat and light, the thresholds to radiate into the day niche are probably higher for amphibians than for other vertebrates. This reduced flexibility, in turn, could result in a higher vulnerability to adverse effects from light pollution at night, and could contribute to the recent amphibian declines.

*Corresponding author:* Hölker, F. (hoelker@igb-berlin.de).

see an urgent need to prioritize research, and to inform policy development and strategic planning.

**Acknowledgements**
We are grateful to Michael Monaghan and Gernot Glöckner for helpful comments and to Peter Kappeler and Christian Voigt for information on primates and bats. This work was supported by the project 'Verlust der Nacht' (funded by the Federal Ministry of Education and Research), Milieu (FU Berlin) and the Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Berlin.

### Appendix A. Supplementary data
Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at doi:10.1016/j.tree.2010.09.007.

### References
1 Sutherland, W.J. *et al.* (2010) A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends Ecol. Evol.* 25, 1–7
2 Smith, M. (2009) Time to turn off the lights. *Nature* 457, 27
3 Hölker, *et al.* (2010) The dark side of light - a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecol. Soc.* 15
4 Dunlap, J.C. (1999) Molecular bases for circadian clocks. *Cell* 96, 271–290
5 Menaker, M. *et al.* (1997) Evolution of circadian organization in vertebrates. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 30, 305–313
6 Bowmaker, J.K. (2008) Evolution of vertebrate visual pigments. *Vision Res.* 48, 2022–2041
7 Rich, C. and Longcore, T., eds (2006) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press
8 Carpenter, S.R. *et al.* (2009) Science for managing ecosystem services: beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 106, 1305–1312
9 Potts, S.G. *et al.* (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25, 345–353
10 Hendry, A.P. *et al.* (2010) Evolutionary biology in biodiversity science, conservation, and policy: a call to action. *Evolution* 64, 1517–1528
11 Alfaro, M.E. *et al.* (2009) Nine exceptional radiations plus high turnover explain species diversity in jawed vertebrates. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 106, 13410–13414
12 Bininda-Emonds, O.R.P. *et al.* (2007) The delayed rise of present-day mammals. *Nature* 446, 507–512

0169-5347/$ – see front matter © 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.tree.2010.09.007 Trends in Ecology and Evolution, December 2010, Vol. 25, No. 12

Letters Response

# Swarm intelligence in plant roots

**František Baluška[1], Simcha Lev-Yadun[2] and Stefano Mancuso[3]**

[1] IZMB, University of Bonn, Kirschellee 1, 53115 Bonn, Germany
[2] Department of Science Education - Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Haifa - Oranim, Tivon 36006, Israel
[3] LINV, Plant, Soil & Environmental Science, University of Firenze, Viale delle idee 30, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italy

Swarm intelligence in animals and humans has recently been reviewed [1]. These authors posited that swarm intelligence occurs when two or more individuals independently, or at least partly independently, acquire information that is processed through social interactions and is used to solve a cognitive problem in a way that would be impossible for isolated individuals. We propose at least one example of swarm intelligence in plants: coordination of individual roots in complex root systems.

Plants develop extremely complex root systems, which colonize large soil areas. For example, calculations for one winter rye plant revealed 13 815 672 roots with a surface area of about 130 times that calculated for shoots [2]. Growing root apices show complex behaviour based on 'intelligent' decisions about their growth directions [3,4]. Moreover, growing roots show coordinated group behaviour that allows them to exploit the soil resources optimally. There are three possible communication channels for context-dependent information transfer among the numerous root apices of the same plant. Firstly, neuronal-like networks within plant tissues that support rapid electrical and slower hydraulic and chemical information transfer between the root apices [5,6]. Secondly, secreted chemicals and released volatiles allow rapid communication between individual roots. Thirdly, there is a possibility that the electric fields generated by each growing root [7] might allow electrical communication among roots. These electric activities and electric fields show maximal values [7,8] at the transition zone of growing root apices [3] which behaves as a 'brain-like' command centre [6,9]. Roots may use swarm intelligence for their navigation, coordination, cooperation, as well as for their 'war-like' aggressions [10]. It is important that every root has its own identity provided by its unique sensory history accumulated via its own command centre. Each root apex acts both as a sensory organ and as a 'brain-like' command centre to generate each unique plant/root-specific cognition and behaviour [3,6,9]. Recent advances in the emerging field of sensory plant ecology suggest that the sensory information collected by one plant is shared with neighbouring plants [11,12]. In the case of root apices, sensory information appears to be processed collectively in the root system to optimize root-mediated territorial activities [13–16]. These root apices solve cognitive problems such as where to grow and whether to grow at all, to fight or retreat in a face of competitive roots and root systems [10] and to enter symbiotic relationships with mycorrhiza fungi (and *Rhizobium* bacteria in the case of some species) [3–6,13–15]. So roots enjoy a rich 'social' life at the individual plant level and they continuously solve problems that could be called cognitive [4,13]. Swarm intelligence is essential for the evolutionary success of roots and, consequently, the whole plant. The accumulating data on the

*Corresponding author:* Baluška, F. (baluska@uni-bonn.de); Lev-Yadun, S. (levyadun@research.haifa.ac.il); Mancuso, S. (stefano.mancuso@unifi.it).



View publication stats

Folio Nº 1798

# GLOBAL ASSESSMENT OF LIGHT POLLUTION IMPACT ON PROTECTED AREAS


**CIESIN** Center for International Earth Science Information Network
The Earth Institute at Columbia University

**AIT** Austrian Institute of Technology

**Christoph Aubrecht - Malanding Jaiteh - Alexander de Sherbinin**


**WORKING PAPER**

January 2010

An electronic copy of this working paper is available from
http://www.ciesin.columbia.edu/publications.html

**Working paper**
CIESIN, Columbia University
AIT Austrian Institute of Technology
**January 2010**

# GLOBAL ASSESSMENT OF LIGHT POLLUTION IMPACT ON PROTECTED AREAS

*C. Aubrecht[1,2*], M. Jaiteh[2], A. de Sherbinin[2]*

[1] AIT Austrian Institute of Technology GmbH; Vienna, Austria
[2] Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) and NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), The Earth Institute at Columbia University; Palisades, NY, USA

**Contact information (*):**

Christoph Aubrecht
AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Donau-City-Str. 1
Tech Gate Science & Technology Park
A-1220 Vienna
AUSTRIA
T +43 50550 4522
F +43 50550 4599
christoph.aubrecht@ait.ac.at
http://homepage.univie.ac.at/christoph.aubrecht

This working paper is a contribution to the Dark Skies Advisory Group of the Cities and Protected Areas Specialist Group of IUCN's World Commission on Protected Areas.

IUCN, the International Union for Conservation of Nature, is the world's oldest and largest global environmental network - a democratic membership union with more than 1,000 government and NGO member organizations, and almost 11,000 volunteer scientists in more than 160 countries.
www.iucn.org

IUCN's World Commission on Protected Areas is the world's premier network of protected area expertise. WCPA has over 1,400 members, spanning 140 countries. Its mission is to promote the establishment and effective management of a worldwide representative network of terrestrial and marine protected areas as an integral contribution to IUCN's mission.
www.iucn.org/wcpa

WCPA's Cities and Protected Areas Specialist Group works to improve the lives of city dwellers while strengthening protection of nature – broadly defined – within cities and in larger ecosystems. It has some 100 members from over 35 countries.
www.citiesandconservation.org

The Dark Skies Advisory Group of the Specialist Group works to reduce light pollution and protect a natural night sky. While it focuses primarily on protected areas and sites, the group is also concerned with appropriate design and land development control policies.
www.interenvironment.org/pa/dark.htm

**ABSTRACT**

In this paper we present a novel global assessment of light pollution impact on protected areas. A set of spatial indicators was developed based on joint analysis of satellite observed nighttime lights as acquired by the U.S. Air Force Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Operational Linescan System (OLS) and protected area distribution information provided by UNEP's World Conservation Monitoring Centre (WCMC). Following a global assessment of the degree to which each country's total land area is legally protected, light pollution impact and approximated human influence were calculated. Two new indices resulted from combining the global protected area distribution data and nighttime lights data: a Protected Area Light Pollution Index (PALI) and a Protected Area Human Impact Index (PAHI).

Results indicate that regions in Europe and Asia Minor, the Caribbean, South and East Asia as well as in the Eastern part of the United States are most affected. Introducing aggregated data on biomes reveals that temperate broadleaf and mixed forests suffer the biggest impact both in terms of general light pollution as well as lighting in protected areas. The presented risk assessment underscores the need for accurate and consistent spatial data on a global scale and can help to indicate which protected areas globally and nationally are at greatest risk of human activities. It is also an important step towards public communication and raising general awareness on the topic of light pollution.

## 1) INTRODUCTION

A major objective of the analysis leading to this working paper is to respond to recent interest in the ecological impacts of light pollution and its implications for conservation activities. In early 2009 the Dark Skies Advisory Group was set up within the Task Force on Cities and Protected Areas (now Cities and Protected Areas Specialist Group) of IUCN's (International Union for Conservation of Nature) World Commission on Protected Areas (WCPA). As stated on the specialist group's web site, protected areas are often connected to urban settlements in various ways. Protected areas provide important societal benefits such as education, recreation, tourist activities, and water supply. Notwithstanding the societal benefits, which are many, protected areas are also important to species conservation, and often provide a last refuge for species that have been extirpated from surrounding areas.

There is a growing body of literature related to research on the ecological consequences of artificial night lighting (e.g. book of the same title edited by Rich & Longcore 2006). This research has attracted the attention of both scientists and journalists (e.g. a featured article in *National Geographic magazine*, Klinkenborg 2008; an article in *The Wall Street Journal*, Hotz 2008; and an Op-Ed in *The New York Times*, Cheney & Bolevice 2008). There is also a series of Dark Sky conference events organized by the International Dark Sky Association.

However, most applications related to ecological impacts of artificial night lighting focus on adverse effects on light-sensitive ecosystems or species, such as coral reefs (Aubrecht et al. 2008a, 2009), sea turtles (Ziskin et al. 2008, Lorne & Salmon 2007, Witherington 1992), and migrating birds (Montevecchi 2006). This paper takes a more general approach by examining the proportion of protected areas and biomes in each country that are affected by artificial night lighting (ANL). We implicitly assume, for the purposes of this analysis, that much of the most important biodiversity in a country is located in protected areas, though we understand that this is not always the case.

## 2) DATA SOURCES

This section gives a brief overview of the data used for the presented study. The two main data sets which will be described in more detail are related to protected areas (PAs) on the one hand and artificial night lighting on the other hand. Ancillary data include country boundaries (CIESIN & CIAT 2005) and a map of terrestrial biomes (Olson et al. 2001). Biomes are described as broad terrestrial ecological regions that are composed of finer-scale 'ecoregions' being sensitive to more specific ecological patterns[1]. The list of biomes includes (1) Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests, (2) Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests, (3) Tropical and Subtropical Coniferous Forests, (4) Temperate Broadleaf and Mixed Forests, (5) Temperate Coniferous Forests, (6) Boreal Forests/Taiga, (7) Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands, (8) Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands, (9) Flooded Grasslands and Savannas, (10) Montane Grasslands and Shrublands, (11) Tundra, (12) Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub, (13) Deserts and Xeric Shrublands, (14) Mangroves, and two additional categories for (98) Lakes and (99) Rock and Ice. Biome and country data are used for statistical reporting regarding ratios of protected areas impacted by light pollution and human influence.

### a. Protected areas

For delineation of protected areas worldwide data from the 2007 Annual Release of the World Database on Protected Areas (WDPA) provided by UNEP-WCMC (United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre) was used. Through its Protected Areas Programme UNEP-WCMC has been compiling this information since 1981 and making it available to the global community. The WDPA is a joint project of UNEP and IUCN, being prepared by UNEP-WCMC in collaboration with the IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA), governments and NGOs. According to the official data description of UNEP-WCMC (2009) the World Database on Protected Areas is the most comprehensive global spatial dataset on marine and terrestrial protected areas available.

Although the 2009 WDPA Annual Release (status of February 2009) had been made available at the time of this study, it was decided to use the 2007 version (status of December 2007) because the data for the United Kingdom were completely omitted from the latest release of 2009. This study has its focus on terrestrial areas, so marine protected areas are not considered for the analysis. Furthermore protected areas that were listed as historical, archaeological, or cultural sites, or that were listed as proposed but not yet designated were excluded. PAs with an 'international' designation were not included if they did not simultaneously have some kind of national status; since PAs without a national designation cannot be considered to have adequate legal protection. This decision is supported by the common practice of many studies utilizing the WDPA to assess the protected status of a nation's territory.

In order to keep the analysis simple and to be able to communicate the basic message to a broad public it was decided not to consider the IUCN 6-class system of protected area definitions inherent in the WDPA at this stage of the project. For future work it is planned to discriminate between these management categories which range from Ia '*strictly protected*' to VI '*areas conserving ecosystems and habitats, together with associated cultural values*' (Dudley 2008). Splitting up the overall protected land area in such a manner will then give a better and more detailed idea on the concrete global protected area status in relation to artificial night lighting.

The WDPA data are provided online for download as ESRI shapefiles and consist of both polygon and point features. Point features depict center point locations for protected areas where area boundaries have not been mapped or boundary files are not available. The WDPA provides information on the total protected area extent (in hectares) as defined in governmental declarations/decrees or management plans, so it was possible to create a spatial approximation for those PAs by creating a circular buffer around the points in accordance with the spatial extent. To avoid over-counting overlapping PAs, the dissolve command in ArcMap (ESRI ArcGIS) was used to create a consolidated set of polygons that distinguishes areas being under protected status from those that are not.

[1] As explained by CIESIN (2009) such ecoregions are probably more appropriate as policy targets, since they identify areas based on factors that affect biodiversity on the ground more precisely than biomes. Given the scale and resulting computational requirements of the present study (global 1-km grids) it was not possible to use such fine-scale regions as basic reference units of the analysis.

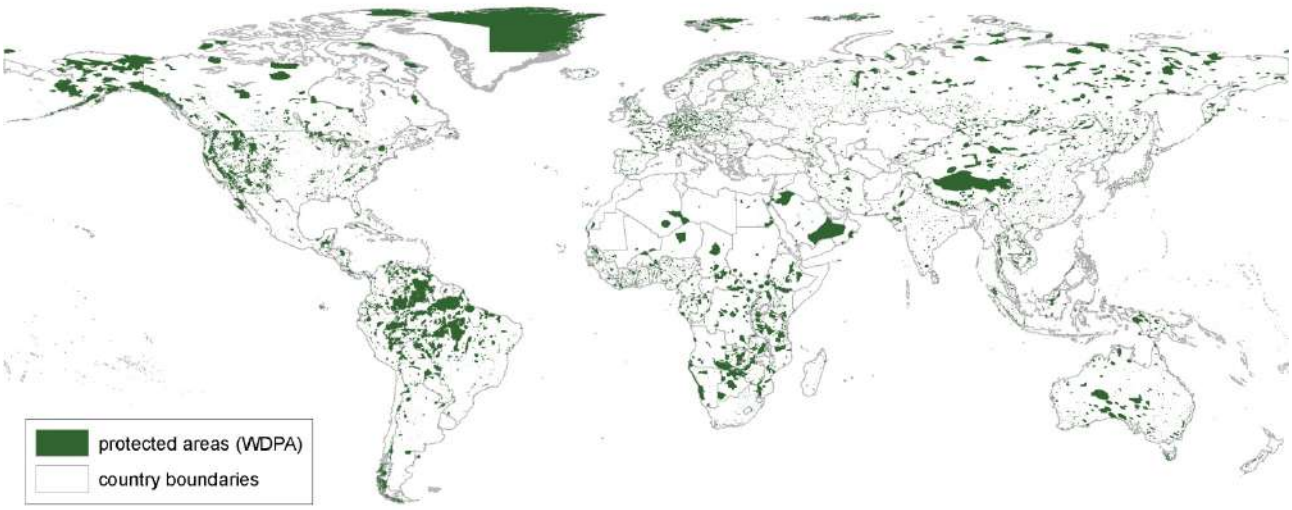



Figure 1: Modified WDPA data (point features buffered according to documented areal extent).

**b. Artificial night lighting – light pollution**

The footprint of human occupation is uniquely visible from space in the form of artificial night lighting – ranging from the burning of the rainforest to massive offshore fisheries to the omnipresent lights of cities and towns and related connecting road networks (Aubrecht et al. 2008b, Doll 2008). The National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center (NOAA-NGDC) processes and archives nighttime lights data acquired by the U.S. Air Force Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Operational Linescan System (OLS) which was initially designed to monitor the global distribution of clouds using visible and thermal infrared spectral bands. The DMSP satellites are in a sun-synchronous, low altitude polar orbit. With 14 orbits collected per day and a 3,000 km swath width, each OLS is capable of collecting a complete set of images of the earth every 24 hours. At night the visible band signal is intensified with a photomultiplier tube (PMT) to enable the detection of moonlit clouds. The boost in gain enables the unique capability of observing lights present at the earth's surface at night. Most of the lights are from human settlements (Elvidge et al. 1997) and ephemeral fires (Elvidge et al. 2001a). Furthermore gas flares and offshore platforms as well as heavily lit fishing boats can be identified.

NOAA-NGDC archives the long-term DMSP data from 1992 to present. For this project individual orbits were processed with automatic algorithms (described in Elvidge et al. 1997, 2001b) identifying image features (such as lights and clouds) and quality of the nighttime data. A cloud-free composite of nighttime lights was produced for 2003 using data from DMSP satellite F-15 (see figure 2).

To identify the best nighttime lights data for creating an annual composite we adhered to the following standards:

- Only the center half of the orbital swath was used (best geolocation and sharpest features)
- Sunlight and moonlight were not present
- No solar glare contamination was allowed
- Only cloud-free images were used (based on thermal detection of clouds)

Nighttime image data from individual orbits meeting these criteria are the basis for a global latitude-longitude grid with 30 arc second resolution cells. This grid cell size corresponds to approximately 1 kilometer at the equator. In order to estimate the frequency with which lighting was present the total number of coverages and number of cloud-free coverages are tallied. The nighttime lights product used in the presented analysis is the average digital number in the visible band of cloud-free light detections multiplied by the percent frequency of light detection. The inclusion of the percent frequency of detection term normalizes the resulting digital values for variations in the persistence of flaring. For instance the value for a gas flare only detected half the time is discounted by 50 %. Background noise and land based fires were filtered out.

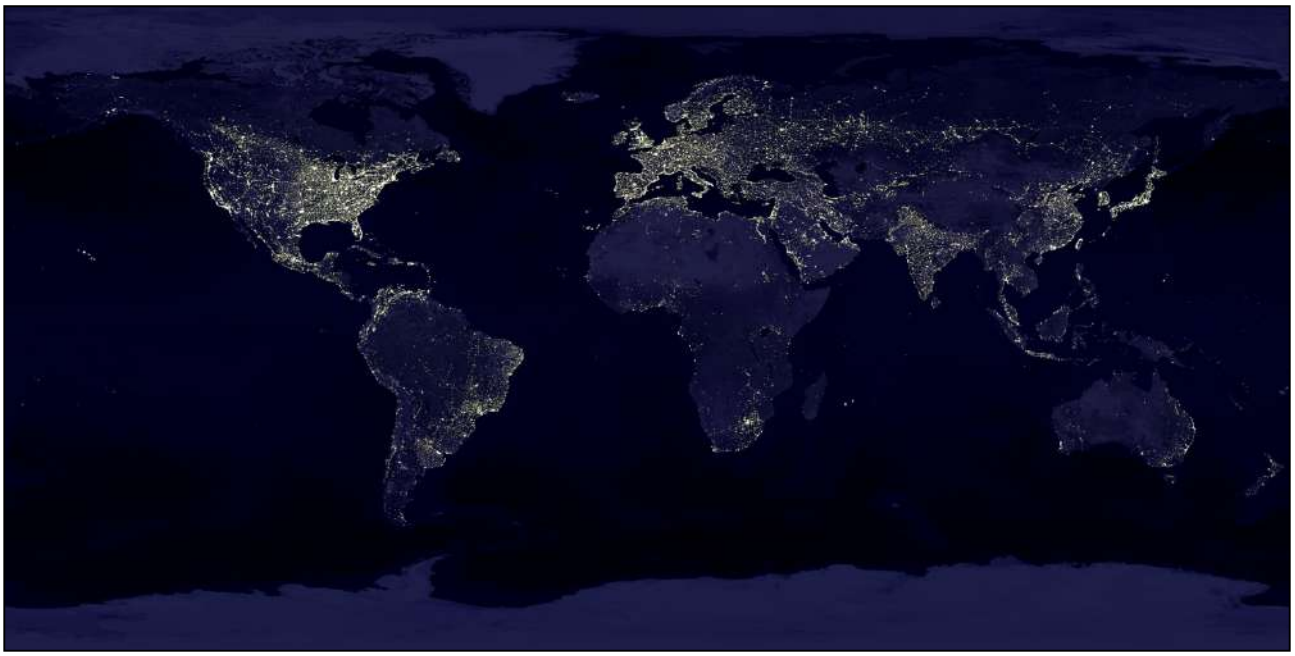


Figure 2: Data from DMSP-OLS, nighttime lights of the world, sample figure.

One important issue with observing artificial night lighting from space that needs to be addressed is a phenomenon known as skyglow. Even in its pristine state the night sky is not completely dark. Some light comes from the stars, some from sunlight scattered by space dust in the plane of the solar system, and some from atmospheric gases subject to radiation and particle fluxes mostly from the sun (Clark 2008). This is called **natural skyglow**. Light emitted from human settlements in the atmosphere is refracted or scattered by air and water molecules and suspended particles (atmospheric aerosol) caused by dust, pollen, salt from sea spray, and waste products from industry (House of Commons 2003). Artificially illuminating the sky over great distances this is called **artificial skyglow**.

In particular in the field of astronomy skyglow obscuring the night sky is an issue of utmost importance with extensive scientific research being conducted in recent years. Baddiley's guide 'Towards Understanding Skyglow' (2007a) lists different sources contributing to skyglow in urban and rural areas. Furthermore a mathematical model of skyglow is presented considering different skyglow mechanisms (i.e. directly radiated light above the horizontal; reflected light from the road, ground and other surfaces; light scattered by air molecules; light scattered by aerosols) and different types of luminaires. According to Clark (2008) the total artificial light flux emitted by a city tends to be proportional to the product of two quantities, (1) the number of light sources and (2) their mean output of light. Related to a growing economy and urban population growth typically both of these quantities increase over time.

Considering artificial skyglow entails that the DMSP satellite sensors record much larger areas than just the immediate location of the lighting sources. Using satellite observed nighttime lights for delineating urban areas (Small et al. 2005) and approximating impervious surfaces (Elvidge et al. 2007) requires eliminating skyglow from the data, i.e. by applying thresholds to the digital number values. When dealing with ecological issues skyglow is a significant factor of light pollution as already very low light intensities alter the natural environment. Following recent approaches of modeling ecological impact of artificial night lighting (Aubrecht et al. 2008a) for the present analysis skyglow is thus not modeled out but rather considered as important contribution.

## 3) METHODOLOGY

Two different approaches were used to relate the areal distribution of artificial night lighting to the areas under protected status. First, the direct impact of lighting is evaluated, hence referred to as light pollution, i.e. the direct spatial overlap between satellite observed nighttime lights as derived from DMSP-OLS and protected areas as delineated in the WDPA. In the second approach, we consider that DMSP nighttime lights data are an excellent proxy measure for human activities that impact neighboring areas. To account for this, the immediate vicinity of lighting sources is considered by applying a focal neighborhood function to the initial lights data set (see figure 3). This results in having pixels within a 5 pixel radius (about 5 km at the equator) of the actual lit area identified as being potentially at risk.

Before further analysis regarding the lights data was carried out the available protected areas data were associated with country boundary (CIESIN & CIAT 2005) and biome (Olson et al. 2001) delineation. A Protected Area Index (PAI) was calculated describing the ratio of terrestrial protected areas (cp. chapter 2) in relation to the total area per country and per biome. This was done using grid operations in ESRI ArcGIS. In order to have a consistent process chain grid operations were used throughout the project rather than doing parts of the analysis in vector format. The PAI is related to the Eco-Region Protection Indicator for the Natural Resources Management Index (NRMI) described in a CIESIN 2009 working paper[2]. This Eco-Region Protection Indicator measures the degree to which a country achieves the target of protecting at least 10% of each terrestrial biome within its borders. I.e. if the area protected is equal or greater than 10% of the biome, then the country receives a score of 1 for that biome. The global ratios for each biome are then averaged using a simple arithmetic average. The 10% target was adopted because that is the target most faithful to the existing international consensus (e.g. Convention on Biological Diversity 2004). Compared to the Eco-Region Protection Indicator, the PAI does not consider any threshold or weighting, but rather describes the direct ratio of areas under protection status to the total land area.

In addition to calculating the legally protected proportion of each biome, we applied the DMSP nighttime lights data to assess the degree to which each biome is affected by light pollution (LI, Light Pollution Indicator) and human influence (HI, Human Impact Indicator) respectively. Pivot tables were used to calculate corresponding index values on basis of the grid operations output. The main objective of this analysis is however to assess the spatial relation of artificial night lighting and protected areas. Corresponding indicators and underlying methodology are described in the following section.

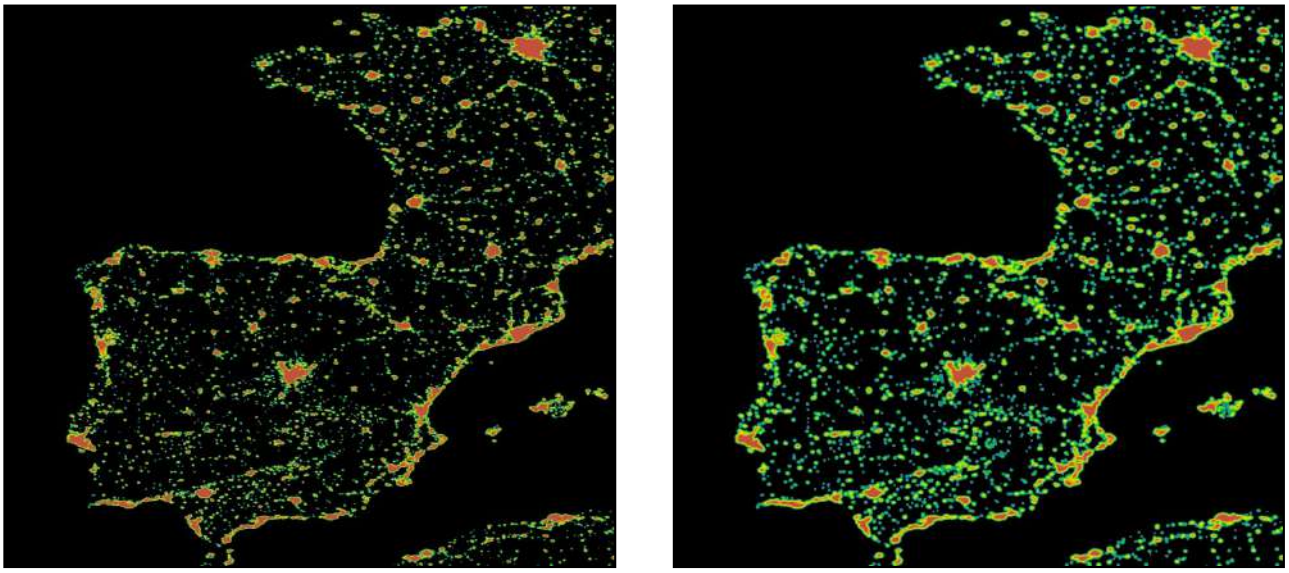


Figure 3: Direct lighting impact (DMSP) vs. indirect impact (DMSP as proxy measure for human activities); detail: SW Europe.

[2] http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/mcc.html (last accessed: 09/23/2009)

**a. Direct impact of artificial night lighting on protected areas**

In a first step we created a new lights file based on the original DMSP data but featuring just those areas that spatially overlap with protected areas. Thus a previously generated binary protected areas raster data set (i.e. featuring 1-values for PAs and 0-values for all other areas) was multiplied with the DMSP data eliminating all DMSP pixels but those located within a dedicated PA. For the first assessment of lighting impact a binary approach was also chosen for the lights data, i.e. deriving a binary lights data set showing whether areas are lit at night or not regardless of lighting intensity. We purposefully include the overglow (i.e. outer regions of lit areas with low DN values) which is recorded by the DMSP-OLS sensor, since low lighting intensities can be sufficient to alter natural environment conditions.

Next, we linked the new binary lights data with the country-protected areas file. This enables reporting the proportion of protected areas per country being directly affected by light pollution. The outcome will hence be entitled as Protected Area Light Pollution Indicator (PALI).

**b. Artificial night lighting as a proxy measure for human impact on protected areas**

In addition to measuring the direct impact of ANL, as discussed above we buffered the DMSP data by 5 pixels to create a measure of anthropogenic influence on protected areas. We derived a binary lights data set in which the focal neighborhood operator assigned the value 1 to each pixel within a 5px radius circle around a lighting source, whereas all pixels further away we classified as 0 (not affected). This new binary grid file was linked with the country-protected area as described above. The result is referred to as Protected Area Human Impact Indicator (PAHI).

## 4) RESULTS

All indicators were calculated on country and global level. Joint analysis of the various input data (i.e. national boundaries, biomes, protected areas, and nighttime lights) in a GIS environment requires large computational capacities. First runs in vector format included tiling data to regions/countries and scripting various procedures of the analysis using a stepwise rather than a global approach. However, due to geographic projections and data format conversions (raster to vector), this introduced rather large errors in terms of areal object description. Therefore the final analysis was conducted entirely in raster format including a previously created global area grid (originating from CIESIN's GRUMP data set) accurately describing pixel extents even in high latitudes.

### a. Protected Area Index (PAI)

The first indicator measures the degree to which each reference area is under protection status. First, protected areas from the WDPA were analyzed on country level, with the Protected Area Index (PAI) describing the protected proportion of each country (see figure 4). Introducing the biome data into the analysis resulted in a PAI similar to the Eco-Region Protection Indicator described by CIESIN (2009). For each country it measures the ratio of protected areas related to the total area of each of the 14+2 biomes. Table 1 shows the list of biomes with their absolute land area as well as their corresponding relative proportion when seen in a global context (second to last column). Associated calculated PAI values are provided in the last column.

| Reference | Description | Area (absolute/relative) [km$^2$] | [%] | PAI[g] [%] |
|---|---|---|---|---|
| World* | – | 129,980,271.5 | 100.0 | **12.7** |
| **Biome 1** | Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests | 19,788,016.1 | 15.2 | 20.6 |
| Biome 2 | Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests | 2,985,963.9 | 2.3 | 8.0 |
| Biome 3 | Tropical and Subtropical Coniferous Forests | 706,855.5 | 0.5 | **6.9** |
| Biome 4 | Temperate Broadleaf and Mixed Forests | 12,560,815.3 | 9.7 | 11.0 |
| Biome 5 | Temperate Coniferous Forests | 4,005,253.2 | 3.1 | **24.7** |
| Biome 6 | Boreal Forests/Taiga | 14,552,773.6 | 11.2 | 8.9 |
| **Biome 7** | Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands | 20,116,133.7 | 15.5 | 12.5 |
| Biome 8 | Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands | 9,958,627.8 | 7.7 | **3.7** |
| Biome 9 | Flooded Grasslands and Savannas | 1,052,857.8 | 0.8 | 19.2 |
| Biome 10 | Montane Grasslands and Shrublands | 4,877,074.5 | 3.8 | **24.9** |
| Biome 11 | Tundra | 7,765,962.7 | 6.0 | 16.7 |
| Biome 12 | Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub | 3,186,732.3 | 2.5 | **6.9** |
| **Biome 13** | Deserts and Xeric Shrublands | 27,782,793.3 | 21.4 | 9.2 |
| Biome 14 | Mangroves | 317,533.2 | 0.2 | 20.0 |
| Biome 98 | Lakes | 51,577.4 | 0.0 | 24.1 |
| Biome 99 | Rock and Ice | 254,835.9 | 0.2 | **29.9** |

Table colors: Black - 3 largest biomes; Red - 3 most negative PAI values; Green - 3 most positive PAI values
[g] This table shows the global values of the PAI
* The first line ('World') shows the PAI for the total land area, the other lines show the PAI for biomes 1-99

Table 1: The global perspective of the PAI.

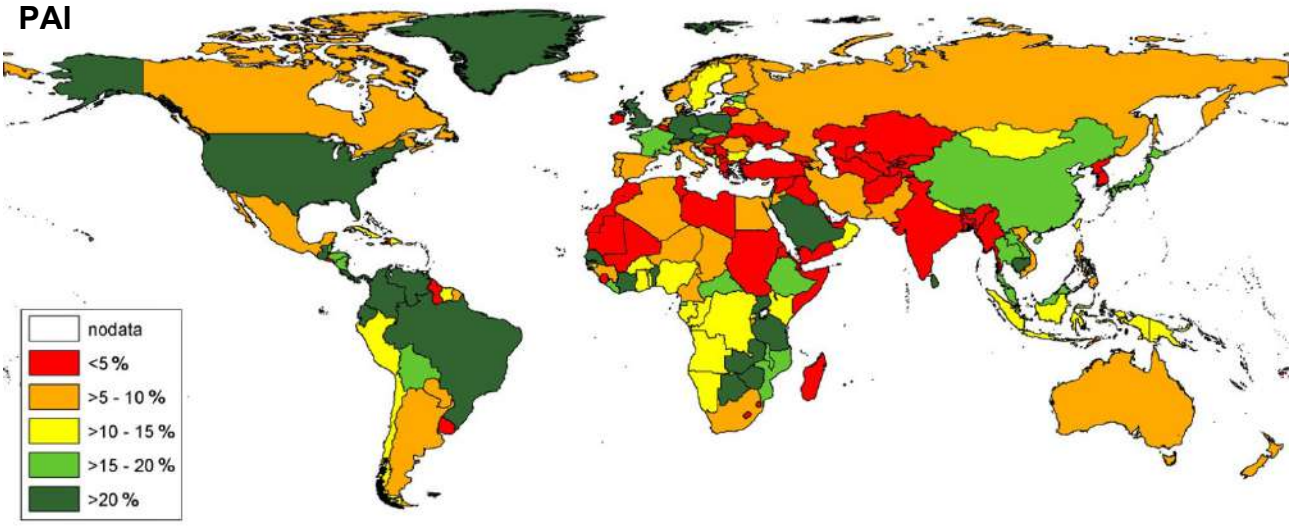



Figure 4: PAI classified on country level and visualized using a bipolar color scale (red: negative; green: positive).

Table 1 lists the results of the **Protected Area Index (PAI)** calculation for the total land area and for each biome on a global scale. The three biomes featuring the largest total area are highlighted in black color in the left-most column, i.e. that is biome 13 *'Deserts and Xeric Shrublands'* covering 21.4% of the global land area, biome 7 *'Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands'* covering 15.5% and biome 1 *'Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests'* covering 15.2%.

Regarding notable PAI values biome 99 *'Rock and Ice'* tops the list with approximately 30% of its total area being legally protected, followed by biome 10 *'Montane Grasslands and Shrublands'* and biome 5 *'Temperate Coniferous Forests'* both having nearly 25% of protected area. It has to be mentioned though that these three biomes all just cover a minor part of the total global land area (just 7% altogether). On a global scale 12.7% of this total land area is protected. Out of the 'big three' biomes covering the largest proportion of land area (altogether more than 50%) just biome 1 *'Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests'* features an above-average protection value (20.6%). On the lower end of the list featuring general biome protection status stands biome 8 *'Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands'* (after all covering approximately 8% of the global land area) with less than 4% of its area being protected, preceded by biomes 12 *'Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub'* and 3 *'Tropical and Subtropical Coniferous Forests'* both having less than 7% of protected area.

Figure 4 shows a map visualizing the results of the **PAI** calculation on country level using a bipolar color scheme with red standing for low protection status and green standing for high protection status. In order to get an idea of regional disparities a couple of country samples are provided. Countries featuring a high proportion of protected areas include Venezuela (53.4%) and Germany (49.9%) while countries such as Libya, Iraq, Aruba and Anguilla have less than 0.1% of its total land area under legal protection status.

### b. Light Pollution Indicator (LI) and Human Impact Indicator (HI)

After showing the proportion of each country and biome being legally protected using the WDPA data set, the next step was to calculate indicators of light pollution and human impact per country and biome. The **Light Pollution Indicator (LI)** hence considers lighting as detected by DMSP-OLS as a potential stress factor to the natural environment in general. Adding the immediate neighborhood of lighting sources to the concept gives a more general idea of potentially adverse human influence reaching out from settlement centers (**HI, Human Impact Indicator**).

Table 2 provides the biome list with corresponding LI and HI values in adjacent columns giving a good impression of the varying increase of affected areas as a result of the 5px neighborhood inclusion. The two biomes being most affected both in exclusive consideration of direct lighting impact and in taking lighting as proxy measure for human influence are biome 4 *'Temperate Broadleaf and Mixed Forests'* and biome 12 *'Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub'*. In particular biome 4 should be highlighted as it covers almost 10% of the global land area. Out of the 'big three biomes' (again marked in black in the left-most column) biome 7 *'Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands'* is amongst the least affected areas featuring both very low LI (0.5%) and HI values (3%). Also biomes 1 *'Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests'* and 13 *'Deserts and Xeric Shrublands'* are below average regarding light pollution and potential anthropogenic stress. In a global perspective 4% of the total land area is to some extent affected by light pollution (lighting intensity not being considered). Extending the area of direct lighting influence and taking this as proxy measure for human influence increases the proportion of area at potential risk to more than 10%.

| **Reference** | **Description** | **Area** (absolute/relative) | | **LI**[g] | **HI**[g] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **[km²]** | **[%]** | **[%]** | **[%]** |
| World* | – | 129,980,271.5 | 100.0 | **4.0** | **10.1** |
| **Biome 1** | Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests | 19,788,016.1 | 15.2 | 1.8 | 8.5 |
| Biome 2 | Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests | 2,985,963.9 | 2.3 | 5.4 | **19.9** |
| Biome 3 | Tropical and Subtropical Coniferous Forests | 706,855.5 | 0.5 | 3.7 | 14.1 |
| Biome 4 | Temperate Broadleaf and Mixed Forests | 12,560,815.3 | 9.7 | **18.7** | **31.0** |
| Biome 5 | Temperate Coniferous Forests | 4,005,253.2 | 3.1 | 7.5 | 17.6 |
| Biome 6 | Boreal Forests/Taiga | 14,552,773.6 | 11.2 | 1.8 | 4.6 |
| **Biome 7** | Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands | 20,116,133.7 | 15.5 | **0.5** | **3.0** |
| Biome 8 | Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands | 9,958,627.8 | 7.7 | 6.1 | 17.9 |
| Biome 9 | Flooded Grasslands and Savannas | 1,052,857.8 | 0.8 | 5.0 | 10.1 |
| Biome 10 | Montane Grasslands and Shrublands | 4,877,074.5 | 3.8 | 1.1 | 4.7 |
| Biome 11 | Tundra | 7,765,962.7 | 6.0 | **0.4** | **1.0** |
| Biome 12 | Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub | 3,186,732.3 | 2.5 | **10.7** | **28.3** |
| **Biome 13** | Deserts and Xeric Shrublands | 27,782,793.3 | 21.4 | 2.0 | 6.1 |
| Biome 14 | Mangroves | 317,533.2 | 0.2 | **8.1** | 17.5 |
| Biome 98 | Lakes | 51,577.4 | 0.0 | 5.4 | 12.5 |
| Biome 99 | Rock and Ice | 254,835.9 | 0.2 | **0.0** | **0.2** |

Table colors: Black - 3 largest biomes; Red - 3 most negative LI and HI values; Green - 3 most positive LI and HI values

[g] This table shows the global values of LI and HI

* The first line ('World') shows the LI and HI for the total land area, the other lines show the LI and HI for biomes 1-99

Table 2: The global perspective of LI and HI.

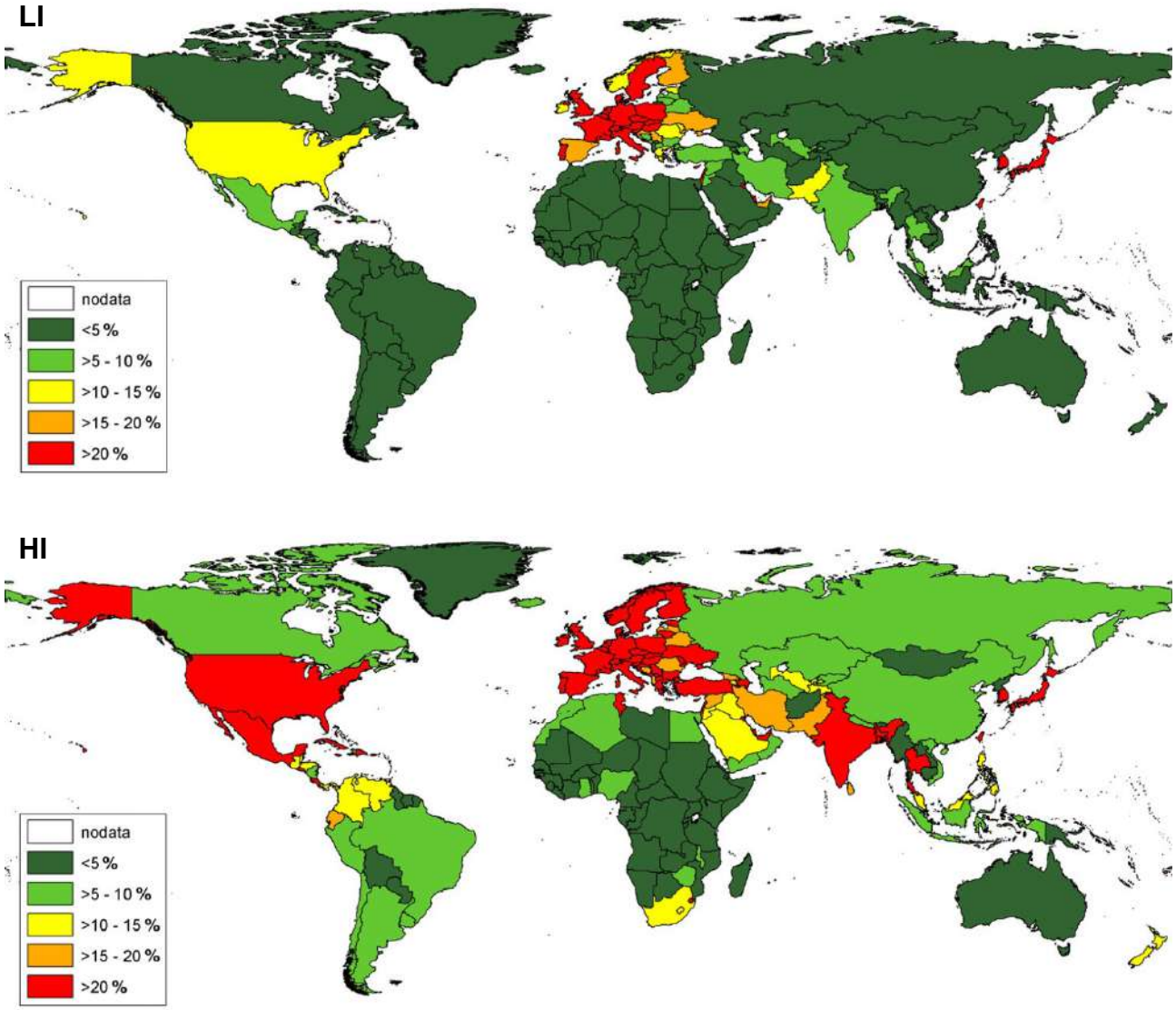



Figure 5: LI and HI classified on country level and visualized using a bipolar color scale (red: negative; green: positive).

When looking at the **LI** map on country level (see figure 5, top), it is obvious that Europe is the region most affected with countries such as Germany and Italy featuring index values of around 50% and the BeNeLux countries (Belgium, Netherlands, Luxemburg) having up to 95% of its total land area affected by light pollution. In the United States artificial night lighting has an impact on almost 15% of its total land area. Puerto Rico even has more than 80% directly affected and Japan comes up with a number of 40%. On the other side of the ranking most African countries feature very low LI values (e.g. Mozambique, Namibia, Niger, all 0.1%) and also Brazil and Argentina have just approximately 1% of its land area affected by light pollution.

An additional consideration of the immediate vicinity of lighting sources as a proxy measure for human influence on the natural environment (e.g. air and water pollution) in most cases results in a rather strong increase of the index values (see figure 5, bottom). The USA for example feature an **HI** value of nearly 30% and Puerto Rico of 95%. Large differences between LI and HI values in a given country can point to the existence of large numbers of small and widely distributed individual lighting sources rather than few bigger light accumulations (in terms of areal extent).

### c. Protected Area Light Pollution Indicator (PALI) and Protected Area Human Impact Indicator (PAHI)

The final index calculations now combine information on protected area delineation and sources of artificial night lighting, hence measuring the degree to which each country's protected areas are affected by direct light pollution impact and potential human influence respectively. Again, the assessment is further broken down to a higher spatial level of detail by additionally considering biome distribution within country boundaries. Figure 6 shows Germany as an example to illustrate the methodology. Protected areas are colored in grey, and on the left we show the effects of direct light pollution and on the right we show the extent of the broader human influence (lights visualized according to their intensity using a bipolar color scale with yellow standing for high and blue for low intensities). For the final index calculations binary version of both lights files were used, i.e. not considering lighting intensity but mere areal extent.

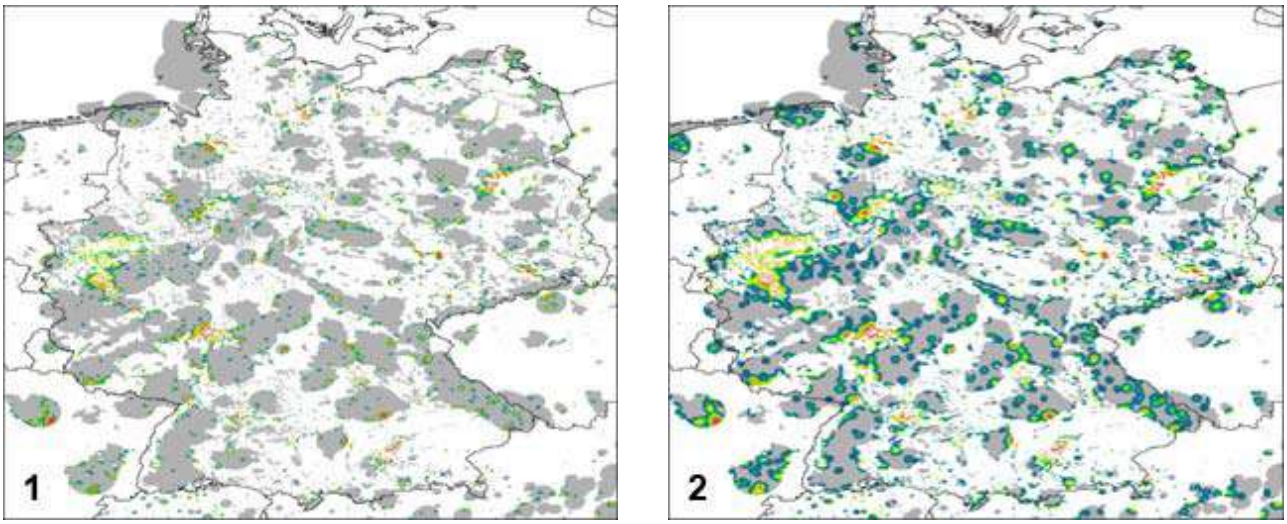



Figure 6: Artificial night lighting in protected areas - Germany:
(1) direct light pollution vs. (2) spatially extended lights taken as proxy measure for potentially adverse human influence.

Looking at the values for the **Protected Area Light Pollution Indicator (PALI)** on a global scale (table 3) we see that protected areas are comparatively most affected by light pollution in areas assigned to either biome 4 *'Temperate Broadleaf and Mixed Forests'*, 12 *'Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub'*, or 14 *'Mangroves'*. As expected it is however notable that the proportion of affected PA in general is quite low (1.8%) with all but two biomes featuring index values below 5%. This is mainly due to smoothing effects when calculating global values. Spatial outliers cannot be seen on this level of detail, but will be shown on country level.

A closer look at the results of the **Protected Area Human Impact Indicator (PAHI)** shows that this 'spatial extension' in most cases leads to immense index value increases from the original PALI. For example biome 4 features a PAHI value of 44.2%, i.e. nearly half of the protected areas in *'Temperate Broadleaf and Mixed Forests'* are to some extent exposed to human activities. There are a couple more biomes featuring far higher values than the PAHI global average of 8.6% (e.g. biomes 12, 98 and 8). On the other hand biomes such as 10 *'Montane Grasslands and Shrublands'* and 11 *'Tundra'* have just slightly more than 1% of its total PA affected even with considering the immediate vicinity of lighting sources.

| Reference | Description | PA Area (abs./rel.) [km²] | [%] | PALI[g] [%] | PAHI[g] [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| World* | – | 16,537,314.6 | 100.0 | **1.8** | **8.6** |
| **Biome 1** | Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests | 4,069,947.3 | 24.6 | 0.8 | 3.4 |
| Biome 2 | Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests | 238,390.0 | 1.4 | 2.9 | 12.1 |
| Biome 3 | Tropical and Subtropical Coniferous Forests | 48,769.0 | 0.3 | 3.0 | 16.2 |
| Biome 4 | Temperate Broadleaf and Mixed Forests | 1,379,677.8 | 8.3 | **8.6** | **44.2** |
| Biome 5 | Temperate Coniferous Forests | 990,566.6 | 6.0 | 3.1 | 16.9 |
| Biome 6 | Boreal Forests/Taiga | 1,290,543.4 | 7.8 | 0.6 | 4.2 |
| **Biome 7** | Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands | 2,519,228.8 | 15.2 | 0.5 | 2.2 |
| Biome 8 | Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands | 363,746.7 | 2.2 | 3.9 | 20.8 |
| Biome 9 | Flooded Grasslands and Savannas | 202,415.8 | 1.2 | 1.1 | 5.0 |
| Biome 10 | Montane Grasslands and Shrublands | 1,213,418.6 | 7.3 | **0.2** | **1.2** |
| Biome 11 | Tundra | 1,296,096.9 | 7.8 | **0.2** | **1.4** |
| Biome 12 | Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub | 218,361.7 | 1.3 | **8.8** | **34.8** |
| **Biome 13** | Deserts and Xeric Shrublands | 2,552,205.8 | 15.4 | 1.4 | 5.7 |
| Biome 14 | Mangroves | 63,489.9 | 0.4 | **4.2** | 14.3 |
| Biome 98 | Lakes | 12,430.9 | 0.1 | 3.2 | **33.1** |
| Biome 99 | Rock and Ice | 76,259.7 | 0.5 | **0.1** | **1.1** |

Table colors: Black - 3 largest biomes; Red - 3 most negative PALI and PAHI values; Green - 3 most positive PALI and PAHI values

[g] This table shows the global values of PALI and PAHI

* The first line ('World') shows the PAL and PAHII for the total land area, the other lines show the PALI and PAHI for biomes 1-99

Table 3: The global perspective of PALI and PAHI.

Looking at the index values of **PALI** and **PAHI** mapped on country level (figure 7), Europe in general, Japan, and some Caribbean islands show a significant incursion of nighttime lights into protected areas (colored in red). Puerto Rico has more than 60% of its total protected area directly affected by artificial lighting at night, while Martinique even reaches a value of 98%. European countries such as Belgium (21.1%), Germany (16.1%), France (14.6%) and Italy (13.9%) all feature a PALI higher than 10%. Compared to that, the United States are on the rather low end of the list, having approximately 3% of its PAs impacted by light pollution. However, more than half of all countries (140 countries, 60%) show PALI values of even less than 3%.

Adding the immediate neighborhood of lighting sources increases the calculated index values significantly. 117 countries (about 50% of all countries) thus have more than 10% of their PAs exposed to human activities as approximated from satellite nighttime lights (compared to just 54 countries or 23% with matching PALI values). According to this method nearly all of Europe falls in the category of highest risk. Countries such as Puerto Rico and Martinique feature PAHI values of 100%, thus not even having a single region within their designated protected areas which is more than 5km away from settlements, i.e. the threshold for areas to be considered as potentially not influenced.

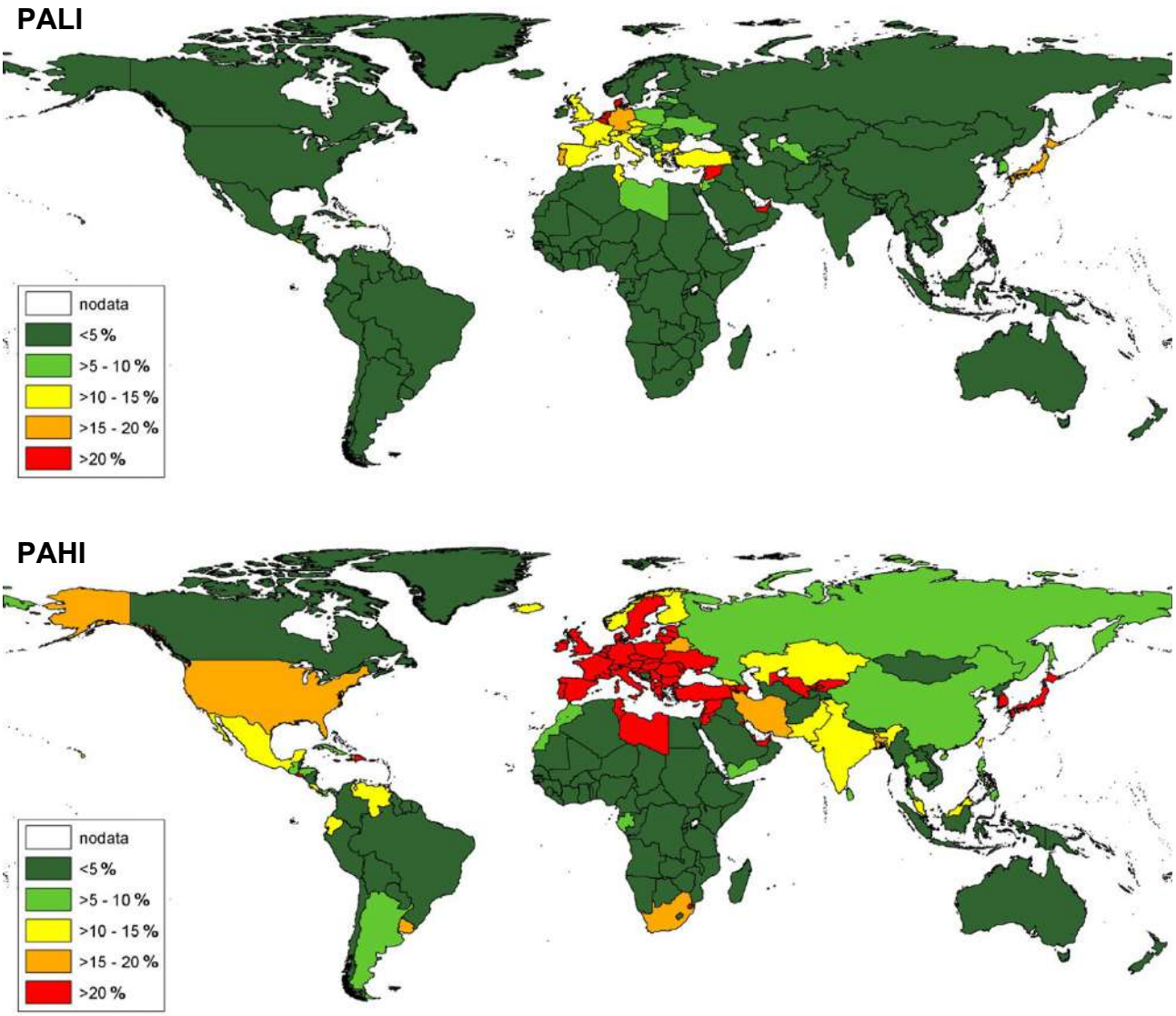



Figure 7: PALI and PAHI classified on country level and visualized using a bipolar color scale (red: negative; green: positive).

With the analyses carried out on a combined country-biome level it is possible to visualize results with greater spatial precision (see figure 8). This reveals patterns in particular in large countries such as the United States, China and Russia. In the U.S. the divergence of East and West becomes obvious. Large unaffected areas in China (e.g. Western China) and Russia (Siberia) can be identified in contrast to regions featuring very high values due to their high population density.

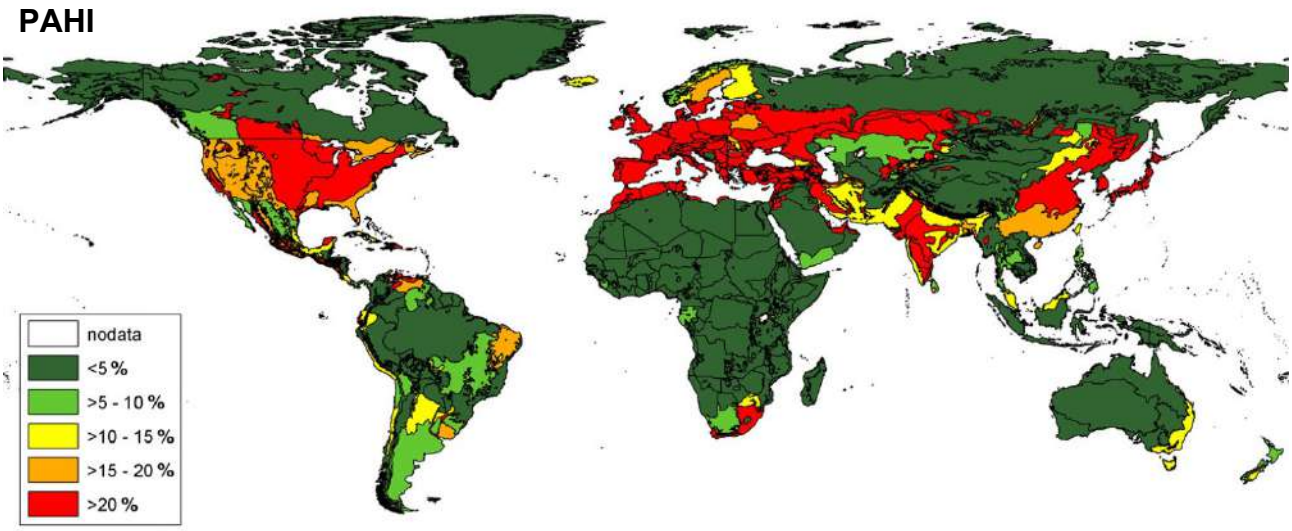



Figure 8: PAHI classified on the highest available level of spatial detail (country-biome combination).

Table 4 summarizes all calculated indicators and highlights the corresponding top 3 and bottom 3 in the order of the index values (negative: red; positive: green). This inter-comparison reveals interesting patterns and correlations, e.g. biome 12 '*Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub*' is identified as the overall number one in terms of potential risk. Regions assigned to this biome (3,186,732km$^2$; that is 2.5% of the global land area) are amongst the most affected by both direct light pollution and related approximated human activities. Less than 7% of these regions (218,361.7km$^2$) are legally protected, whereas in addition to that these few protected areas are also on the top of the list regarding both direct lighting impact and approximated anthropogenic influences.

Biome 4 '*Temperate Broadleaf and Mixed Forests*' (12,560,815km$^2$; 9.7% of the global land area) features even higher index values regarding impact of light pollution (LI: 18.7%) and related human activities (HI: 31.0%). With 11% of the regions assigned to biome 4 having legal protection status, at least the PAI value is slightly higher than the one of biome 12, even though it is still below the average of 12.7%. Featuring a value of 44.2% the corresponding PAHI (showing human impact on protected areas) is by far higher than all other biomes. The PALI which measures the direct light pollution impact on protected areas is about five times the average value (8.6%), just being topped by biome 12.

On the other hand there are a couple of biomes which should be mentioned as positive examples. First, there is the separately designated biome 99 '*Rock and Ice*' having approximately 30% of its land area protected. There is hardly any lighting observed in these regions, which results in all related indicators featuring very low values. Biome 99 however just covers 0.2% of the total land area. Around 6% of the global land area is assigned to biome 11 '*Tundra*' whereof after all 16.7% feature legal protection status. With very little artificial night lighting detected in regions of biome 11 as well, very low related indicator values are the logical result.

The three biomes covering more than half of the global land area (biome 1 '*Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests*' – 15.2%, biome 7 '*Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands*' – 15.5%, biome 13 '*Deserts and Xeric Shrublands*' – 21.4%) feature light pollution related indicators which are all slightly below the average values. Biome 1 and biome 7 are around or even above the average regarding the degree to which they are protected (PAI), while for biome 13 a lower protection ratio is identified.

| Reference | Description | PAI[g] [%] | LI[g] [%] | HI[g] [%] | PALI[g] [%] | PAHI[g] [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| World* | – | **12.7** | **4.0** | **10.1** | **1.8** | **8.6** |
| **Biome 1** | Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests | 20.6 | 1.8 | 8.5 | 0.8 | 3.4 |
| Biome 2 | Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests | 8.0 | 5.4 | **19.9** | 2.9 | 12.1 |
| Biome 3 | Tropical and Subtropical Coniferous Forests | **6.9** | 3.7 | 14.1 | 3.0 | 16.2 |
| Biome 4 | Temperate Broadleaf and Mixed Forests | 11.0 | **18.7** | **31.0** | **8.6** | **44.2** |
| Biome 5 | Temperate Coniferous Forests | **24.7** | 7.5 | 17.6 | 3.1 | 16.9 |
| Biome 6 | Boreal Forests/Taiga | 8.9 | 1.8 | 4.6 | 0.6 | 4.2 |
| **Biome 7** | Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands | 12.5 | **0.5** | **3.0** | 0.5 | 2.2 |
| Biome 8 | Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands | **3.7** | 6.1 | 17.9 | 3.9 | 20.8 |
| Biome 9 | Flooded Grasslands and Savannas | 19.2 | 5.0 | 10.1 | 1.1 | 5.0 |
| Biome 10 | Montane Grasslands and Shrublands | **24.9** | 1.1 | 4.7 | **0.2** | **1.2** |
| Biome 11 | Tundra | 16.7 | **0.4** | **1.0** | **0.2** | **1.4** |
| Biome 12 | Mediterranean Forests, Woodlands, and Scrub | **6.9** | **10.7** | **28.3** | **8.8** | **34.8** |
| **Biome 13** | Deserts and Xeric Shrublands | 9.2 | 2.0 | 6.1 | 1.4 | 5.7 |
| Biome 14 | Mangroves | 20.0 | **8.1** | 17.5 | **4.2** | 14.3 |
| Biome 98 | Lakes | 24.1 | 5.4 | 12.5 | 3.2 | **33.1** |
| Biome 99 | Rock and Ice | **29.9** | **0.0** | **0.2** | **0.1** | **1.1** |

Table colors: Black - 3 largest biomes; Red - 3 most negative index values; Green - 3 most positive index values

[g] This table shows the global values of PAI, LI/HI, and PALI/PAHI

* The first line ('World') shows the index values for the total land area, the other lines show the index values for biomes 1-99

Table 4: The global perspective of all calculated indicators (PAI, LI/HI, PALI/PAHI).

## 5) DISCUSSION AND CONCLUSION

One limitation in this analysis is the inconsistent quality of the protected areas input data. For some countries no polygon boundaries for protected areas are available at all (e.g. see Austria in figure 9). Buffering the point features according to their legally stated areal extent allows for correctly assessing the degree to which a country's total area is protected (see PAI calculations). Yet, the fact that the actual delineation of the protected areas is unknown introduces some level of error when spatially intersecting the buffered points with ancillary data. Figure 9 shows the correct delineation of Austria's six National Parks as reference compared to the protected area approximations of the WDPA in order to clarify the problem. The authors support the efforts of UNEP-WCMC in collecting and compiling the WDPA data set, and issue an urgent invitation to the responsible agencies at the national level to contribute their data to the WDPA. Ultimately, countries will benefit more from these kinds of analyses if they are able to provide the best available data.

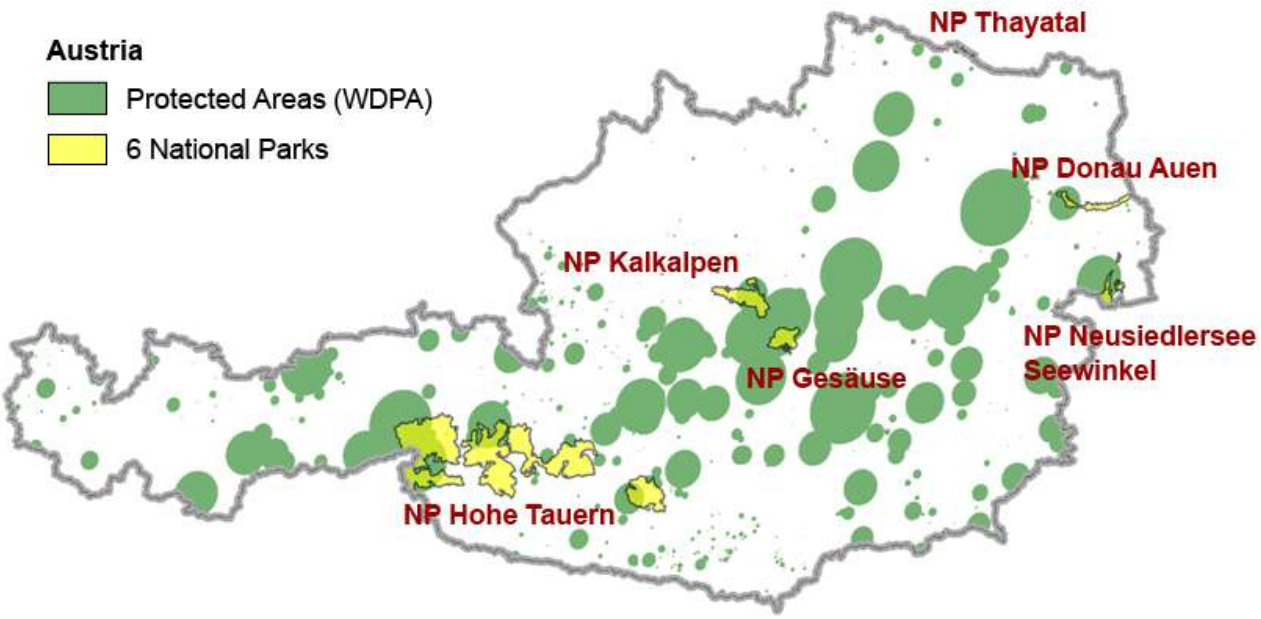



Figure 9: Protected Areas in Austria – Points derived from the WDPA buffered according to their stated extent (green) compared to polygon delineations of Austria's six National Parks (yellow).

In this paper a novel global assessment of light pollution impact on protected areas was presented. Satellite observed nighttime lights and spatial data on protected area distribution as derived from the WDPA were jointly analyzed and a set of spatial indicators was developed. First, an assessment of the legally protected proportion of each country's total land area was conducted (PAI). Introducing DMSP nighttime lights data ratios of both direct light pollution impact (LI) and approximated potential human influence (HI) were calculated on country level.

Combining the available data on global protected area distribution and nighttime lights we created two indices measuring the impact of artificial night lighting (PALI) and related human influences (PAHI) on protected areas. All spatial indicators were also calculated on the level of biomes, i.e. aggregations of eco-regions as defined by Olson et al. (2001), significantly increasing both thematic and spatial level of detail. Results indicate that regions in Europe and Asia Minor, the Caribbean, East Asia as well as in the Eastern part of the United States are most affected. On biome level '*Temperate Broadleaf and Mixed Forests*' suffer the biggest impact both in terms of general light pollution and lighting in designated protected areas.

This analysis presents a kind of protected areas risk assessment, and can be used to identify protected areas that may require additional resources for management owing to their proximity to urban areas. The data set also points to countries (e.g. BeNeLux and Germany) and regions within countries (Eastern China) where lighting control measures near protected areas could limit the effects of light pollution on biodiversity (Deda et al. 2007). It is well known that certain types of outdoor lighting contribute disproportionately to the effects of light pollution (Baddiley 2007b, Cabello & Kirschbaum 2007, Pas 2007, Hollan 2008, Mt. Megantic Astro Lab 2009), and as countries invest in new developments or upgrade old lighting systems, it is important to consider the ecological effects of lighting as guided by the emerging field of scotobiology – the 'biological science of darkness'. The concept of scotobiology[3], developed in 2003 (Bidwell 2003), describes the study of biological systems that require nightly darkness for their effective performance; systems that are inhibited or prevented from operating by light (Bidwell et al. 2007, Dick 2008, Dick et al. 2009).

Nearly 15 years ago this topic was already highlighted in a leading article published in the Lighting Journal entitled 'Social Factors behind the Development of Outdoor Lighting' (Simpson 1995). The author then stated that '*We were learning that outdoor lighting is more than just filling the space with light; learning that it is more than just a way of making our roads visible to motorists; learning that sensitivity in design is equally as important outdoors as it is indoors; and learning to take care of our environment*'. There has been much debate on the control and directionality of lighting in the last two decades. One country which serves as a good example in this context is the Republic of Slovenia, where in August 2007 a Lighting Law was adopted, prohibiting light above the horizontal and requiring the use of shielding for most luminaires (Mizon & Morgan-Taylor 2008). Other countries have not yet reached a comparable level of official acknowledgment. However, 'rules for lighting' are proposed and related fights for legislative measures are going on in several countries such as the Czech Republic (Hollan 2003) and Switzerland (Righetti 2007). Besides shielding and controlling directionality of lighting, these proposed rules include 'not to use more light than necessary', 'to dim light after peak hours', and requiring 'limits for illuminated advertisements'. Improving conditions assumingly caused by law-enforced management activities against light pollution were observed on the island of Oahu in the Hawaiian archipelago in a satellite based analysis of trends of lighting impact on coral reefs (Aubrecht et al. 2009).

We consider that this analysis may help to raise awareness on the topic of light pollution among protected areas personnel, conservation and scientific communities, and the general public. The developed spatial indicators can easily be adapted to similar analyses. As a next step, the authors plan to monitor the ecological threat of artificial night lighting in areas of high species richness using species distribution grids developed by CIESIN's SEDAC Project.

[3] Scotobiology – The Biology of Darkness; http://www.muskokaheritage.org/ecology-night/scotobiology-article.asp

## 6) REFERENCES

Aubrecht, C., C.D. Elvidge, T. Longcore, C. Rich, J. Safran, A. Strong, M. Eakin, K.E. Baugh, B.T. Tuttle, A.T. Howard, and E.H. Erwin, 2008a. A global inventory of coral reef stressors based on satellite observed nighttime lights. *Geocarto International*, 23(6). 467-479.

Aubrecht, C., C.D. Elvidge, D. Ziskin, T. Longcore, and C. Rich, 2008b. 'When the lights stay on' – A novel approach to assessing human impact on the environment. *Earthzine*, 1(4). Theme Issue on 'Biodiversity - Indicator of Planetary Health'. Web magazine (www.earthzine.org), IEEE Committee on Earth Observation (ICEO). Publication date: 12/31/2008.

Aubrecht, C., C.D. Elvidge, C.M. Eakin, D. Ziskin, and K.E. Baugh, 2009. Coral reef risk assessment using DMSP nighttime lights - Temporal trends and global perspectives. *ISRSE: 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Proceedings. Stresa, Lago Maggiore, Italy, May 4-8, 2009.

Baddiley, C.J., 2007a. *Towards Understanding Skyglow. A contribution to the discussion*. CfDS Campaign for Dark Skies of the British Astronomical Association and ILE Institution of Lighting Engineers.

Baddiley, C., 2007b. A model to show the differences in skyglow from types of luminaire designs, with a view to recovering rural dark skies. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Bidwell, R.G.S., 2003. Scotobiology of Plants. *International Symposium on Ecology of the Night*. Proceedings. Dorset, Ontario, Canada, September 22-24, 2003.

Bidwell, T., P. Goering, B. Dickinson, R. French, 2007. Scotobiology: The Biology of Darkness. The Science of Dark-Dependent Biological Systems. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Cabello, A.J., C.F. Kirschbaum, 2007. Lighting Pollution and Intrusive Light Evaluation in residential and rural areas. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Cheney, I., and E. Bolevice, 2008. Op-Ed: In the Dark. *The New York Times*, November 19, 2008. http://video.nytimes.com/video/2008/11/19/opinion/1194833375137/in-the-dark.html (last accessed 09/23/09).

CIESIN Center for International Earth Science Information Network, Columbia University, and CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2005. *Gridded Population of the World Version 3 (GPWv3): National Boundaries*. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Available at http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw (last accessed 09/23/09).

CIESIN Center for International Earth Science Information Network, Columbia University, 2009. Eco-Region Protection Indicator for the 2009 release of the Natural Resource Management Index of the Millennium Challenge Corporation. Data and Methodology. *CIESIN working paper*, October 5, 2009.

Clark, B.A.J., 2008. *A rationale for the mandatory limitation of outdoor lighting*. Document Version 2.4, 29 February 2008. Outdoor Lighting Improvement Section of the Astronomical Society of Victoria Inc, Australia.

Convention of Biological Diversity, 2004. COP 7 Decisions. *Seventh Meeting of the Conference of the Parties (COP) to the Convention on Biological Diversity*. Kuala Lumpur, Malaysia, 9-20 February 2004. http://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-07 (last accessed 09/23/09).

Deda, P., I. Elbertzhagen, and M. Klussmann, 2007. Light pollution and the impacts on biodiversity, species and their habitats. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Dick, R., 2008. *Royal Astronomical Society of Canada - Urban Star Park Guidelines (RASC-USP)*. March 2008. Available on-line at http://www.rasc.ca/im/lpa/RASC_USP_GUIDELINES.pdf.

Dick, R., R.G.S. Bidwell, P. Goering, and D. Welch, 2009. Development of Dark Sky Preserve Program in Canada. *2nd International Symposium on Dark Sky Parks*. Lastovo Island, Croatia, September 14-19, 2009.

Doll, C.N.H., 2008. *CIESIN Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications*. Palisades, NY: Center for International Earth Science Information Network of Columbia University. Available on-line at http://sedac.ciesin.columbia.edu/tg/.

Dudley, N. (Ed.), 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN. X + 86 pp.

Elvidge, C.D., K.E. Baugh, E.A. Kihn, H.W. Kroehl, and E.R. Davis, 1997. Mapping of city lights using DMSP Operational Linescan System data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63, 727-734.

Elvidge, C.D., I. Nelson, V.R. Hobson, J. Safran, and K.E. Baugh, 2001a. Detection of fires at night using DMSP-OLS data. In F.J. Ahern, J.G. Goldammer, and C.O. Justice (eds.) *Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space: Planning a Coordinated International Effort*, The Hague: SPB Academic Publishing bv, 125-144.

Elvdige, C.D., M.L. Imhoff, K.E. Baugh, V.R. Hobson, I. Nelson, J. Safran, J.B. Dietz, and B.T. Tuttle, 2001b. Nighttime lights of the world: 1994-95. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56, 81-99.

Elvidge, C.D., B.T. Tuttle, P.C. Sutton, K.E. Baugh, A.T. Howard, C. Milesi, B. Bhaduri, and R. Nemani, 2007. Global distribution and density of constructed impervious surfaces. *Sensors*, 7, 1962-1979.

Hollan, J., 2003. How should the light pollution be controlled - an experience from the Czech Republic. *International Symposium on Ecology of the Night*. Proceedings. Dorset, Ontario, Canada, September 22-24, 2003.

Hollan, J., 2008. Automated selection of most promising luminaire photometries for any streetlighting case. *Proceedings of the 8th European Symposium for the Protection of the Night Sky (Darksky 2008)*, Vienna, Austria, August 22-23, 2008.

Hotz, R.L., 2008. It's All About the Lighting. City Lights Are Obscuring Our Starry Nights. *The Wall Street Journal*, A10, July 25, 2008. http://online.wsj.com/article/SB121692767218982013.html (last accessed 09/23/09).

House of Commons Science and Technology Committee, 2003. *Light Pollution and Astronomy. Seventh Report of Session 2002-03. Volume I*. London: The Stationery Office Limited. 69 pp.

Klinkenborg, V., 2008. Our Vanishing Night. *National Geographic Magazine*, November 2008. http://ngm.nationalgeographic.com/2008/11/light-pollution/klinkenborg-text (last accessed 09/23/09).

Lorne, J.K., and M. Salmon, 2007. Effects of exposure to artificial lighting on orientation of hatchling sea turtles on the beach and in the ocean. *Endangered Species Research*, 3, 23-30.

Mizon, B., M.M. Morgan-Taylor, 2008. The Fight for Darker Skies: Towards a 21st Century Solution to a 20th Century Problem? *The Lighting Journal*, September 2008, 15-17.

Montevecchi, W.A., 2006. Influences of artificial light on marine birds. In C. Rich, and T. Longcore (eds.) *Ecological consequences of artificial night lighting*, Washington, DC: Island Press, 94-113.

Mt. Megantic Astro Lab, 2009. *Practical Guide for Lighting to reduce light pollution and save energy*. 20 pp. Available on-line at http://www.astrolab-parc-national-mont-megantic.org/files/ssparagraph/767127306/astrolab_practical_guide_for_lighting.pdf (last accessed 11/23/09).

Olson, D.M, E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem, 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth, *Bioscience*, 51(11), 933-938.

Pas, F., 2007. EUP Project. Dark Sky Eco-Labelling in the Lighting Industry. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Rich, C., and T. Longcore, 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press, Washington D.C., USA.

Righetti, A., 2007. Recommendations instead of probihitions. The Swiss approach against negative light emissions. In C. Marín and J. Jafari (eds.) *Starlight – A common heritage*. International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars. Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Palma, Canary Islands, Spain, April 19-20, 2007.

Simpson, M., 1995. Social Factors behind the Development of Outdoor Lighting. *The Lighting Journal*, June/July 1995.

Small, C., F. Pozzi, and C.D. Elvidge, 2005. Spatial analysis of global urban extent from DMSP-OLS night lights. *Remote Sensing of Environment*, 96, 277-291.

UNEP-WCMC, 2009. *Data Structure of the World Database on Protected Areas (WDPA) Annual Release 2009*, New WDPA Schema, Web-download Version – February 2009.

Witherington, B.E., 1992. Behavioral Responses of Nesting Sea Turtles to Artificial Lighting. *Herpetologica* 48, 31-39.

WDPA (World Database on Protected Areas) Annual Releases 2008, 2009. The WDPA is a joint product of UNEP and IUCN, prepared by UNEP-WCMC, supported by IUCN WCPA and working with Governments, the Secretariats of MEAs and collaborating NGOs. For further information: protectedareas@unep-wcmc.org or http://www.wdpa.org.

Ziskin, D., C. Aubrecht, C. Elvidge, B. Tuttle, K. Baugh, T. Ghosh, B. Witherington, and K. Yamamoto, 2008. Temporal patterns in Loggerhead sea turtle nesting activity and anthropogenic beach lighting in Florida. *Eos Trans. AGU (American Geophysical Union)*, 89(53), Fall Meeting Suppl. B41A-0361. Poster. San Francisco, CA, USA.

**LIST OF ABBREVIATIONS**

| | |
|---|---|
| AIT | Austrian Institute of Technology |
| ANL | Artificial Night Lighting |
| CIESIN | Center for International Earth Science Information Network |
| DMSP | Defense Meteorological Satellite Program |
| DN | Digital number |
| GIS | Geographic Information System |
| GPW | Gridded Population of the World |
| GRUMP | Global Rural-Urban Mapping Project |
| HI | Human Impact Indicator |
| IUCN | International Union for Conservation of Nature |
| LI | Light Pollution Indicator |
| NGDC | National Geophysical Data Center |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NRMI | Natural Resources Management Index |
| OLS | Operational Linescan System |
| PA | Protected Area(s) |
| PAHI | Protected Area Human Impact Indicator |
| PAI | Protected Area Index |
| PALI | Protected Area Light Pollution Indicator |
| PMT | Photomultiplier Tube |
| SEDAC | Socioeconomic Data and Applications Center |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| WCMC | World Conservation Monitoring Centre |
| WCPA | World Commission on Protected Areas |
| WDPA | World Database on Protected Areas |

## APPENDIX

The following appendix table (table 5) lists PALI and PAHI index values along with numbers for the total land area and the percent area protected (PAI) on country level. For comparison the first line shows the corresponding values on global scale. Referring to the CIESIN Eco-Region Protection Indicator, countries which do not achieve the target of protecting at least 10% of each terrestrial biome within its borders (following the international consensus, Convention on Biological Diversity 2004) are highlighted in red in the PAI column. Countries having more than 20% of its total land area legally protected are marked in green pointing to positive examples. In the columns featuring the values for PALI and PAHI those countries are highlighted in red that have more than 10% of its protected areas impacted by artificial night lighting and associated human activities. On the other hand countries featuring index values lower than 1% (i.e. pristine protected areas in terms of light pollution) are marked in green.

| Country | Code | Land area [km²] | PAI [%] | PALI [%] | PAHI [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| **World*** | | **129,980,271.5** | **12.7** | **1.8** | **8.6** |
| Afghanistan | AFG | 635,956.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 |
| Albania | ALB | 27,979.0 | 8.9 | 3.1 | 26.5 |
| Algeria | DZA | 2,318,907.2 | 6.3 | 0.8 | 3.0 |
| American Samoa | ASM | 163.3 | 1.0 | 51.4 | 61.7 |
| Andorra | AND | 453.5 | 5.9 | 76.2 | 100.0 |
| Angola | AGO | 1,250,293.5 | 12.4 | 0.1 | 0.3 |
| Anguilla | AIA | 64.4 | 0.0 | - | - |
| Antigua and Barbuda | ATG | 396.7 | 7.2 | 95.6 | 100.0 |
| Argentina | ARG | 2,744,830.4 | 5.1 | 1.5 | 6.8 |
| Armenia | ARM | 28,245.2 | 4.1 | 2.1 | 35.4 |
| Aruba | ABW | 177.2 | 0.0 | - | - |
| Australia | AUS | 7,683,647.8 | 9.4 | 0.4 | 2.0 |
| Austria | AUT | 82,573.2 | 22.5 | 10.2 | 57.7 |
| Azerbaijan | AZE | 85,126.0 | 7.1 | 2.3 | 23.0 |
| Bahamas | BHS | 11,411.8 | 12.4 | 2.5 | 12.4 |
| Bahrain | BHR | 598.9 | 1.3 | 73.4 | 100.0 |
| Bangladesh | BGD | 131,402.6 | 1.2 | 2.0 | 16.0 |
| Barbados | BRB | 421.6 | 0.6 | 100.0 | 100.0 |
| Belarus | BLR | 206,050.5 | 6.9 | 2.5 | 19.8 |
| Belgium | BEL | 30,462.3 | 2.9 | 21.1 | 94.3 |
| Belize | BLZ | 21,915.8 | 17.3 | 0.3 | 2.1 |
| Benin | BEN | 115,720.6 | 23.7 | 0.0 | 0.0 |
| Bermuda | BMU | 41.0 | 2.7 | 59.5 | 100.0 |
| Bhutan | BTN | 37,872.4 | 26.9 | 0.0 | 0.0 |
| Bolivia | BOL | 1,073,664.5 | 18.5 | 0.3 | 1.8 |
| Bosnia and Herzegovina | BIH | 46,730.4 | 0.6 | 0.0 | 0.4 |
| Botswana | BWA | 579,029.6 | 30.9 | 0.1 | 0.4 |
| Brazil | BRA | 8,405,983.4 | 27.2 | 0.6 | 3.3 |
| Brunei | BRN | 5,710.1 | 43.2 | 6.4 | 12.9 |
| Bulgaria | BGR | 110,581.6 | 10.9 | 11.5 | 50.1 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Burkina Faso | BFA | 275,410.8 | 14.3 | 0.1 | 0.5 |
| Burundi | BDI | 25,040.8 | 5.7 | 0.0 | 0.2 |
| Cambodia | KHM | 177,458.4 | 24.1 | 0.0 | 0.2 |
| Cameroon | CMR | 463,481.5 | 9.1 | 0.0 | 0.0 |
| Canada | CAN | 9,201,347.2 | 8.0 | 0.7 | 4.4 |
| Cape Verde | CPV | 3,881.0 | 0.0 | - | - |
| Cayman Islands | CYM | 234.2 | 4.8 | 62.0 | 100.0 |
| Central African Republic | CAF | 622,305.3 | 17.8 | 0.0 | 0.0 |
| Chad | TCD | 1,263,316.2 | 9.5 | 0.0 | 0.1 |
| Chile | CHL | 709,557.6 | 14.2 | 0.1 | 1.0 |
| China | CHN | 9,287,110.1 | 16.4 | 1.3 | 5.3 |
| Colombia | COL | 1,127,135.5 | 20.4 | 0.2 | 1.3 |
| Comoros | COM | 1,608.0 | 0.0 | - | - |
| Congo | COD | 2,290,587.1 | 11.8 | 0.1 | 0.3 |
| Cook Islands | COK | 600.7 | 0.1 | 99.8 | 100.0 |
| Costa Rica | CRI | 50,334.9 | 30.0 | 2.6 | 14.2 |
| Côte d'Ivoire (Ivory Coast) | CIV | 318,968.6 | 22.8 | 0.2 | 1.4 |
| Croatia | HRV | 58,465.7 | 8.5 | 7.9 | 38.0 |
| Cuba | CUB | 108,352.9 | 13.8 | 1.4 | 7.9 |
| Cyprus | CYP | 9,106.5 | 11.1 | 10.3 | 42.9 |
| Czech Republic | CZE | 78,457.9 | 15.9 | 13.9 | 84.3 |
| Denmark | DNK | 41,125.3 | 5.5 | 20.9 | 100.0 |
| Djibouti | DJI | 21,528.8 | 0.0 | - | - |
| Dominica | DMA | 737.8 | 21.9 | 13.3 | 48.9 |
| Dominican Republic | DOM | 47,756.0 | 14.1 | 5.2 | 20.4 |
| East Timor | TLS | 14,682.4 | 1.4 | 0.0 | 0.0 |
| Ecuador | ECU | 253,745.5 | 24.6 | 4.1 | 12.6 |
| Egypt | EGY | 974,796.6 | 5.9 | 0.6 | 3.5 |
| El Salvador | SLV | 19,966.2 | 2.3 | 12.3 | 54.7 |
| Equatorial Guinea | GNQ | 26,778.3 | 18.5 | 0.0 | 0.0 |
| Eritrea | ERI | 121,662.7 | 4.8 | 0.0 | 0.0 |
| Estonia | EST | 42,621.8 | 18.1 | 2.7 | 24.9 |
| Ethiopia | ETH | 1,124,563.3 | 18.0 | 0.1 | 0.6 |
| Falkland Islands | FLK | 11,201.1 | 0.3 | 2.2 | 81.0 |
| Faroe Islands | FRO | 1,218.7 | 0.0 | - | - |
| Fiji Islands | FJI | 17,504.9 | 1.3 | 8.2 | 23.8 |
| Finland | FIN | 307,667.3 | 9.5 | 1.1 | 10.9 |
| France | FRA | 542,861.9 | 18.6 | 14.6 | 74.0 |
| French Guiana | GUF | 82,798.1 | 6.6 | 0.6 | 1.8 |
| French Polynesia | PYF | 2,975.4 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| Gabon | GAB | 262,189.5 | 14.5 | 2.3 | 5.4 |
| Gambia | GMB | 10,415.4 | 2.1 | 0.0 | 0.5 |
| Georgia | GEO | 68,522.5 | 3.6 | 0.9 | 13.9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Germany | DEU | 353,703.0 | 49.9 | 16.1 | 87.1 |
| Ghana | GHA | 231,433.1 | 15.0 | 0.1 | 1.5 |
| Gibraltar | GIB | 4.3 | 0.0 | - | - |
| Greece | GRC | 127,477.8 | 3.5 | 11.1 | 62.5 |
| Greenland | GRL | 347,844.3 | 45.9 | 0.0 | 0.0 |
| Grenada | GRD | 301.5 | 2.5 | 44.5 | 100.0 |
| Guadeloupe | GLP | 1,661.8 | 13.7 | 41.4 | 100.0 |
| Guam | GUM | 511.5 | 10.8 | 79.4 | 100.0 |
| Guatemala | GTM | 107,903.9 | 31.0 | 1.3 | 6.6 |
| Guernsey | GGY | 157.6 | 0.0 | - | - |
| Guinea | GIN | 245,202.6 | 6.8 | 0.2 | 0.9 |
| Guinea-Bissau | GNB | 33,077.7 | 14.6 | 0.2 | 1.9 |
| Guyana | GUY | 207,821.7 | 3.2 | 0.0 | 0.0 |
| Haiti | HTI | 26,695.9 | 0.4 | 7.3 | 18.8 |
| Honduras | HND | 111,239.9 | 17.3 | 1.5 | 8.2 |
| Hong Kong | HKG | 939.8 | 38.5 | 88.2 | 100.0 |
| Hungary | HUN | 91,606.3 | 5.0 | 6.6 | 51.1 |
| Iceland | ISL | 89,126.5 | 8.7 | 1.4 | 13.7 |
| India | IND | 3,205,473.9 | 5.0 | 3.1 | 13.5 |
| Indonesia | IDN | 1,871,071.4 | 13.9 | 0.5 | 2.9 |
| Iran | IRN | 1,614,078.6 | 6.8 | 3.3 | 15.9 |
| Iraq | IRQ | 428,332.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ireland | IRL | 67,789.8 | 0.9 | 4.2 | 42.8 |
| Isle of Man | IMN | 537.1 | 0.0 | - | - |
| Israel | ISR | 21,892.9 | 16.7 | 12.0 | 52.8 |
| Italy | ITA | 296,251.9 | 7.9 | 13.9 | 68.6 |
| Jamaica | JAM | 10,920.5 | 18.6 | 20.0 | 57.3 |
| Japan | JPN | 365,877.8 | 15.7 | 18.9 | 69.7 |
| Jordan | JOR | 89,686.2 | 9.0 | 6.1 | 22.2 |
| Kazakhstan | KAZ | 2,632,158.1 | 2.4 | 2.3 | 14.4 |
| Kenya | KEN | 579,655.0 | 11.4 | 0.4 | 3.0 |
| Kiribati | KIR | 756.0 | 16.9 | 0.0 | 0.0 |
| Korea, North | PRK | 121,147.3 | 2.2 | 0.1 | 1.0 |
| Korea, South | KOR | 96,783.0 | 4.0 | 8.5 | 40.7 |
| Kosovo | KSV | 196.0 | 0.0 | - | - |
| Kuwait | KWT | 17,216.7 | 1.6 | 11.6 | 54.1 |
| Kyrgyzstan | KGZ | 182,038.1 | 3.3 | 2.8 | 22.4 |
| Lao Peoples Democratic Republic | LAO | 229,196.3 | 15.4 | 0.0 | 0.2 |
| Latvia | LVA | 63,411.6 | 14.3 | 5.4 | 39.0 |
| Lebanon | LBN | 10,219.6 | 0.5 | 1.5 | 20.6 |
| Lesotho | LSO | 30,574.9 | 0.5 | 0.0 | 0.6 |
| Liberia | LBR | 95,973.0 | 18.2 | 0.0 | 0.0 |
| Libyan Arab Jamahiriya | LBY | 1,619,439.3 | 0.1 | 7.2 | 36.5 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Liechtenstein | LIE | 163.5 | 20.7 | 25.8 | 100.0 |
| Lithuania | LTU | 64,396.9 | 4.3 | 3.6 | 36.1 |
| Luxembourg | LUX | 2,585.7 | 15.5 | 31.2 | 100.0 |
| Macau | MAC | 11.7 | 0.0 | - | - |
| Macedonia | MKD | 24,662.0 | 3.5 | 8.3 | 67.3 |
| Madagascar | MDG | 589,315.9 | 3.0 | 0.0 | 0.0 |
| Malawi | MWI | 95,038.5 | 18.3 | 0.6 | 2.7 |
| Malaysia | MYS | 327,718.8 | 17.0 | 3.1 | 11.9 |
| Maldives | MDV | 13.5 | 0.0 | - | - |
| Mali | MLI | 1,247,885.3 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| Malta | MLT | 274.9 | 8.9 | 0.0 | 0.0 |
| Marshall Islands | MHL | 53.5 | 0.0 | - | - |
| Martinique | MTQ | 1,091.1 | 34.3 | 97.8 | 100.0 |
| Mauritania | MRT | 1,042,488.3 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| Mauritius | MUS | 1,919.7 | 4.6 | 14.6 | 83.7 |
| Mayotte | MYT | 339.5 | 2.1 | 0.0 | 0.0 |
| Mexico | MEX | 1,936,200.2 | 7.0 | 2.3 | 10.9 |
| Micronesia | FSM | 562.2 | 1.4 | 50.8 | 100.0 |
| Moldova | MDA | 33,286.3 | 1.2 | 0.6 | 25.8 |
| Monaco | MCO | 5.0 | 11.4 | 100.0 | 100.0 |
| Mongolia | MNG | 1,547,320.0 | 12.8 | 0.0 | 0.3 |
| Montenegro | MNE | 13,435.8 | 12.4 | 8.1 | 41.8 |
| Montserrat | MSR | 95.0 | 8.7 | 100.0 | 100.0 |
| Morocco | MAR | 672,230.6 | 3.1 | 1.6 | 6.6 |
| Mozambique | MOZ | 771,981.0 | 15.8 | 0.0 | 0.0 |
| Myanmar | MMR | 661,502.5 | 4.6 | 0.8 | 3.7 |
| Namibia | NAM | 826,004.4 | 14.0 | 0.1 | 0.6 |
| Nauru | NRU | 15.0 | 0.0 | - | - |
| Nepal | NPL | 138,086.7 | 14.6 | 0.2 | 2.1 |
| Netherlands | NLD | 33,821.8 | 8.4 | 24.0 | 100.0 |
| Netherlands Antilles | ANT | 747.8 | 12.7 | 59.4 | 100.0 |
| New Caledonia | NCL | 18,347.7 | 5.5 | 6.5 | 32.7 |
| New Zealand | NZL | 259,623.7 | 7.7 | 0.3 | 2.0 |
| Nicaragua | NIC | 117,854.5 | 18.1 | 0.4 | 2.9 |
| Niger | NER | 1,184,472.3 | 7.1 | 0.0 | 0.0 |
| Nigeria | NGA | 899,139.2 | 13.4 | 0.6 | 2.7 |
| Niue | NIU | 250.8 | 22.0 | 0.0 | 0.0 |
| Norfolk Island | NFK | 35.1 | 10.3 | 20.8 | 100.0 |
| Northern Mariana Islands | MNP | 393.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| Norway | NOR | 305,297.5 | 5.9 | 0.5 | 10.6 |
| Oman | OMN | 313,255.4 | 10.5 | 0.1 | 0.6 |
| Pakistan | PAK | 788,320.4 | 10.0 | 2.2 | 12.8 |
| Palau | PLW | 401.3 | 1.1 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Palestinian Territory | PSE | 6,008.6 | 0.1 | 9.1 | 62.1 |
| Panama | PAN | 73,194.4 | 24.2 | 2.6 | 7.1 |
| Papua New Guinea | PNG | 458,149.7 | 10.7 | 0.3 | 1.3 |
| Paraguay | PRY | 395,107.3 | 5.3 | 0.5 | 1.6 |
| Peru | PER | 1,274,168.1 | 12.3 | 0.1 | 1.5 |
| Philippines | PHL | 289,287.2 | 9.5 | 1.0 | 6.4 |
| Pitcairn Island | PCN | 35.0 | 0.0 | - | - |
| Poland | POL | 309,261.8 | 21.7 | 8.2 | 53.0 |
| Portugal | PRT | 90,472.9 | 6.2 | 19.0 | 69.2 |
| Puerto Rico | PRI | 8,809.8 | 5.7 | 60.9 | 100.0 |
| Qatar | QAT | 11,075.3 | 0.3 | 7.7 | 69.3 |
| Republic of Congo | COG | 340,467.7 | 11.7 | 0.0 | 0.0 |
| Reunion | REU | 2,506.4 | 16.2 | 7.9 | 45.8 |
| Romania | ROU | 235,538.6 | 7.8 | 3.3 | 25.8 |
| Russia | RUS | 16,379,688.0 | 8.7 | 1.0 | 6.5 |
| Rwanda | RWA | 23,877.5 | 10.1 | 0.0 | 0.3 |
| Saint Helena | SHN | 329.4 | 10.6 | 24.3 | 31.4 |
| Saint Kitts and Nevis | KNA | 254.6 | 2.0 | 0.0 | 39.7 |
| Saint Lucia | LCA | 595.3 | 14.6 | 39.5 | 100.0 |
| Samoa | WSM | 2,798.1 | 2.6 | 1.2 | 26.6 |
| San Marino | SMR | 58.7 | 0.0 | - | - |
| Sao Tome and Principe | STP | 956.9 | 0.0 | - | - |
| Saudi Arabia | SAU | 1,955,635.0 | 30.4 | 1.0 | 3.4 |
| Senegal | SEN | 195,552.1 | 24.6 | 0.1 | 0.8 |
| Serbia and Montenegro | SCG | 87,396.7 | 2.1 | 7.3 | 44.1 |
| Seychelles | SYC | 173.3 | 16.9 | 26.3 | 100.0 |
| Sierra Leone | SLE | 71,839.0 | 5.0 | 0.7 | 4.3 |
| Singapore | SGP | 546.3 | 5.4 | 98.9 | 100.0 |
| Slovakia | SVK | 48,749.3 | 18.6 | 5.8 | 48.7 |
| Slovenia | SVN | 20,232.1 | 6.3 | 6.6 | 44.5 |
| Solomon Islands | SLB | 27,383.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| Somalia | SOM | 635,490.0 | 0.6 | 0.0 | 0.1 |
| South Africa | ZAF | 1,217,886.7 | 6.8 | 3.1 | 16.9 |
| Spain | ESP | 501,117.2 | 8.5 | 13.1 | 53.0 |
| Sri Lanka | LKA | 64,649.5 | 21.1 | 2.1 | 10.0 |
| St. Pierre and Miquelon | SPM | 197.5 | 15.9 | 1.9 | 54.2 |
| St. Vincent and Grenadines | VCT | 397.8 | 11.6 | 0.0 | 82.7 |
| Sudan | SDN | 2,498,341.0 | 4.2 | 0.0 | 0.2 |
| Suriname | SUR | 140,430.9 | 11.6 | 0.5 | 2.7 |
| Svalbard and Jan Mayen | SJM | 25,776.6 | 56.1 | 0.0 | 0.0 |
| Swaziland | SWZ | 17,381.6 | 3.0 | 5.1 | 62.2 |
| Sweden | SWE | 418,652.8 | 10.1 | 2.9 | 22.1 |
| Switzerland | CHE | 38,146.3 | 21.5 | 11.5 | 73.3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Syrian Arab Republic | SYR | 185,465.5 | 0.3 | 40.4 | 100.0 |
| Taiwan | TWN | 35,750.0 | 11.6 | 6.6 | 12.0 |
| Tajikistan | TJK | 126,413.6 | 3.5 | 0.3 | 3.1 |
| Tanzania | TZA | 888,824.1 | 33.1 | 0.1 | 0.7 |
| Thailand | THA | 510,716.8 | 19.8 | 1.3 | 7.4 |
| Togo | TGO | 57,215.4 | 11.2 | 0.5 | 3.0 |
| Tokelau | TKL | 3.4 | 0.0 | - | - |
| Tonga | TON | 546.5 | 8.1 | 7.1 | 13.5 |
| Trinidad and Tobago | TTO | 5,064.8 | 30.5 | 19.1 | 57.5 |
| Tunisia | TUN | 154,738.6 | 1.2 | 13.5 | 44.0 |
| Turkey | TUR | 767,476.7 | 1.8 | 12.6 | 48.2 |
| Turkmenistan | TKM | 484,568.3 | 2.9 | 0.3 | 3.9 |
| Turks and Caicos Islands | TCA | 425.2 | 17.3 | 1.6 | 10.9 |
| Tuvalu | TUV | 12.8 | 0.0 | - | - |
| Uganda | UGA | 206,201.5 | 28.3 | 0.2 | 0.6 |
| Ukraine | UKR | 586,136.5 | 3.3 | 6.6 | 39.9 |
| United Arab Emirates | ARE | 78,214.2 | 1.4 | 22.6 | 55.8 |
| United Kingdom | GBR | 243,544.3 | 24.5 | 13.1 | 72.7 |
| United States | USA | 9,145,728.1 | 22.0 | 3.4 | 16.8 |
| Uruguay | URY | 173,595.8 | 0.2 | 3.9 | 18.2 |
| Uzbekistan | UZB | 414,196.6 | 2.3 | 7.1 | 28.6 |
| Vanuatu | VUT | 11,676.1 | 4.2 | 5.3 | 30.4 |
| Venezuela | VEN | 899,451.1 | 53.4 | 4.5 | 13.8 |
| Vietnam | VNM | 325,602.9 | 5.6 | 0.3 | 1.2 |
| Virgin Islands, British | VGB | 116.8 | 4.6 | 22.4 | 55.4 |
| Virgin Islands, U.S. | VIR | 322.2 | 13.3 | 90.2 | 100.0 |
| Wallis and Futuna Islands | WLF | 153.9 | 0.0 | - | - |
| Yemen | YEM | 416,617.2 | 0.6 | 0.7 | 5.4 |
| Zambia | ZMB | 740,756.5 | 36.2 | 0.2 | 1.1 |
| Zimbabwe | ZWE | 388,019.5 | 27.0 | 0.3 | 1.9 |

Table colors: Red - negative index values (PAI<10, PALI>10, PAHI>10); Green - positive index values (PAI>20, PALI<1, PAHI<1)
* The first line ('World') shows the index values for the total land area, the other lines show the index values on country level

Table 5: List of PALI and PAHI along with numbers on total land area and percent area protected (PAI) on country level.

Folio Nº 1829

# LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS ACTUALES ÁREAS PROTEGIDAS DE CHILE

## Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile

GEF

PNUD

Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

Folio Nº 1832

# La Situación Jurídica de las Actuales Áreas Protegidas de Chile


Consultoría:

Sergio Praus
Mario Palma
Rodolfo Domínguez

Parque Nacional Torres del Paine, Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes.

PROYECTO GEF-PNUD-MMA

**"CREACIÓN DE UN SISTEMA NACIONAL INTEGRAL DE ÁREAS PROTEGIDAS PARA CHILE"**

DICIEMBRE 2011


Fondo del Medio Ambiente Mundial

GEF

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUD

Gobierno de Chile
Ministerio del Medio Ambiente

Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

Folio Nº 1833

# LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS ACTUALES ÁREAS PROTEGIDAS DE CHILE

ISBN: 978-956-7469-36-9

**Consultor:**
Sergio Praus
Mario Palma
Rodolfo Domínguez

**Diseño, Diagramación e Impresión:**
Andros Impresores

Diciembre, 2011
Santiago de Chile

El documento que se incluye en esta publicación corresponde a un informe técnico elaborado por consultores en el marco del Proyecto GEF-PNUD-MMA "Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional". Por lo tanto, no representa necesariamente la opinión de las instituciones públicas, privadas e internacionales que participan del proyecto.

# ÍNDICE


## PRESENTACIÓN

*Leonel Sierralta J.*, Ministerio del Medio Ambiente (MMA) 9

## INTRODUCCIÓN: HACIA UN SISTEMA NACIONAL INTEGRAL DE ÁREAS PROTEGIDAS PARA CHILE

*Rafael Asenjo Z.,* Coordinador Nacional
*Fernando Valenzuela V.,* Asistente de Gestión 13
Proyecto GEF-PNUD-MMA "Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile"

## LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS ACTUALES ÁREAS PROTEGIDAS DE CHILE

RESUMEN EJECUTIVO 19
TABLA DE ABREVIATURAS 33

INTRODUCCIÓN 35

I. MARCO CONCEPTUAL 36

1.1. Alcances del Presente Estudio 36
1.2. Categorías de Áreas Protegidas objeto de este Estudio 37

II. DIAGNÓSTICO JURÍDICO GENERAL 39

2.1. Una visión general del escenario jurídico asociado a las AP y las reformas a la institucionalidad pública ambiental 39

2.2. Concepto de Área Protegida 45

2.3. Marco Jurídico de Derecho Internacional Público 50
2.3.1. Tratados o Convenciones que directamente se relacionan con las AP 50
2.3.2. Instrumentos de política y planificación internacionales que directamente se relacionan con las AP 68

2.3.3. Tratados o Convenciones relacionados con el libre comercio que son relevantes en materia de AP 72

2.4. Políticas y Planes de Acción vigentes en Chile 81
2.4.1. Estrategia Nacional de Biodiversidad 81
2.4.2. Plan de acción de país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015 83
2.4.3. Informes de la OCDE 84
2.4.4. Política Nacional de Áreas Protegidas 86

III. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO 89

3.1.Parques Nacionales 89
3.2.Reservas Nacionales 92
3.3.Reservas de Bosques o Reservas Forestales 93
3.4.Monumentos Naturales 96
3.5.Reservas de Regiones Vírgenes 97
3.6. Bienes Nacionales Protegidos o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental 98
3.7. Santuarios de la Naturaleza 102
3.8. Humedales de Importancia Internacional o Sitios RAMSAR 103
3.9. Reservas de la Biosfera 106
3.10. Parques Marinos 108
3.11. Reservas Marinas 110
3.12. Áreas Marino-Costeras Protegidas de Múltiples Usos 113
3.13. Áreas Protegidas Privadas 115

IV. CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PROBLEMAS JURÍDICOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN CHILE CONSIDERADAS POREL PROYECTO GEF-SNAP Y ALGUNAS PROPUESTAS PARA SU ABORDAJE 117

4.0. Tipologías de Problemas y su Clasificación 117

4.1. Problemas de carácter general 118
4.1.1. Ausencia de una Estructura Jurídico-Institucional 118
4.1.2. Mecanismos de Afectación y Desafectación 121

4.1.3. Aspectos Jurídicos en relación a Creación y Gestión de las AP Marinas 125
4.1.4. Ausencia de regulaciones para incorporar formalmente iniciativas privadas al Sistema Nacional de AP 125
4.1.5. Superposición de competencias de protección de determinadas AP 128
4.1.6. Debilidad de normas sancionadoras 128

4.2. Problemas específicos asociados a cada categoría de AP
4.2.1. Parques Nacionales 129
4.2.2. Reservas Nacionales 129
4.2.3. Reservas Forestales 130
4.2.4. Monumentos Naturales 130
4.2.5. Reservas de Regiones Vírgenes 130
4.2.6. Bienes Nacionales Protegidos 131
4.2.7. Santuarios de la Naturaleza 131
4.2.8. Humedales de Importancia Internacional Sitios Ramsar 132
4.2.9. Reservas de la Biosfera 132
4.2.10. Parques Marinos 133
4.2.11. Reservas Marinas 133
4.2.12. Áreas Marino-Costeras de Múltiples Usos 134
4.2.13. Áreas Protegidas Privadas 134

4.3. Problemas jurídicos específicos que afectan a las unidades en cada categoría 135
4.3.1. Problemas de dominio 136
4.3.2. Problemas de cabida o superficie 141
4.3.3. Problemas de superposición de categorías 143
4.3.4. Problemas de ocupación y de acceso 149
4.3.5. Solicitudes de desafectación 151
4.3.6. Litigios 151
4.3.7. Problemas varios 152

V. CONCLUSIONES 156

VI. DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA DE RESPALDO 166

ANEXOS
Anexo N° 1 Ficha de cada Unidad en las Distintas Categorías de AP 169
Anexo N° 2 Tablas de Tipología de Problemas detectados en AP del SNASPE 403
Anexo N° 3 Tablas y Gráficos Complementarios 447
CD Anexo 1.1. Decretos-AP

# PRESENTACIÓN

Desde la pionera creación de la Reserva de Malleco en los albores del siglo pasado, hasta la reciente creación, durante este gobierno, del Parque Marino Motu Motiro Hiva y del Parque Nacional Alerce Costero, la historia de las áreas protegidas en Chile cubre un variado repertorio de unidades, creadas con variados propósitos y por diversas instituciones.

Esta historia es más antigua en el ámbito de la protección de los ecosistemas terrestres donde, desde diversos Ministerios, se han creado figuras para excluir ciertos usos en áreas naturales, sea para efectos de reservar maderas, proteger las aguas, favorecer el turismo o proteger componentes de su diversidad biológica. Incluso desde ministerios hoy inexistentes, como el de Tierras y Colonización, el Estado de Chile se abocó a la tarea a la que posteriormente se incorporaron el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Ministerio de Educación y que, desde 2010, se concentra progresivamente en este Ministerio.

A mediados de la década de los ochenta, se produce un primer reordenamiento importante con la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), sistema que considera las categorías de Parque Nacional, Reserva Nacional, Monumento Natural y Reserva de Regiones Vírgenes. Aunque su texto constitutivo contenido en la Ley 18.362 de 1984 nunca entró en vigencia, pues ello estaba sujeto a la condición de que la Corporación Nacional Forestal adoptara el carácter de servicio público, la administración del SNASPE sí representa un programa de Corporación Nacional Forestal, que por esta vía administra cien unidades cuya superficie total representa prácticamente una quinta parte del territorio continental. El último de los cuales, el Parque Nacional Alerce Costero, creado en este gobierno protege casi veinticinco mil hectáreas de la cordillera de la Costa de la Región de Los Ríos, un área de refugio glaciar que atesora *in situ* una historia evolutiva anterior a las últimas glaciaciones.

A este sistema se suman las unidades que administra el Ministerio de Bienes Nacionales a través de la figura de Bienes Nacionales Protegidos y las unidades cuya tuición mantiene el Ministerio de Educación a través del Consejo de Monumentos Nacionales, que incluye tanto propiedad pública como privada. Finalmente, diversos actores privados destinan sus propiedades a objetivos de conservación creando en algunos casos organizaciones gremiales para tales efectos.

En el ámbito costero marino, las modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892, cuyo texto refundido fue fijado por el Decreto Supremo Nº 430 de 1991, introdujeron las figuras de Parque Marino y Reserva Marina. La figura de Reserva Marina comienza a aplicarse desde 1997, y si bien en un inicio mantuvo la lógica asociada a la

protección de bancos naturales de recursos bentónicos que el Servicio Nacional de Pesca cautelaba desde los ochenta a través de las Reservas Genéticas, con la creación en el 2005 de la Reserva Marina de la Isla Chañaral y la Reserva Marina de la Islas Choro y Damas, empiezan ya a plantearse en contextos de conservación más amplios.

En 2003, en el marco de la preparación del proyecto GEF "Conservación de la Biodiversidad de Importancia Mundial a lo largo de la Costa Chilena", se crea el primer Parque Marino, el Parque Marino Francisco Coloane. Este conforma el área núcleo de un Área Marina Protegida de Usos Múltiples, figura de protección de espacios marinos y costeros creada en la lógica de extender a la gestión de la biodiversidad la visión transversal de la gestión ambiental que incorpora a mediados de los noventa la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, permitiendo con ello superar las barreras que significaban la dispersión de competencias sectoriales.

Apoyándose en la Política Nacional de Uso del Borde Costero, se establece un acto administrativo al que concurren simultáneamente los diferentes ministerios con competencias involucradas, para crear espacios marinos y costeros protegidos.

En tanto, el Ministerio de Defensa también estableció en la década pasada Áreas Costeras y Marinas Protegidas, tanto para darle una figura de protección a concesiones de costa entregadas a estaciones científicas como la AMCP establecida en torno a la estación experimental Las Cruces en la Quinta Región de Valparaíso (2006) y la establecida en el Fiordo Comau en torno al centro científico de la Fundación Huinay, así como para incluir los que denominó Parques Submarinos, establecidos en isla de Pascua en 1999. Finalmente en 2010, el gobierno del Presidente Piñera crea el Parque Marino Motu Motiro Hiva, en torno a las islas Salas y Gómez, que con una extensión de 150 mil km$^2$ representa un 4% del territorio marítimo del país, superando en más de dos órdenes de magnitud toda la superficie costera marina protegida establecida hasta entonces en el país, un poco menos de mil km$^2$.

Debe considerarse además que frente a las limitaciones de la legislación sectorial, la administración de estas iniciativas se ha apoyado en la legislación internacional ratificada por nuestro país. Como veíamos, han sido relevantes tanto la Convención de Washington para la Protección de Flora y Fauna y las Bellezas Escénicas de América de 1940 que Chile ratifica en 1967, así como el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste de 1989, ratificado por Chile en 1993. A otro nivel han sido importantes la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas o de Ramsar y el establecimiento de Reservas de Biosfera en el marco del programa Hombre y Biosfera de Unesco.

En sus inicios, la creación de figuras de protección asociadas a estos dos convenios se limitaron a áreas del SNASPE en una lógica de reforzamiento mutuo. En la última década la aplicación de estos convenios adquiere cierta autonomía del SNASPE y apuntan a favorecer lo que, en términos de las recomendaciones que nos hace en la Evaluación de Desempeño Ambiental de 2005 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

(OCDE), sería "acelerar el avance hacia el establecimiento de un sistema eficaz de ordenamiento territorial que sea capaz de incorporar los valores de la diversidad biológica".

Así por ejemplo las 7 Reservas de la Biosfera establecidas en la década de los ochenta agrupaban unidades del SNASPE, pero las dos Reservas establecidas desde 2005, si bien incluyen unidades del SNASPE, abarcan áreas más amplias. Por ejemplo, la reserva Cabo de Hornos establecida en el 2005 sobre 4,9 millones de hectáreas, si bien considera un área núcleo conformada por los parques Nacionales Alberto de Agostini y Cabo de Hornos, considera adicionalmente un gran mosaico de ecosistemas marinos y costeros representativos de la región subantártica, ilustrando el potencial de integración de áreas costeras del SNASPE. Una situación similar ocurre a nivel de los humedales Ramsar.

Esta enorme dispersión legislativa y de actores que el estudio presenta exhaustivamente, nos señala la magnitud de la tarea que enfrenta este Ministerio, llamado a implementar un sistema unificado y coherente para proteger la biodiversidad nacional, independiente si se trata de ecosistemas terrestres, costero-marinos o dulceacuícolas, de propiedad pública o privada.

A ese respecto, queremos agradecer el apoyo del Fondo del Medio Ambiente Mundial que financió este estudio en el marco del proyecto Creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas para Chile que lidera nuestro Ministerio. Queremos asimismo agradecer a don Sergio Praus, abogado de larga trayectoria y protagonismo en nuestra legislación ambiental, que no se limitó a dar cuenta de la gran variedad de reglamentación de distinto rango normativo que de alguna manera regula el conjunto de las áreas protegidas que se busca incluir en el nuevo Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, a dar un diagnóstico de las principales carencias y proponer la forma de abordarlas, sino que además avanza en el esclarecimiento de la situación jurídica que afecta a cada una de las unidades en particular.

Estamos seguros de que este estudio representará un aporte a la implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas cuya administración dependerá del Servicio de Biodiversidad y Áreas protegidas que se tramita actualmente en el Congreso Nacional.

*Leonel Sierralta J.*

Jefe División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad
Ministerio del Medio Ambiente

Folio Nº 1842

# INTRODUCCIÓN

## HACIA UN SISTEMA NACIONAL INTEGRAL DE ÁREAS PROTEGIDAS PARA CHILE

Chile ha desarrollado un conjunto de instituciones y normas que protegen los recursos naturales y regulan los impactos de los diferentes sectores productivos sobre el ambiente. Uno de los instrumentos de gestión desarrollados corresponde a la creación o afectación de territorios como áreas protegidas (AP), las que pueden ser definidas como espacios geográficos claramente definidos, reconocidos, dedicados y gestionados para conseguir la conservación a largo plazo de la diversidad biológica, del patrimonio natural y cultural asociado, y de sus servicios ecosistémicos[1].

En la actualidad, y fruto de una tradición centenaria, existe en Chile una gran variedad de subsistemas o redes de áreas protegidas, siendo el más importante el denominado Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), con 100 unidades de AP que cubren más de 14,5 millones de hectáreas, y que es administrado en la actualidad por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). El SNASPE y otros esfuerzos públicos como Santuarios de la Naturaleza, Bienes Nacionales Protegidos, Parques y Reservas Marinas, entre otros, representan en conjunto 20,7% del territorio nacional continental y 4% del mar territorial chileno, que están bajo alguna categoría de protección de la biodiversidad. También existen iniciativas privadas de conservación, pero que no tienen hasta la fecha un reconocimiento legal.

A partir de la Política Nacional de Áreas Protegidas de 2005 y de la nueva institucionalidad ambiental que crea el Ministerio del Medio Ambiente en 2010, se está promoviendo en Chile un cambio desde una red difusa de AP públicas a un Sistema Nacional de AP en el cual las áreas protegidas terrestres, costero-marinas, públicas y privadas del país sean manejadas de manera integrada y las responsabilidades sean compartidas entre los diferentes actores involucrados. El país está buscando consolidar las AP que conserven los ecosistemas y la biodiversidad bajo diferentes tipos de propiedad y administración, y que sean manejadas bajo estándares nacionales para cumplir las metas de conservación del país, de manera eficiente en cuanto a costos. No obstante, diagnósticos recientes sobre la representatividad ecosistémica, el nivel de financiamiento, la efectividad de manejo y las capacidades disponibles en los actuales subsistemas de AP, tanto en el ámbito terrestre

1 Por servicios ecosistémicos se entienden aquellos procesos y propiedades ecológicos que caracterizan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, y que se incorporan o podrían incorporarse en la producción y la distribución de beneficios materiales e inmateriales para los seres humanos (basado en Quétier, F. *et. al,* 2007).

como en el costero-marino, incluyendo esfuerzos públicos y privados, evidencian barreras importantes de superar, entre las que destacan las siguientes:

- La mayor parte de la superficie protegida se concentra en la zona sur y austral del país, a pesar de que las zonas centro y norte presentan mayor diversidad biológica y endemismo, siendo además zonas calificadas como *hotspot* tanto por su biodiversidad como por las amenazas a su conservación a nivel mundial. En estas zonas menos protegidas, la propiedad privada es mayoritaria, siendo, por lo tanto, necesario impulsar iniciativas de promoción y articulación de esfuerzos privados de conservación;
- Si bien una parte importante de las AP cuenta en la actualidad con planes de manejo, éstos se han generado, a través de los años, a partir de enfoques metodológicos diversos y, en muchos casos, no abordan en detalle la planificación de las diferentes zonas al interior del AP, no cuentan con estimaciones robustas de los costos involucrados en las actividades de conservación y, en general, no se basan en estándares definidos para cada categoría de AP;
- Las condiciones y los recursos financieros y materiales con que se efectúa el manejo de las AP, no permiten en la actualidad, en general, verificar si la biodiversidad está siendo conservada o si se están enfrentando adecuadamente las amenazas sobre ella a nivel de cada AP;
- Existe una brecha de financiamiento del esfuerzo público que difícilmente puede ser superada sólo con incremento del presupuesto público, requiriendo para ello innovar en las fuentes de financiamiento;
- Si bien hay una enorme motivación en el personal a cargo de las AP, su régimen de trabajo y su cantidad es insuficiente para asegurar su manejo adecuado, existiendo zonas en las que es prácticamente imposible controlar accesos y actividades al interior de las áreas;
- Existe en la actualidad una brecha entre la temática de la producción científica y las prioridades de investigación y generación de conocimiento para la toma de decisiones en las AP del país, siendo necesario sistematizar y retroalimentar la información de base e incentivar la producción de conocimiento de acuerdo a objetivos nacionales de conservación; y
- En el ámbito costero-marino, las situaciones señaladas son aún más críticas, lo que además se suma a la falta de integración institucional, financiera y operativa con el ámbito terrestre, lo que dificulta avanzar en la superación de las brechas de representatividad ecosistémica.

La tarea de avanzar de manera decidida en la creación de un sistema integral de AP bajo estándares de sostenibilidad técnica y financiera que supere las barreras señaladas para asegurar un sistema robusto, capaz de asegurar la conservación de la biodiversidad en el largo plazo, requiere una revisión sustantiva de la fortaleza jurídica de las actuales AP.

La debilidad jurídica de las AP puede frenar u obstaculizar el desarrollo efectivo del manejo de las mismas. A modo de ejemplo, un estudio reciente[2] ha demostrado el enorme valor que tienen las AP del país, estimando que el conjunto actual de AP, públicas y privadas, ofrecen bienes y servicios ecosistémicos equivalentes a más de US$ 2.000 millones al año. Esto muestra que los aportes públicos y privados en las AP constituyen una inversión y no un gasto, siendo, por tanto, un factor de desarrollo local, regional y nacional. Sin embargo, la incorporación de mecanismos o sistemas de pago por servicios ecosistémicos que permitan efectivamente impulsar procesos de desarrollo en los territorios donde están las AP, requieren de marcos legales innovadores y también de certezas jurídicas de los límites y funciones de cada una de las diferentes categorías de AP. Históricamente, la expansión de las ciudades, las actividades agrícolas y forestales, el desarrollo minero y acuícola, la industria del turismo, entre otras actividades humanas, a la vez que dependen en gran medida de los bienes y servicios ecosistémicos que proveen las AP, podrían constituir amenazas para la integridad de los ecosistemas protegidos si no se cuenta con reglas claras y normadas para determinar la compatibilidad de las actividades dentro y en el entorno de las AP.

Reconociendo la relevancia de esta situación, el Proyecto GEF-SNAP encargó el presente estudio que entrega una visión panorámica, y a la vez detallada, de la situación jurídica de las actuales áreas protegidas del país. Mediante un análisis exhaustivo, los consultores Sergio Praus, Mario Palma y Rodolfo Domínguez sistematizan los principales hallazgos en áreas tanto del SNASPE (Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Forestales, Monumentos Naturales), como de otras categorías existentes de AP (Bienes Nacionales Protegidos, Santuarios de la Naturaleza, Humedales de Importancia Internacional o Sitios Ramsar, Reservas de la Biosfera, Parques Marinos, Reservas Marinas, Áreas Marino-Costeras Protegidas de Múltiple Uso y Áreas Protegidas Privadas). La gran heterogeneidad jurídica de los esfuerzos de conservación *in situ*, refleja la complejidad que tiene el proceso de armonización y racionalización con el propósito de avanzar hacia un Sistema Nacional Integral de AP.

Por cierto, la identificación de las situaciones específicas en cada caso constituye una herramienta clave a la hora de apoyar la toma de decisiones respecto de los esfuerzos que se deberán llevar adelante para facilitar la obtención de un marco político-estratégico y legal que dé cuenta del escenario deseado para el SNAP, el que se expresa como un sistema reconocido, nacional e internacionalmente, por su capacidad efectiva de conservar muestras representativas de la diversidad biológica, el patrimonio natural y su patrimonio

2 Proyecto GEF-PNUD-MMA-SNAP, 2010. *Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile*. Consultor: Eugenio Figueroa B. Publicado por el Proyecto GEF-SNAP "Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile". Santiago, 232 páginas.

cultural asociado, generando oportunidades de desarrollo e incorporando los servicios ecosistémicos en la producción y distribución de beneficios para la sociedad chilena[3].

*Rafael Asenjo Z.,* Coordinador Nacional
*Fernando Valenzuela V.,* Asistente de Gestión
Proyecto GEF-PNUD-MMA
"Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile, GEF-SNAP"



3 Documento de Trabajo *"Diseño Conceptual del Sistema Nacional de Áreas Protegidas"*, elaborado por la Unidad de Administración del Proyecto GEF-SNAP (noviembre de 2010). Publicado en: GEF-PNUD-MMA, 2010. *Evaluación Ambiental Estratégica de Apoyo al Diseño del Sistema Nacional de Áreas Protegidas* (pp. 19-28).

Folio Nº 1846

# LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS ACTUALES ÁREAS PROTEGIDAS DE CHILE

# RESUMEN EJECUTIVO

## I. Alcances Generales del Estudio

Este estudio formula un diagnóstico jurídico tendiente a colaborar en la identificación de las carencias –y en lo posible las potencialidades– de la legislación que actualmente regula las áreas protegidas en Chile, con el objeto de contribuir al diseño de un "Sistema Integrado de Áreas Protegidas" públicas y privadas.

El análisis del marco jurídico que regula las áreas protegidas (las incluidas en este estudio, según se aclarará más adelante) caracteriza la situación jurídica de cada categoría de área, identificando su fundamento normativo, definición, objetivos, competencias para su administración e instrumentos y mecanismos de gestión. El análisis incorpora los instrumentos internacionales ratificados por Chile que son relevantes para la gestión de las áreas protegidas, en adelante indistintamente "AP", no tan sólo por la importancia para el Estado de Chile, como signatario de tales instrumentos de derecho internacional público, sino por la obligatoriedad de su cumplimiento. Parte del diagnóstico de la legislación chilena sobre AP se formuló teniendo en consideración estos compromisos internacionales. La evaluación de la normativa vigente, obviamente, se traslada y concentra en las normas de derecho interno en cuanto definen estatutos jurídicos para las AP. Ello implicó evaluar diversos aspectos jurídicamente regulados, como las atribuciones institucionales, instrumentos para la gestión de las AP, entre otras materias.

Lo anterior sirvió de base para identificar y clasificar los tipos de problemas jurídicos que inciden en la administración y protección de estas AP, sin dejar de mencionar, naturalmente, los vacíos y materias que no están regulados o bien cuya regulación es deficitaria, como asimismo, algunas propuestas para su abordaje. La identificación y análisis de los problemas jurídicos asociados a la gestión actual de estas AP constituye un antecedente orientado a fundamentar o sustentar reformas jurídicas para articular un sistema integrado de áreas protegidas (público-privadas).

Cabe señalar que el plazo inicial de estudio fue extendiéndose en el tiempo dada la enorme falta de información jurídica sobre muchas de las áreas, como también a la dispersión de antecedentes en distintas fuentes institucionales. Su recopilación e incorporación al trabajo –considerada esencial por el consultor y la Unidad de Administración del Proyecto (UAP)– resultaba clave para los resultados de la consultoría. De allí que una de las metodologías de trabajo, que consiste en confeccionar una ficha con información jurídica de cada "unidad" de las categorías de área protegida analizadas, pasó de ser un mero mecanismo para identificar

y sistematizar la información, a constituirse *en un producto* en sí mismo, al recoger en forma sintética la principal información jurídica de cada área, incluyendo la identificación de los problemas jurídicos que afectan o dificultan su gestión o administración. Estas fichas (una por cada AP) permiten contar –por vez primera– con un catastro jurídico unificado de las distintas unidades de AP por categoría (de aquellas incluidas en este Informe). Junto con ello se recopilaron los decretos o actos administrativos de creación o modificación de cada área, extrayéndose de ellos información valiosa para el fichaje. La ficha incluye la mención a estos decretos, los que forman parte del documento (en formato digital).

**Alcances del Estudio:** De conformidad a los Términos de Referencia (TDR), el Estudio persiguió un objetivo específico, al que se asociaron determinados resultados (productos), a través del desarrollo lógico y secuenciado de un conjunto de actividades mínimas previstas en los TDR.

El Objetivo es el siguiente:

**Objetivo: Elaborar Informe sobre la situación jurídica de las actuales "áreas silvestres protegidas", terrestres, costeras y marinas del país.**

A partir de este objetivo se precisaron los siguientes Productos Esperados:

**Producto 1:** Identificación y caracterización de la situación jurídica de las actuales "áreas protegidas", terrestres, costeras y marinas.

**Producto 2:** Informe sistematizado con una "propuesta de clasificación y abordaje de los diferentes tipos de problemas de las áreas protegidas (a nivel sistémico, institucional e individual).



## *Categorías de Áreas Protegidas objeto de Estudio*

El análisis tuvo por objeto las categorías de AP que se señalan a continuación, dado su carácter de ser las unidades "núcleo" del futuro SNAP:

1. Parques Nacionales (incluyendo Parques Nacionales de Turismo)
2. Reservas Nacionales
3. Reservas de Bosques o Reservas Forestales
4. Monumentos Naturales
5. Reservas de Regiones Vírgenes
6. Sitios Protegidos del Patrimonio Nacional o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental
7. Santuarios de la Naturaleza
8. Humedales de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR)
9. Reservas de la Biosfera
10. Parques Marinos
11. Reservas Marinas
12. Áreas Marino-Costeras Protegidas de Múltiples Usos
13. Áreas Privadas

## II. Resumen del Diagnóstico, Problemas y Principales Conclusiones

El sistema de protección de ecosistemas y hábitats en Chile ha tenido como característica histórica carecer de un sólido basamento jurídico que establezca en forma sistemática figuras adecuadas de protección de los ecosistemas estimados como valiosos o representativos. En otras palabras, no ha existido una ley que regule integralmente la materia, aun cuando en la década de 1980 se dictó la ley N° 18.362 (creaba un "Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado") que nunca entró en vigencia, ya que quedó supeditada a la dictación de otra ley –la Ley N° 18.348 que creaba la nueva CONAF–, la que tampoco entró en vigencia.

- La suscripción y ratificación de algunos convenios internacionales que definen categorías de protección, comprometieron a Chile a su cumplimiento, lo que sirvió durante algunas décadas para otorgar fundamentos jurídicos más sólidos a la débil legislación que con timidez se vino gestando desde la década de los 50. Emblemática, por decir lo menos, fue la Convención para la Protección de la Flora Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América, más conocida como "Convención de Washington", la que permitió en varios momentos una tutela jurisdiccional de áreas protegidas administradas por CONAF cuya integridad y recursos se vieron varias veces amenazados, en especial por actividades mineras. Este sistema de áreas públicas –el SNASPE, como se le denomina– además ha sido administrado por la Corporación Nacional Forestal, institución que además es una Corporación de Derecho Privado y que, como tal, no forma parte de la administración del Estado.
- No obstante lo señalado, los conceptos contenidos en la Ley de Bosques, en el Decreto Ley N° 1.939, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado; la breve referencia de la Ley 19.300 a un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas; los convenios internacionales ratificados por Chile; la administración de las AP radicada en una corporación privada –CONAF–, más los esfuerzos bastante aislados de algunos organismos del Estado, han logrado articular una red de áreas protegidas públicas consolidada en el tiempo, respetada por usuarios y autoridades, a pesar de las debilidades mencionadas. Sin embargo, las bases institucionales, de política pública y jurídica resultan insuficientes para los tiempos que están corriendo en materia ambiental y a los desafíos crecientes que impone con urgencia la conservación *in situ* de la biodiversidad. No es sostenible el esquema bajo el cual se ha funcionado durante estas décadas, particularmente en lo que concierne a las bases jurídicas del sistema de AP. La debilidad jurídica debe ceder paso a una legislación que constituya un verdadero "sistema jurídico" para la conservación *in situ* de la biodiversidad.
- En este sentido, las últimas modificaciones introducidas a la Ley N° 19.300 por la Ley N° 20.417, de 2010 y a otros cuerpos legales, constituyen un avance en los aspectos jurídicos, aun cuando es insuficiente si no se diseña un sistema de gestión de AP que pueda responder a las necesidades actuales que demanda la protección de la biodiversidad y su articulación con un desarrollo económico ambientalmente

sustentable. Es así como el art. 34 de la Ley N° 19.300, modificado por la referida Ley N° 20.417 establece que *"la administración y supervisión del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado* ***corresponderá al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas"***[1]*, en tanto que el art. 36 en su inciso segundo establece que "sobre estas áreas protegidas mantendrán sus facultades los demás organismos públicos, en lo que les corresponda"*. Este es un anuncio hecho en la propia ley, lo que genera altos niveles de certeza respecto de su concreción. En efecto, una de las reformas más relevantes de esta ley, en lo que concierne a las AP es la "institucionalidad para la biodiversidad". El art. 8º transitorio de la Ley N° 20.417 establece que dentro del plazo de un año desde su publicación en el Diario Oficial, esto es, el 26 de enero de 2010, *"el Presidente de la República deberá enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la Corporación Nacional Forestal en un servicio público descentralizado"*.

- Otra modificación al marco regulatorio en materia de AP que no podemos soslayar lo constituye la Ley N° 20.423, de 2010, que creó el Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo, publicada en el Diario Oficial de 12 de febrero de 2010, que introdujo una serie de modificaciones al decreto ley N° 1.224, de 1975, que creó el Servicio Nacional de Turismo; a la Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales y a la Ley N° 14.171 que creó el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, hoy denominado Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- Uno de los elementos básicos para establecer un sistema nacional de AP es contar con un *concepto claro sobre "área protegida".* La legislación chilena –especialmente considerando en ella a la CDB– nos permite visualizar un escenario orientador bastante claro: Chile cuenta con un concepto de rango legal (CDB) y uno reglamentario (SEIA) como puntos de partida para una nueva normativa. Ambos recogen los elementos esenciales de la definición recomendada por la UICN.
- En lo que concierne a los principales instrumentos de derecho internacional público recepcionados por Chile, éstos constituyen una fuerte base de compromiso para que el Estado de Chile avance en los estándares de protección de la biodiversidad, particularmente de sus ecosistemas. Estos instrumentos se relacionan con convenciones, resoluciones de ONU y declaraciones no vinculantes, todas ellas referidas a la conservación del medio ambiente y sus componentes. Por otra parte, la suscripción y ratificación por Chile de diversos tratados referentes a materias de libre comercio, como asimismo el ingreso a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) han reforzado la necesidad de avanzar en términos reales en el fortalecimiento de los niveles de protección ambiental. En síntesis, instrumentos internacionales de

1 Al respecto, el art. 8º transitorio de la Ley N° 20.417, de 2010, D.O. 26.01.2010, establece que dentro del plazo de un año desde la publicación de esta ley, el Presidente de la República deberá enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la Corporación Nacional Forestal en un servicio público descentralizado".

carácter ambiental y comercial han pasado a reforzar, en su conjunto, la necesidad del Estado de avanzar sustantivamente en la conservación de la diversidad biológica, y en particular de las AP.

- Chile ha ido avanzando en el cumplimiento global de los compromisos establecidos en los convenios internacionales analizados. Destaca en particular el hecho que en cumplimiento del Convenio de Biodiversidad, se dictó la *Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD)* como documento marco para la gestión y protección de ecosistemas, especies y recursos genéticos en nuestro país[2]. Con posterioridad se dictó el Plan de acción de país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015[3]. Ambos documentos son de febrero y abril de 2005, respectivamente. También en 2005 se dictó la *"Política Nacional de Áreas Protegidas"*, en cuya elaboración participaron 15 instituciones públicas. Apunta a la creación e implementación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el cual permitirá armonizar los objetivos de protección de ecosistemas relevantes, con el desarrollo económico del país y la mejor calidad de vida de sus habitantes, integrando eficazmente los esfuerzos públicos y privados. Esta política, además, constituye el marco orientador para la concreción de una estrategia de gestión de las Áreas Protegidas, bajo un enfoque moderno y efectivo de conservación de la naturaleza, en un escenario de crecientes expectativas en esta materia, tanto local como internacional[4].
- Con la dictación de estos instrumentos de política y planificación vigentes, cumpliendo la CDB y otros convenios ambientales que se desarrollan en el documento, podemos afirmar que Chile ha avanzado en el diseño de directrices conceptuales que ya marcan un rumbo para el establecimiento de un sistema de AP y dan luces orientadoras a las funciones, competencias y prerrogativas del futuro sistema institucional anunciado en la ley 24.417 que reformó la institucionalidad ambiental.
- Debe tenerse en consideración que el Informe Evaluaciones del Desempeño Ambiental para Chile (OCDE 2005)[5] estableció siete recomendaciones asociadas a esta materia, de las cuales destacan dos: i) desarrollar una *visión estratégica* de los papeles complementarios de las áreas protegidas estatales y privadas con el fin de lograr una *red coherente de áreas núcleo protegidas,* zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos; y ii) incrementar los esfuerzos financieros para satisfacer el objetivo de proteger el 10% de todos los ecosistemas significativos en Chile (incluidas las áreas costeras y marinas) y fomentar las actividades para la *aplicación de la legislación relacionada con*

2 http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/w3-article-31858.html. La estrategia nacional de Biodiversidad, aprobada en diciembre de 2003, surge producto del Convenio sobre Diversidad Biológica suscrito y ratificado por el país en 1994.

3 http://www.sinia.cl/1292/articles-35223_PDA.pdf

4 http://www.sinia.cl/1292/article-35111.html

5 Disponible en http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/21252/lcl2305e.pdf

*la naturaleza.* La creación del futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas se enmarca en los esfuerzos país asociados a estas dos recomendaciones.

- La visión estratégica contenida en los instrumentos de política y planificación mencionados en este análisis, es un desglose detallado e integrado de sus contenidos; permite orientar las tareas de reforma al sistema institucional y normativo asociado a las áreas protegidas, reflejando las exigencias que hoy se percibe deben ser incluidas en un nuevo sistema de gestión que integre, coordine y armonice la gestión de las distintas categorías de AP, además de racionalizarlas y homologarlas con las categorías desarrolladas por UICN y aceptadas en forma general por la comunidad internacional.
- Debe tenerse en cuenta, de todas formas, que no obstante los avances y escenarios positivos que se han mencionado para dar el paso siguiente –establecer un sistema nacional de áreas protegidas– existen dificultades y problemas jurídicos que deben ser resueltos.
- En términos generales, se puede concluir, ratificando una percepción más o menos generalizada, que la legislación chilena –aquella dictada por las autoridades nacionales– es débil en muchos aspectos en cuanto al establecimiento de las distintas categorías de áreas protegidas analizadas.

Como **"Problemas de carácter general"** que afectan a la legislación chilena se pueden señalar los siguientes:

- **Ausencia de una Estructura Jurídico-Institucional.** El estudio realizado ha permitido constatar que la regulación normativa de las Áreas Silvestres Protegidas es muy extensa, pero al mismo tiempo, carece de la necesaria sistematicidad y coherencia. Hay alrededor de 31 categorías distintas de protección de ecosistemas, las que no forman parte de una estrategia de política pública coherente y armónica de conservación y menos, por lo mismo, de un marco jurídico armónico y complementario entre sí.
- Lo anterior tiene a la vez como corolario lógico, en los aspectos institucionales, que **Chile ha carecido hasta la fecha de una estructura institucional orgánicamente establecida a cargo de las AP**, caracterizándose por una administración/gestión segmentada o compartimentalizada en las distintas categorías de AP, bajo la tuición y/o administración de organismos públicos diversos: Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), Ministerio de Bienes Nacionales, Consejo de Monumentos Nacionales, Servicio Nacional de Pesca, Subsecretaría de Marina o privados, como CONAF, entre otros, cuyas atribuciones, según sea el caso, son las de crear, supervigilar o administrar distintos tipos o categorías de áreas protegidas con objetivos muchas veces complementarios de conservación, que a lo menos debieran estar administrados coordinadamente, lo que la mayoría de las veces no ocurre. En consecuencia, la convergencia de competencias de diversos organismos del Estado respecto de una misma categoría de protección, acentúa la difusa responsabilidad del Estado sobre estas áreas, a pesar de las obligaciones asumidas por éste sobre la materia.

- **En Chile tampoco se han creado organismos o designado una autoridad que se haga cargo de la tuición o administración de determinadas áreas protegidas, por ej., los sitios Ramsar.** Esta circunstancia sitúa a estas áreas en un plano de incertidumbre y desigualdad frente a otras categorías que cuentan con autoridades responsables y con presupuesto básico para su funcionamiento, circunstancia que además atenta contra la necesaria planificación sostenible de los recursos presentes en estas áreas.
- En este sentido, el mandato al Estado de administrar un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, expresamente establecido en el art. 34 de la Ley N° 19.300, en la práctica, se ha cumplido deficientemente.
- **Para subsanar los problemas indicados** resulta fundamental la creación de una nueva institucionalidad que se haga cargo de las funciones de administración de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, redefiniendo y coordinando competencias entre diferentes organismos sectoriales con un rol relevante en la regulación, administración o tuición de las diferentes categorías de protección. La futura creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe considerar un rol de liderazgo de este organismo en la materia, asumiendo también la transversalidad con otros organismos sectoriales, debiendo asignársele, a nuestro juicio, un rol gestor y articulador que privilegie un modelo de administración eficiente de las distintas categorías de protección y cuya gestión debiera tener un alto grado de autonomía política y financiera.
- **Un segundo problema que afecta a la normativa actualmente vigente dice relación con los Mecanismos de Afectación y Desafectación de ciertas categorías de AP.** Esta materia se relaciona con la base regulatoria de ciertas áreas en tratados internacionales de carácter ambiental. El más emblemático es la "Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas de América" (Convención de Washington). Aparte de la evidente importancia del artículo 1º que define los parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales y reservas de regiones vírgenes, el artículo 3º regula dos grandes temas asociados. El primero, es la AFECTACIÓN y la DESAFECTACIÓN de estas áreas. Se señala que "los Gobiernos Contratantes convienen en que los límites de los Parques Nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos *sino por acción de la autoridad legislativa competente"*. Esta "función legislativa" corresponde a la expresión jurídica de actos propios del Poder legislativo. De esta forma, la alteración de la cabida de una unidad de manejo o la modificación de sus deslindes, o bien la enajenación a cualquier título deben ser autorizados por una "ley".
- La gran mayoría de los parques nacionales, reservas nacionales y reservas forestales han sido afectados o desafectados mediante decretos supremos y no a través de un acto del legislador. Lo anterior, dado su extendido uso a través del tiempo, ha generado una proliferación de decretos supremos muchas veces poco claros en sus delimitaciones, o bien simplemente sin señalar claramente deslindes, o bien, finalmente, éstos han devenido en datos históricos que no se avienen con la información de delimitación actual.

- Adicionalmente la **Convención de Washington contempla una expresa prohibición en relación con la explotación comercial de sus riquezas.** Lo anterior ha tenido como eje de conflicto principal la **legislación minera** –aunque la aplicación del concepto es más amplia–, que permite la exploración y explotación de recursos minerales sin restricción alguna, en cualquier terreno, incluyendo actividades de esta naturaleza en AP. En este sentido, en forma complementaria a la Convención citada, el "Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste", en su artículo V obliga a las partes a establecer una gestión ambiental integrada, incluyendo entre los lineamientos a ser considerados *Prohibir las actividades relacionadas con la exploración y explotación minera del suelo y subsuelo del área protegida;* **prohibición de carácter absoluto que no está contemplada en la legislación chilena**, la que, como única restricción, prevé la "declaración para efectos mineros" de ciertas áreas protegidas, lo que obstaculizaría en ellas estas actividades.
- **En conclusión**, las obligaciones internacionales contraídas por Chile, que deben cumplirse e interpretarse de buena fe (Convención de Viena sobre derecho de los Tratados, Art. 31) no han sido desarrolladas por la normativa interna dictada en nuestro país, en especial la legislación minera, la que a nuestro juicio debe ser revisada y compatibilizada con los objetivos del sistema de AP que se tiene previsto crear. A nuestro juicio, la futura ley que cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe fortalecer los requisitos que restrinjan las actividades extractivas en AP, en parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, entre otros, pudiendo recurrirse a criterios restrictivos –razones urgentes de interés nacional y mecanismos compensatorios–, como aquellos previstos en la Convención de Ramsar
- En lo que concierne a las **áreas marino-costeras protegidas,** éstas incluyen a las reservas marinas, parques marinos y áreas marino-costeras de múltiples usos. Las dos primeras tienen un estatuto jurídico reglamentario que se apoya en la Ley de Pesca, el cual está operando –desde una perspectiva jurídica– en forma adecuada. El punto más crítico es la **falta de un estatuto jurídico que permita corregir el carácter en cierta medida inorgánico que ha tenido el proceso de creación, tuición y administración de las áreas marino-costeras de múltiples usos** que forman parte de estas AP. Este estatuto debe regular, entre otros aspectos, el instrumento de gestión de las diferentes categorías de protección, la autoridad con responsabilidad sobre las mismas, las actividades permitidas, los medios de fiscalización y sanción, etc.
- Igualmente este marco normativo debiera integrarse y correlacionarse con las regulaciones a actividades efectuadas en tierra y explicitar las relaciones entre las AP marino-costeras y las terrestres.
- En relación con **áreas de conservación privadas**, el gran déficit es la ausencia de regulaciones jurídicas que permitan incorporar formalmente iniciativas privadas al Sistema Nacional de AP. En efecto, es evidente la ausencia de un marco regulatorio que promueva, impulse e incentive la conservación de ecosistemas y hábitats de especies por agentes privados y la adscripción de territorios privados a actividades de

conservación. Al respecto, no resiste análisis el hecho que la Ley N° 19.300 haya establecido conceptualmente las áreas protegidas privadas, integrándolas a un sistema de áreas protegidas de carácter nacional, sin que hasta la fecha, 16 años después de su entrada en vigencia en marzo de 1994, se haya dictado el reglamento para hacer operativo dicho sistema.

- **Es urgente dar cumplimiento al mandato establecido en el artículo 35 de la Ley N° 19.300 en orden a que el Estado debe fomentar e incentivar la creación de áreas silvestres protegidas privadas**, cuya supervisión estará a cargo del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Para tal efecto, se requiere regular los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos y dar cumplimiento a las obligaciones y cargas a las cuales estarán afectas estas áreas. Asimismo, resulta fundamental el reconocimiento formal y oficial de las áreas silvestres protegidas privadas, ya que al no existir actualmente en Chile, su categorización obedece sólo a las intenciones o deseos del propietario y, por tanto, no son resultado de la aplicación de criterios técnicos de elegibilidad por algún organismo regulador. Parece lógico que dada la necesidad de establecer el marco regulatorio para el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, la misma futura ley establezca el Sistema Nacional de Áreas Protegidas incluyendo las disposiciones pertinentes que regulen a las "áreas privadas". Lo anterior con miras a contar, finalmente, con una regulación de carácter orgánico e integral sobre la materia.
- Otra circunstancia relevada como problema de carácter general es la **Superposición de competencias de protección de determinadas AP**. En efecto La identificación de las competencias institucionales en materia de creación, tuición y administración de las AP, ha permitido constatar la existencia de duplicidad de normas aplicables a un territorio en el que coexisten diversas categorías de protección (superposición de estatutos y competencias), lo que genera casos en que una misma unidad protegida está bajo la tuición, administración o supervigilancia por más de un organismo. **Se concluye que el modo más directo para subsanar este problema es** dar cumplimiento al mandato establecido en el Art. Octavo Transitorio de la Ley N° 20.417 en orden a que el Poder Ejecutivo debe enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la CONAF en un servicio público descentralizado (Plazo: 26 de enero de 2011). El proyecto necesariamente debe resolver la convergencia de instituciones, sus competencias y superposición de categorías respecto de un área.
- En el **ámbito de las infracciones y su respectivo marco sancionador**, se requiere de normas que identifiquen claramente qué actividades dentro de las AP se encuentran prohibidas y, por tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo, que otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.) Así por ejemplo, se sugiere otorgar un reconocimiento legal del Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de

atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones y capacitación adecuadas.

- En relación con los **problemas específicos que se detectan en el marco jurídico asociado a las distintas categorías de AP** se pueden agregar los siguientes:
- Resulta evidente la falta de disposiciones en la legislación interna que establezcan o definan **objetivos de conservación** para los parques nacionales, reservas nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes (estas últimas no han sido ni siquiera creadas), sitios RAMSAR (humedales de importancia internacional) y reservas de la biosfera.
- Por otra parte, **los sitios RAMSAR y las reservas de la biosfera** carecen de regulaciones internas que asignen competencias institucionales para su administración, aunque respecto de las reservas de la biosfera en la práctica su administración la ejecuta la autoridad administradora del área cuya categoría se suma a la de Reserva de la Biosfera (generalmente CONAF). Adicionalmente las reservas de la biosfera pueden voluntariamente ser desafectadas por el Estado de tal calidad. En definitiva, se trata de dos categorías, en especial la segunda, muy débiles en su basamento jurídico.
- Respecto de las **reservas y parques marinos**, hay algunas dicotomías puntuales entre el marco reglamentario que las regula y la Ley de Pesca, reiterando que la gran ausencia es un marco regulatorio para las áreas marino-costeras de múltiples usos.
- Respecto de las **áreas protegidas privadas**, nos remitimos a lo mencionado en la sección de problemas generales.

En relación con los "**Problemas jurídicos específicos que afectan a las unidades en cada categoría**, se pudo establecer lo siguiente:

- **Falta de información o información contradictoria.** La tarea de recopilación de información respecto de cada unidad se vio dificultada por la FALTA DE INFORMACIÓN O DIFERENCIAS DE INFORMACIÓN, lo que constituyó un problema no sólo para el avance oportuno de la consultoría, sino que pasó a ser un problema en sí mismo. Un primer aspecto que quedó en evidencia es la ausencia de información oficial en las distintas entidades que tienen competencia respecto de ciertas categorías de protección, como es el caso del Ministerio de Bienes Nacionales, la Corporación Nacional Forestal, el Consejo de Monumentos Nacionales, entre otras.
- Un segundo aspecto es la existencia de diferencias en la información que reside en las distintas entidades, como es el caso, por ejemplo, de la disponible en el Ministerio de Bienes Nacionales y aquella obtenida en la Corporación Nacional Forestal, fundamentalmente en lo referido a las siguientes categorías de protección: Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural.
- Un tercer aspecto son las discrepancias de información, por ejemplo, en materia de superficie y de deslindes de las unidades, entre lo establecido en los decretos y la realidad física de la respectiva unidad, lo que se corrobora con la información recabada en

regiones. Lo anterior se ve agravado por el hecho que en muchos casos el decreto de creación de la unidad no señala la superficie de la misma.

Recabada toda la información disponible, lograron identificarse como problemas jurídicos específicos que afectan a las distintas unidades, consideradas individualmente, las siguientes categorías.

- **Problemas de dominio:** Un primer problema relevante es la ausencia de actos de posesión por parte del Fisco en determinadas unidades, lo que ha permitido que particulares los hayan obtenido mediante el mecanismo de la regularización de ciertos títulos de dominio al interior de las unidades o que simplemente hayan ocupado ciertas porciones de terreno de manera irregular.
- Por otra parte, las inscripciones de dominio de ciertas unidades no se encuentran totalmente consolidadas por parte del Fisco de Chile. A modo ejemplar, el Parque Nacional Villarrica y las Reservas Nacionales de Alto Biobío y China Muerta carecen de primera inscripción fiscal, lo que resulta particularmente grave. En efecto, **la ausencia de inscripción de todo o parte de una unidad a nombre del Fisco de Chile configura una situación de extrema vulnerabilidad.** En efecto, el Fisco de Chile al carecer de la evidencia jurídica para justificar su derecho sobre tales terrenos queda en una situación desmedrada ante eventuales reclamaciones de terceros. Siempre en materia de dominio, aunque, evidentemente, menos grave es el caso de los Sitios Protegidos del Patrimonio Nacional donde existen **casos de litigios**, como el originado en una demanda indígena en el caso del Salar de Huasco y de restitución de tierras que se encuentra pendiente por parte del Fisco en el caso de Humedales de Tongoy. (Ver **Tabla 6**, Sección 4.3.1.)
- Los problemas de dominio que afectan a determinadas unidades no sólo tienen que ver con la ausencia de inscripción, sino también con **Problemas de delimitación**. En efecto, se constató que **no existe claridad de los deslindes** entre determinadas unidades del SNASPE, o bien con propietarios privados colindantes. (Ver **Tabla 7**. Resumen problemas de delimitación Sección 4.3.1.)
- Sin constituir propiamente un problema jurídico, se presentan **dificultades en materia de cartografía**. No existe uniformidad en los planos de determinadas unidades identificándose problemas de referenciación. Ello puede incidir en incertidumbre respecto de los reales límites y extensión de una determinada unidad de AP. Lo que invariablemente incide en dificultades al ejercicio de dominio, en términos reales o potenciales. (Ver **Tabla 8**. Resumen problemas de cartografía, Sección 4.3.1.).
- Problemas de cabida o superficie. Un segundo problema dice relación con importantes discrepancias detectadas entre la superficie señalada en decreto de creación y lo que efectivamente abarca la unidad. Los problemas de cabida o superficie que se ha logrado identificar se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en **Tabla 9**: resumen problemas de cabida o superficie, Sección 4.3.2.).
- **Problemas de superposición de categorías de protección**. Se han detectado casos de superposición de categorías de protección respecto de todo o parte de la superficie

de un Área Protegida, lo que evidentemente genera problemas de superposición de competencias y procedimientos. Sin embargo, algunas entidades la han señalado como una fortaleza, más que una debilidad en el sentido de que la respectiva Área Protegida cuenta con mayores niveles de protección, lo que es relativo porque en realidad genera incertidumbre y falta de claridad acerca del organismo realmente responsable de la tuición o administración del área. Los problemas de superposición identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en **Tabla 10**: resumen problemas de superposición, Sección 4.3.3.

- **Problemas de ocupación y de acceso:** Al interior de las unidades existen propiedades de particulares y ocupaciones irregulares. Los problemas de ocupación y acceso identificados se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la **Tabla 11**: Problemas de ocupación y acceso, Sección 4.3.4.
- **Solicitudes de desafectación.** Se ha constatado la existencia de solicitudes de desafectación de algunas unidades del SNASPE provenientes de diversos servicios: los Parques Nacionales Rapa Nui, Juan Fernández y Puyehue; las Reservas Nacionales Pampa Tamarugal, Laguna Torca y Palena y la Reserva de Bosques o Forestal Lago Carlota, lo que puede eventualmente dar lugar a situaciones de conflicto entre organismos. Los problemas de desafectación identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la **Tabla 12**: Problemas de Desafectación, Sección 4.3.5. Estas solicitudes, o más bien la materia, debe contextualizarse en el problema general planteado respecto de los mecanismos de afectación y desafectación actualmente previstos por la legislación interna (Sección 4.1.2.). Lo anterior está relacionado con los mecanismos de rango "legal" previstos en la Convención de Washington, por una parte, con las causales de desafectación (interés público o particular) y con la necesidad de dar estabilidad y permanencia a las AP.
- **Problemas de Litigios o controversias**. Los problemas de litigios o controversias identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la **Tabla 13:** Problemas litigiosos, Sección 4.3.6.
- Adicionalmente a estos problemas que afectan en forma individual a las unidades –o más bien a ciertas unidades– se suman **cuestiones puntuales**, calificables también como problemas, pero no parecen ser de carácter estructural, sino temas que deben ser solucionados mediante mecanismos normales de gerenciamiento y buena administración. Se trata de temas como extracción no autorizada de leña y madera, errores de administración territorial, recolección de huiro, uso ilegal de ganadería y tala de árboles no autorizada, ejecución de actividad minera sin autorización. (Ver **Tabla 13**: Problemas varios, Sección 4.3.7.
- **Propuesta de Abordaje**. Varios de los problemas puntuales descritos anteriormente se producen por la falta de normas que identifiquen claramente qué actividades dentro de las AP se encuentran prohibidas y, por tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo, que otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso

de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.). Ya se mencionó que se requiere crear un Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones y capacitación adecuada.

- Por otra parte, los problemas de dominio que afectan a varias unidades deben ser resueltos por los mecanismos judiciales (en caso de disputa) y mediante el esclarecimiento de los deslindes, cartografía, etc., saneando y esclareciendo los títulos inscritos.

Folio Nº 1862

# TABLA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| AMCPMU | Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos |
| AP | Área Protegida |
| APP | Área Protegida Privada |
| art. | Artículo |
| BNP | Bien Nacional Protegido |
| CDB | Convención sobre la Diversidad Biológica |
| CMDS | Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible |
| CMN | Consejo de Monumentos Nacionales |
| CONAF | Corporación Nacional Forestal |
| CONAMA | Comisión Nacional del Medio Ambiente |
| CPPS | Comisión Permanente del Pacífico Sur |
| D.F.L. | Decreto con Fuerza de Ley |
| D.L. | Decreto Ley |
| D.O. | Diario Oficial |
| D.S. | Decreto Supremo |
| DGA | Dirección General de Aguas |
| DIRECTEMAR | Dirección General del Territorio y Marina Mercante |
| LBGMA | Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente |
| LGPA | Ley General de Pesca y Acuicultura |
| LOCM | Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades |
| MMA | Ministerio del Medio Ambiente |
| MN | Monumento Natural |
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos |
| PM | Parque Marino |
| PN | Parque Nacional |
| Proyecto GEF/SNAP | Proyecto GEF "Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional |
| RB | Reservas de la Biosfera |
| RF | Reserva Forestal |
| RM | Reserva Marina |
| RN | Reserva Nacional |
| SERNAPESCA | Servicio Nacional de Pesca |
| SN | Santuario de la Naturaleza |
| SNASPE | Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas |
| SUBPESCA | Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo |
| UICN | Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza |
| UNESCO | Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |

# INTRODUCCIÓN

Este estudio formula un diagnóstico jurídico tendiente a colaborar en la identificación de las carencias –y en lo posible las potencialidades– de la legislación que actualmente regula las áreas protegidas (AP) en Chile, con el objeto de contribuir, como parte del Proyecto GEF-SNAP, al diseño de un "Sistema Integrado de Áreas Protegidas" públicas y privadas.

El análisis del marco jurídico que regula las AP (las incluidas en este estudio, según se señalará más adelante), caracteriza la situación de cada categoría de área, identificando su fundamento normativo, definición, objetivos, competencias para su administración e instrumentos y mecanismos de gestión. El análisis incorpora los instrumentos internacionales ratificados por Chile que son relevantes para la gestión de las AP, no tan sólo por la importancia para el Estado de Chile, como signatario de tales instrumentos de derecho internacional público, sino por la obligatoriedad de su cumplimiento. Parte del diagnóstico de la legislación chilena sobre AP se formuló teniendo en consideración estas convenciones internacionales. La evaluación de la normativa vigente, obviamente, se traslada y concentra en las normas de derecho interno en cuanto definen estatutos jurídicos para las AP. Ello implicó evaluar diversos aspectos jurídicamente regulados, como las atribuciones institucionales e instrumentos para la gestión de las AP.

Lo anterior sirvió de base para identificar y clasificar los tipos de problemas jurídicos que inciden en la administración y protección de estas AP, sin dejar de mencionar, naturalmente, los vacíos y materias que no están regulados o bien cuya regulación es deficitaria, como asimismo, algunas propuestas para su abordaje. La identificación y análisis de los problemas jurídicos asociados a la gestión actual de estas AP constituye un antecedente orientado a fundamentar o sustentar reformas jurídicas para articular un sistema integrado de AP (público-privadas).

Cabe señalar que el plazo inicial de estudio fue extendiéndose en el tiempo dadas las dificultades para el acceso a la información jurídica sobre muchas de las áreas, como también a la dispersión de antecedentes en distintas fuentes institucionales. Su recopilación e incorporación al trabajo –según el consultor y la Unidad de Administración del Proyecto GEF-SNAP– resultaba clave para los resultados de la consultoría. De allí que una de las metodologías de trabajo, que consiste en confeccionar una ficha con información jurídica de cada "unidad" de las categorías de AP analizadas, pasó de ser un mero mecanismo para identificar y sistematizar la información, a constituirse en un producto en sí mismo, al recoger en forma sintética la principal información jurídica de cada área, incluyendo la identificación de los problemas jurídicos que afectan o dificultan su gestión o administración. Con

estas fichas (una por cada AP) se permite contar –por vez primera– con un catastro jurídico unificado de las distintas unidades de AP por categoría incluida en este informe. Junto con ello se recopilaron los decretos o actos administrativos de creación o modificación de cada área, extrayéndose de ellos información valiosa para el fichaje. La ficha incluye la mención a estos decretos, los que forman parte de este informe, en formato digital.

# I. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Alcances del Presente Estudio

De conformidad a los Términos de Referencia (TDR), el Estudio persiguió un objetivo específico, al que se asociaron dos resultados o productos. El Objetivo es el siguiente:

OBJETIVO: **Elaborar Informe sobre la situación jurídica de las actuales "áreas protegidas", terrestres, costeras y marinas del país.**

A partir de este objetivo se precisaron los siguientes **Productos Esperados**

> PRODUCTO 1: Identificación y caracterización de la situación jurídica de las actuales "áreas protegidas", terrestres, costeras y marinas.

Los TDR precisan como aspectos mínimos a considerar los siguientes: 1. Marco jurídico de respaldo; 2. Propiedad de los territorios protegidos; 3. Deslindes; 4. Competencias y atribuciones legales para su administración y manejo; 5. Litigios y controversias vigentes; 6. Análisis general de: los vacíos de información y de los obstáculos y dificultades legales y/o reglamentarias asociadas a las AP, considerando entre otros: intervenciones en AP (autorizaciones sectoriales, resoluciones de calificación ambiental, etc.), conflictos de interés entre el nivel nacional y regional y procedimientos para afectación / desafectación y participación de privados en la administración de AP.

> PRODUCTO 2: Informe sistematizado con una "propuesta de clasificación y abordaje de los diferentes tipos de problemas de las áreas protegidas (a nivel sistémico, institucional e individual)

Se consideró en los TDR incluir a lo menos las categorías del SNASPE, los Santuarios de la Naturaleza, las Reservas y Parques Marinos, las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos, los Bienes Nacionales Protegidos y las Áreas Privadas. Más adelante se precisan con mayor detalle las categorías analizadas en este documento.

Para ambos productos se incluyó:

1. El análisis de la normativa nacional vigente para los distintos tipos de AP.
2. El análisis de los tratados internacionales ratificados por Chile en relación con las AP.
3. La identificación del régimen de propiedad al que adscriben las AP, como insumo al diagnóstico.
4. El análisis de las políticas y estrategias asociadas a la conservación de la biodiversidad.
5. La identificación y análisis de los problemas de gestión de las AP que tengan origen en un déficit normativo.
6. La identificación (si la información surge durante el estudio) de los problemas de gestión de las AP que tengan un origen distinto a una debilidad normativa (falta de información, de recursos, etc.).
7. La clasificación y ordenamiento de las tipologías de problemas asociados a las AP.
8. La formulación de algunas propuestas para el abordaje de los problemas identificados.

Documentación y Bibliografía de respaldo de la situación jurídica de las áreas protegidas.

Identificando fuente, año y copia física en caso de que esté disponible.

En este ítem fue escasa la bibliografía doctrinaria consultada, ya que se trabajó directamente sobre las fuentes normativas, es decir, Constitución Política del Estado, leyes, decretos y otros actos administrativos

## 1.2. Categorías de Áreas Protegidas objeto de este Estudio

El análisis tiene por objeto las categorías de AP que se señalan a continuación:

1. Parques Nacionales (incluyendo Parques Nacionales de Turismo)
2. Reservas Nacionales
3. Reservas de Bosques o Reservas Forestales
4. Monumentos Naturales
5. Reservas de Regiones Vírgenes
6. Bienes Nacionales Protegidos o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental
7. Santuarios de la Naturaleza
8. Humedales de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR)
9. Reservas de la Biosfera
10. Parques Marinos

11. Reservas Marinas
12. Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCPMU)
13. Áreas Privadas

Debe tenerse en cuenta que en Chile existe un conjunto de otras categorías de conservación (aproximadamente 31 en total), pero las que se mencionaron son las que tienen mayor fuerza en el concepto de "máxima protección" y a ellas el Proyecto GEF-SNAP requirió circunscribir el análisis, toda vez que éstas son las que se considera que están llamadas a formar el núcleo base del futuro Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Ello es coherente también con el listado de categorías previsto por UICN.

La siguiente tabla comparativa muestra las categorías incluidas en el presente diagnóstico (columna 1); aquellas internacionalmente reconocidas por UICN (columna 2) y todas aquellas que tienen reconocimiento legal en Chile (columna 3) y que generan, en teoría en ciertos casos, algún grado de protección de elementos del patrimonio natural y cultural asociado.

**Tabla 1**
**Comparativa de categorías**

| Categorías Proyecto GEF-SNAP sujetas a evaluación jurídica | Categorías UICN | Categorías reconocidas legalmente en Chile |
|---|---|---|
| Parques Nacionales (incluyendo Parques Nacionales de Turismo)<br>Reservas Nacionales<br>Reservas de Bosques o Reservas Forestales<br>Monumentos Naturales<br>Reservas de Regiones Vírgenes<br>Bienes Nacionales Protegidos<br>Santuarios de la Naturaleza<br>Humedales de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR)<br>Reservas de la Biosfera<br>Parques Marinos<br>Reservas Marinas<br>Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos<br>Áreas Protegidas Privadas (sin reconocimiento legal) | Categoría I.<br>a). Reserva Natural Estricta<br>Categoría I.<br>b). Área Natural Silvestre<br>Categoría II.<br>Parque Nacional<br>Categoría III.<br>Monumento Natural<br>Categoría IV.<br>Área de Manejo de Hábitat y/o Especies.<br>Categoría V.<br>Paisaje Terrestre o Marino protegido.<br>Categoría VI.<br>Área Protegida con Recursos Manejados. | Parques Nacionales<br>Parques Nacionales de Turismo<br>Reservas Nacionales<br>Reservas de Bosques o Reservas Forestales<br>Monumentos Naturales<br>Reservas de Regiones Vírgenes<br>Bienes Nacionales Protegidos<br>Santuarios de la Naturaleza<br>Humedales de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR)<br>Reservas de la Biosfera<br>Parques Marinos<br>Reservas Marinas<br>Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos<br>Zonas o Áreas Especiales<br>Zonas Marinas Especialmente Sensibles<br>Zonas Santuarios de la Convención Ballenera<br>Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 1*

| Tabla 1<br>Comparativa de categorías | | |
|---|---|---|
| Categorías Proyecto GEF-SNAP sujetas a evaluación jurídica | Categorías UICN | Categorías reconocidas legalmente en Chile |
| | | Concesiones Marítimas<br>Áreas de Uso Preferente en virtud de los procesos de Zonificación<br>Monumentos Históricos<br>Zonas Típicas o Pintorescas<br>Áreas de Protección de la Ley de Bosques y de Ley de Bosque Nativo<br>Distritos de Conservación de Suelos, Bosques y Aguas<br>Zonas de Interés Turístico Nacional<br>Zona de Protección Costera<br>Áreas de Protección Ambiental de Recursos de Valor Natural de la OGUC<br>Zona de Protección Litoral<br>Espacio Costero Marino de Pueblos Originarios<br>Áreas de Desarrollo Indígena<br>Áreas de Interés Científico Minero<br>Zonas de Prohibición de Caza<br>Área preferencial para pesca recreativa |

Fuente: elaboración propia.

# II. DIAGNÓSTICO JURÍDICO GENERAL

## 2.1. Una visión general del escenario jurídico asociado a las AP y las reformas a la institucionalidad pública ambiental

Este trabajo se desarrolla en momentos en que se verifican importantes cambios normativos en la gestión ambiental del Estado, en sus aspectos de política, institucionalidad, instrumentos, como también, regulatorios. En efecto, el análisis incluye la reforma contemplada en la Ley N° 20.417[1], que creó el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Fiscalización Ambiental, como así también

1 Publicada en el D.O. el 26.01.2010

anuncia la pronta creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas[2]. Respecto al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas el Artículo Octavo Transitorio establece que dentro del plazo de un año desde la publicación de la referida ley, esto es, el 26 de enero de 2010, el Presidente de la República deberá enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la Corporación Nacional Forestal en un servicio público descentralizado, lo que efectivamente se materializó por medio de los Mensajes N° 595-358 y N° 596-358, ambos de fecha 26 de enero de 2011, respectivamente, actualmente en primer trámite constitucional en las Comisiones Unidades de Agricultura y Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado.

Asimismo, esta ley introdujo una serie de modificaciones a la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; al Decreto Supremo N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, General de Pesca y Acuicultura y a la Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales; al Decreto Ley N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Tierras y Colonización, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado, las que inciden en el marco regulatorio de algunas categorías de AP.

No es menor esta reforma. Por el contrario, proporciona un contexto en el que este estudio puede aportar valiosa información para el diseño, y cobra un enorme sentido respecto de los antecedentes que puedan ser tenidos en cuenta como aporte al diseño de un nuevo sistema legal para las AP.

Asimismo, se consideró en el análisis la Ley N° 20.423, de 2010[3], referida al "Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo" en cuanto algunas de sus disposiciones resultan relevantes para los propósitos de este estudio.

Desde esta situación entonces, este informe pretende contribuir a la configuración de un nuevo escenario, como el que persigue ayudar a diseñar y crear el proyecto GEF-SNAP.

Queda en evidencia la relevancia de las reformas institucionales y normativas mencionadas anteriormente, en lo que dice relación con la gestión de las AP, considerando que el sistema de protección de ecosistemas y hábitats en Chile ha tenido como característica histórica carecer de un sólido basamento jurídico que establezca en forma sistemática figuras adecuadas de protección de los ecosistemas estimados como valiosos

2 Sin embargo, es preciso advertir que el Artículo Segundo Transitorio de esta Ley, en su numeral 6, faculta al Presidente de la República para establecer mediante uno o más decretos con fuerza de ley, expedidos por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia, a propuesta del Ministro del Medio Ambiente, los que también serán suscritos por el Ministro de Hacienda, entre otras materias, la determinación de la fecha de iniciación de las actividades del Ministerio del Medio Ambiente, del Servicio de Evaluación Ambiental y de la Superintendencia del Medio Ambiente, como la fecha de supresión de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Las modificaciones al diseño institucional entraron en vigencia con la dictación del D.F.L. N° 4, de 2010, que fijó la Planta del Ministerio del Medio Ambiente y del Servicio de Evaluación Ambiental, publicado en el D.O. 14.07.2010.

3 Publicada en el D.O. el 12.02.2010.

o representativos. En otras palabras, no ha existido una ley que regule integralmente la materia, aun cuando en la década de 1980 se dictó la ley N° 18.362[4], que creaba un "Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado" que nunca entró en vigencia, ya que quedó supeditada a la dictación de otra ley –la Ley N° 18.348[5] que creaba la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables–, la que tampoco nunca entró en vigencia.

Posteriormente, ya entrada la década de los 90, la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que entró en vigencia el 9 de marzo de 1994, hizo mención al concepto, aunque sin definirlo, en el art. 34, al establecer que *"el Estado administrará un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, que incluirá los parques y reservas marinas, con el objeto de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental",* sin hacer mención alguna a la administración y supervisión de estas áreas. Agregaba el art. 36 de la referida ley que *"formarán parte de las áreas protegidas mencionadas anteriormente, las porciones de mar, terrenos de playa, playas de mar, lagos, lagunas, embalses, cursos de agua, pantanos y otros humedales, situados dentro de su perímetro".*

La suscripción y ratificación de algunos convenios internacionales que definen categorías de protección, comprometieron a Chile a su cumplimiento, lo que sirvió durante algunas décadas para otorgar fundamentos jurídicos más sólidos a la débil legislación que con timidez se vino gestando desde la década de los años 50. Emblemática, por decir lo menos, fue la *Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América*, más conocida como "Convención de Washington", la que permitió en varios momentos una tutela jurídica de las AP administradas por CONAF cuya integridad y recursos se vieron varias veces amenazados, en especial por actividades mineras. Este sistema de áreas públicas –el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado o SNASPE– ha sido administrado por la Corporación Nacional Forestal, institución que es una Corporación de Derecho Privado y que, como tal, no forma parte de la administración del Estado.

No obstante lo señalado, los conceptos contenidos en la Ley de Bosques, en el Decreto Ley N° 1.939, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado; la breve referencia de la Ley 19.300 a un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas; los convenios internacionales ratificados por Chile; la administración de las AP radicada en una corporación privada –CONAF–, más los esfuerzos más bien aislados de algunos organismos del Estado han logrado articular una red de AP públicas consolidada en el tiempo, respetada por usuarios y autoridades, a pesar de las debilidades mencionadas. Sin embargo, las bases institucionales, de política pública y jurídica resultan insuficientes para los tiempos que están corriendo en materia ambiental y enfrentar los desafíos crecientes que impone con urgencia la conservación de la biodiversidad. No es sostenible el esquema bajo el cual

4 Publicada en el D.O. el 27.12.1984.

5 Publicada en el D.O. el 19.10.1984.

se ha funcionado durante estas décadas, particularmente en lo que concierne a las bases jurídicas del sistema de AP. La debilidad jurídica debe ceder paso a una legislación que constituya un verdadero "sistema jurídico" para la conservación *in situ* de la biodiversidad.

En este sentido, las últimas modificaciones introducidas por la Ley N° 20.417, de 2010, a la Ley N° 19.300 y a otros cuerpos legales constituyen un avance en los aspectos jurídicos, aun cuando es insuficiente si no se diseña un sistema de gestión de AP que pueda responder a las necesidades actuales que demanda la protección de la biodiversidad y su articulación con un desarrollo económico ambientalmente sustentable. Es así como el art. 34 de la Ley N° 19.300, modificado por la referida Ley N° 20.417 establece que *"la administración y supervisión del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado* ***corresponderá al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas****", en tanto que el art. 36 en su inciso segundo establece que "sobre estas áreas protegidas mantendrán sus facultades los demás organismos públicos, en lo que les corresponda"*. Este es un anuncio hecho en la propia ley, lo que genera altos niveles de certidumbre respecto de su concreción. En efecto, una de las reformas más relevantes de esta ley, en lo que concierne a las AP es esta "institucionalidad para la biodiversidad" ya mencionada a propósito de la referencia anterior al artículo 8° transitorio de la Ley N° 20.417.

Por su parte, el artículo 70 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, establece entre las funciones del Ministerio del Medio Ambiente varias que dicen relación con las AP, entre las cuales podemos citar las siguientes:

"b) Proponer las políticas, planes, programas y normas así como supervigilar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza, y supervisar el manejo de las áreas protegidas de propiedad privada".

"c) Proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos".

"d) Velar por el cumplimiento de las convenciones internacionales en que Chile sea parte en materia ambiental, y ejercer la calidad de contraparte administrativa, científica o técnica de tales convenciones, sin perjuicio de las facultades del Ministerio de Relaciones Exteriores".

"Cuando las convenciones señaladas contengan además de las materias ambientales, otras de competencia sectorial, el Ministerio del Medio Ambiente deberá integrar a dichos sectores dentro de la contraparte administrativa, científica o técnica de las mismas".

"i) Proponer políticas y formular planes, programas y acciones que establezcan los criterios básicos y las medidas preventivas para favorecer la recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, la flora, la fauna, los hábitats, los paisajes, ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados, contribuyendo al cumplimiento de los convenios internacionales de conservación de la biodiversidad".

Por su parte, el artículo 71 de la misma Ley N° 19.300 establece que será, entre otras, función del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (presidido por el Ministro del

Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Agricultura, de Hacienda, de Salud, de Economía, Fomento y Reconstrucción (hoy de Economía, Fomento y Turismo)[6], de Energía, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y de Telecomunicaciones, de Minería y de Planificación), la siguiente:

> "c) Proponer al Presidente de la República la creación de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza y de las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos".

En definitiva, las modificaciones señaladas al diseño institucional en materia de supervigilancia, supervisión y administración de las AP tienen su fundamento en el hecho que estas funciones y, particularmente, la de administrar las principales categorías de AP no podían seguir a cargo de una corporación de derecho privado (CONAF), especialmente dado que se trata de supervigilar, supervisar y administrar un sistema "público" de AP.

Otra modificación al marco regulatorio en materia de AP que no podemos soslayar lo constituye la Ley N° 20.423, de 2010, que creó el Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo[7], que introdujo una serie de modificaciones al decreto ley N° 1.224, de 1975, que creó el Servicio Nacional de Turismo; a la Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales y a la Ley N° 14.171 que creó el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

En relación al desarrollo de las actividades turísticas en las denominadas Áreas Silvestres Protegidas del Estado, el artículo 18 de la Ley 20.423 establece que *"sólo se podrán desarrollar actividades turísticas en las Áreas Silvestres de propiedad*[8] *del Estado, cuando sean compatibles con su objeto de protección, debiendo asegurarse la diversidad biológica, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental"*. El inciso segundo del mismo artículo establece que *"el Comité de Ministros del Turismo, a proposición de la Subsecretaría de Turismo y previo informe técnico de compatibilidad con el plan de manejo emitido por la institución encargada de la administración de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado*[9]*, determinará aquellas que, de acuerdo a su potencial, serán priorizadas para ser sometidas al procedimiento de desarrollo turístico explicitado en los artículos siguientes"*. Para tales efectos, el inciso tercero del precitado artículo agrega que "las decisiones adoptadas por el Comité, además de cumplir con el requisito de la mayoría absoluta, deberán contar con la aprobación del Ministro bajo cuya tutela se administran las Áreas Silvestres Protegidas del Estado y del Ministerio de Bienes Nacionales, quienes a todo evento deberán pronunciarse fundadamente". El inciso final señala que *"las referidas*



6 Véase el art. 54 de la Ley N° 20.423, del Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo, D.O. 12.02.2010, que sustituyó la denominación de este Ministerio.

7 Ver nota anterior.

8 Entendemos que "propiedad" alude al concepto civil. Los bienes de "propiedad" del Estado son los denominados bienes "fiscales", lo que genera dudas respecto de su aplicación a otros inmuebles que no sean "fiscales", pero adscritos a la órbita o esfera de tutela del Estado. Un ejemplo son los bienes nacionales de uso público.

9 Hoy la Corporación Nacional Forestal, y cuando se constituya legalmente y entre en funciones, le corresponderá la administración de tales áreas al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

*Áreas no podrán ser intervenidas ni concesionadas al sector privado sin contar con los respectivos planes de manejo".*

La misma ley citada, en su artículo 19, dispone que el Ministerio de Bienes Nacionales podrá, ajustándose a las restricciones que impongan los planes de manejo, otorgar **concesiones sobre los inmuebles que formen parte de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado**, por medio del sistema establecido en los artículos 57 a 63 del Decreto Ley N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Bienes Nacionales, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado[10]. Estas concesiones podrán incluir una parte del área geográfica y/o sólo usos determinados sobre el territorio. Agrega el mismo artículo que las concesiones sobre una misma área para usos determinados podrán ser diversas, siempre que sean compatibles entre sí.

Agrega el artículo 20 que *"Las concesiones para usos turísticos o para la instalación de la correspondiente infraestructura en las Áreas Silvestres Protegidas del Estado podrán ser otorgadas y ejercidas, no obstante la existencia de otras concesiones adjudicadas para conservación o administración de las mismas áreas, a las entidades señaladas en el inciso segundo del artículo 57 del decreto ley N° 1.939, de 1977*[11].

Por su parte, el artículo 21 de la referida Ley dispone que un reglamento conjunto de los Ministerios de Economía, Fomento y Turismo; de Bienes Nacionales y de aquel bajo cuya tutela se administran las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, regulará las condiciones y procedimiento de adjudicación de las concesiones y los derechos y obligaciones de los concesionarios para el desarrollo de actividades e infraestructura de turismo.

Por último, no podemos dejar de mencionar la Ley N° 20.249, de 2008, que creó la categoría de espacio costero marino de pueblos originarios[12], cuyo objetivo, según lo establece el art. 3, es "resguardar el uso consuetudinario de dichos espacios a fin de mantener las tradiciones y el uso de los recursos naturales por parte de las comunidades vinculadas al borde costero". Agrega el mismo artículo que "el espacio costero marino de pueblos originarios será entregado en destinación por el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, a la Subsecretaría de Pesca, la cual suscribirá el respectivo convenio de uso con la asociación de comunidades o comunidad asignataria". Se entenderá por uso consuetudinario, establece el artículo 6, "las prácticas o conductas realizadas por la generalidad de los integrantes de la asociaciones de comunidades o comunidad, según, corresponda, de manera habitual y que sean reconocidas colectivamente como manifestaciones de su cultura".

---

10 Publicado en el D.O. de 10.11.1977.

11 Artículo 57.- Conforme a las disposiciones de este párrafo, el Ministerio podrá otorgar concesiones sobre bienes fiscales, con un fin preestablecido y en las condiciones que para cada caso se determine a personas jurídicas de nacionalidad chilena.
En ningún caso el Ministerio podrá adjudicar en concesión bienes cuya administración esté entregada a la competencia de otro Ministerio, servicio público, municipio o empresa pública u otro organismo integrante de la administración del Estado.

12 Publicado en el D.O. de 16.02.2008.

Respecto a su administración, el artículo 5 establece que la administración del espacio costero marino de pueblos originarios deberá asegurar la conservación de los recursos naturales comprendidos en él y propender al bienestar de las comunidades, conforme a un plan de administración elaborado de acuerdo a la normativa vigente aplicable a los diversos usos y aprobado por una comisión intersectorial", la cual estará integrada por representantes del Ministerio de Planificación, de las Subsecretarías de Marina y Pesca, de la DIRECTEMAR y de la Corporación Nacional para el Desarrollo Indígena (CONADI).

Podrán acceder a la administración de los referidos espacios, agrega el artículo 6, las asociaciones de comunidades indígenas compuestas por dos o más comunidades indígenas, las que administrarán conjuntamente el espacio costero marino de pueblos originarios, conforme a un plan de administración aprobado por la comisión intersectorial señalada anteriormente.

## 2.2. Concepto de Área Protegida

El concepto de Área Protegida se encuentra reconocido tanto en nuestra legislación nacional como a nivel internacional, particularmente en las definiciones y recomendaciones adoptadas tanto por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), como por la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB).

- Concepto previsto en la normativa Interna, DS N° 95, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

En nuestra legislación nacional se contempla una definición de Área Protegida en el Decreto Supremo N° 95, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia[13]. En efecto, el Art. 2 letra a) del referido cuerpo normativo define, para el propósito de este mismo Reglamento, como área protegida **"cualquier porción del territorio, delimitada geográficamente y establecida mediante acto de autoridad pública, colocada bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental"**.

Esta definición que se enmarca en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en adelante SEIA, tiene por finalidad determinar el sometimiento de proyectos o actividades al referido Sistema cuando se trate de ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita, de acuerdo con lo dispuesto en el art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300.

13 El D.S. N° 95, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, modificó el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y aprobó el texto refundido, coordinado y sistematizado del mismo Reglamento, publicado en el D.O. de 7.12.2002.

Con la finalidad de orientar la aplicación de este concepto en la práctica, la Comisión Nacional del Medio Ambiente identificó en su Oficio N° 43.710, de 2004, 17 categorías de Áreas Protegidas, el cual, evidentemente no reviste carácter obligatorio o vinculante, sino "referencial". En efecto, el referido listado comprende las figuras de: Parque Nacional, Reserva Nacional, Reserva de Regiones Vírgenes, Monumento Natural, Santuario de la Naturaleza, Parques Marinos, Reservas Marinas, Reserva Forestal, Monumentos Históricos, Zonas Típicas o Pintorescas, Zonas o Centros de Interés Turístico Nacional, Zonas de Conservación Histórica, Áreas de Preservación Ecológica contenidas en los Instrumentos de Planificación Territorial, Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, más conocidos como Sitios Ramsar, Acuíferos que alimentan vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, Inmuebles Fiscales destinados por el Ministerio de Bienes Nacionales para fines de conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos, y las Áreas Marinas y Costeras Protegidas.

El referido Oficio no considera Áreas Protegidas para efectos del SEIA, entre otras, las siguientes categorías: Distritos de Conservación de Suelos, Bosques y Aguas; Áreas de Prohibición de Caza; Lugares de Interés Histórico-Científico, Áreas de Protección para la Conservación de la Riqueza Turística y las Áreas de Desarrollo Indígena.

- Concepto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)[14]

A nivel internacional, las Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas de la IUCN, publicadas en el año 2008[15], definen un Área Protegida como **"un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios sistémicos y sus valores culturales asociados"**[16].

En las referidas Directrices se desglosa, además, cada término o frase de este concepto explicando en detalle su significado[17].

---

14 UICN es la red ambiental de carácter global más grande y antigua del mundo. UICN es una unión democrática que reúne a más de 1.000 organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, además de unos 11.000 científicos voluntarios y expertos en alrededor de 160 países. Ver en http://www.iucn.org/es/sobre/

15 UICN, "Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas", UICN, Editado por Dudley Nigel, Publicaciones Gland, Suiza, 2008, Pág. 10.

16 Anteriormente, las Directrices de la IUCN publicadas en 1994, conceptualizaban AP como *"Una superficie de tierra y/o mar especialmente consagrada a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, así como de los recursos naturales y los recursos culturales asociados, y manejada a través de medios jurídicos u otros medios eficaces."* Esta definición ha sido sustituida, recientemente, por la contenida en las Directrices.

17 *Ibídem*, Pág. 11, 12

**Tabla 2**
**Elementos concepto área protegida según UICN**

| Término | Explicación |
|---|---|
| un espacio geográfico claramente definido | Incluye áreas terrestres, de aguas continentales, marinas y costeras o una combinación de dos o más de ellas. El término "espacio" es tridimensional, por ej., cuando el espacio situado sobre un área protegida se encuentra protegido frente a aeronaves en vuelo a baja altura o en áreas protegidas marinas cuando se encuentra protegida una cierta profundidad de agua o el lecho marino se encuentra protegido, pero la masa de agua situada sobre el mismo no lo está; a la inversa, a veces el espacio subterráneo no se encuentra protegido (por ej., es susceptible de actividades mineras). "Claramente definido" implica un área definida espacialmente con límites demarcados y acordados.<br>Estos límites pueden estar a veces definidos por características físicas que pueden desplazarse con el tiempo (por ej., márgenes fluviales) o por acciones de gestión (por ej., zonas vedadas al uso). |
| reconocido | Implica que la protección puede incluir una gama de formas de gobernanza declaradas por colectivos así como las identificadas por los Estados, pero dichos espacios tienen que estar reconocidos de alguna manera (especialmente mediante su inclusión en la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas-World Database on Protected Areas (WDPA)). |
| dedicado | Implica la existencia de un compromiso específico vinculante con la conservación a largo plazo, mediante por ejemplo:<br>Convenios y acuerdos internacionales,<br>Leyes nacionales, provinciales o locales,<br>Ley consuetudinaria,<br>Convenios de las ONG,<br>Acuerdos de fundaciones y empresas privadas,<br>Planes de certificación. |
| gestionado | Se han tomado medidas activas para conservar los valores naturales (y posiblemente otros) por los cuales se ha establecido el área protegida; téngase en cuenta que "gestionado" puede incluir la decisión de dejar el área intocada si ésta es la mejor estrategia de conservación. |
| Medios legales u otros tipos de medios eficaces | Significa que las áreas protegidas tienen que haber sido legisladas (es decir, reconocidas por la normativa legal vigente), reconocidas mediante convenios o acuerdos internacionales, o gestionadas de alguna u otra manera mediante medios eficaces pero no legalizados formalmente, como por ejemplo, mediante normas tradicionales reconocidas como las que regulan el funcionamiento de las áreas conservadas por comunidades o los acuerdos de organizaciones no gubernamentales legalmente constituidas. |
| para conseguir | Implica un cierto nivel de eficacia –un elemento nuevo que no estaba presente en la definición de 1994, pero que ha sido demandado por muchos gestores de áreas protegidas, entre otros–. Aunque la categoría será al final determinada por los objetivos la eficacia de la gestión será progresivamente registrada en la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas y con el tiempo pasará a convertirse en un importante criterio para la identificación y reconocimiento de áreas protegidas. |
| Largo plazo | Las áreas protegidas deberían ser gestionadas a perpetuidad y no como una estrategia de gestión a corto plazo o temporal. |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 2*

**Tabla 2**
**Elementos concepto área protegida según UICN**

| Término | Explicación |
|---|---|
| Conservación | En el contexto de la presente definición, conservación se refiere al mantenimiento *in situ* de los ecosistemas y hábitats naturales y seminaturales y de poblaciones viables de especies en su entorno natural, y en el caso de especies domésticas o cultivadas (ver la definición de agrobiodiversidad en el Apéndice), en los entornos en los que han desarrollado sus propiedades distintivas. |
| Naturaleza | En este contexto naturaleza siempre se refiere a biodiversidad a nivel genético, de especie y de ecosistema, y a menudo también a geodiversidad, formas del relieve y a valores naturales más amplios. |
| Servicios ecosistémicos asociados | Aquí significa servicios ecosistémicos que están relacionados con el objetivo de conservación de la naturaleza, pero no interfieren con éste. Aquí se incluyen servicios de aprovisionamiento de agua o alimentos; servicios de regulación como el control de inundaciones, sequía, degradación de suelos y enfermedades; servicios de apoyo como formación de suelo o ciclos de nutrientes; y servicios culturales como recreativos, espirituales, religiosos y otros beneficios no materiales. |
| Valores culturales | Incluye a todos aquellos que no interfieren con el objetivo de conservación (todos los valores culturales de un área protegida deberían cumplir este criterio), especialmente:<br>aquellos que contribuyen al resultado de conservación (por ej., las prácticas de gestión tradicionales de las cuales dependen especies clave);<br>aquellos que se encuentran de por sí amenazados. |

Fuente: Directrices año 2008, UICN.

Sólo a modo informativo, la UICN en sus directrices de 2008 agrega que la definición debe aplicarse en el contexto de una serie de principios que la acompañan y que a continuación se enuncian:

## Principios de UICN Inherentes a la Defición de "Área Protegida"

1) Para la UICN, solo aquellas áreas en las que el principal objetivo es la conservación de la naturaleza pueden considerarse AP; se pueden incluir mucha áreas con otros objetivos al mismo nivel, pero en caso de conflicto la conservación de la naturaleza será la prioridad;
2) Las AP deben impedir, o eliminar cuando sea necesario, cualquier explotación o práctica de gestión que sea negativa para los objetivos para los que ha sido designada;
3) La selección de la categoría deberá basarse en el/los objetivo/s primarios establecidos para cada AP;
4) El sistema no pretende ser jerárquico;

5) Todas las categorías contribuyen a la conservación, pero los objetivos deben ser seleccionados en función de cada caso concreto; no todas las categorías resultan de la misma utilidad en todos los casos;
6) Cualquiera de las categorías puede existir bajo cualquiera de las formas de gobernanza y viceversa;
7) La diversidad de enfoques de gestión resulta deseable y debería fomentarse, ya que refleja las múltiples formas en las que comunidades de todo el mundo expresan el valor universal del concepto de AP;
8) La categoría deberá ser modificada si la evaluación muestra que los objetivos declarados a largo plazo no se ajustan a la categoría asignada;
9) Sin embargo, la categoría no refleja la eficacia de la gestión;
10) El objetivo de las AP debería ser mantener, o idealmente, aumentar el grado de naturalidad del ecosistema que está siendo protegido;
11) La definición y las categorías de las AP no deberán ser utilizadas como excusa para desposeer a las personas de sus tierras.

La UICN hace énfasis en que las AP no deberían verse como entidades aisladas, sino como parte de entornos de conservación más amplios, que incluyan tanto sistemas de AP como enfoques para la conservación de ecosistemas más amplios que se implementen en todo el paisaje terrestre y marino[18].

Lo señalado debe ser tenido en cuenta. Las recomendaciones de UICN constituyen parámetros referenciales que hoy en día orientan decisiones de políticas ambientales asociadas a la conservación de la biodiversidad en diversos países del mundo. Sin ser conceptos jurídicamente vinculantes, son tenidos en cuenta por su fortaleza técnica y validación internacional. De hecho, las categorías de AP de UICN son las referencias para homologar las categorías chilenas al sistema comparado, como lo han hecho innumerables países.

- Concepto del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)

Hay similar conceptualización en convenios internacionales, que no se contraponen con el mencionado. En efecto la Convención sobre Diversidad Biológica (que revisaremos más adelante) expresa que por "área protegida" **se entiende un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación**[19].

La diferencia entre el concepto vertido por UICN y el de la CDB radica en que el primero constituye una propuesta científicamente validada por la comunidad internacional y

18 *Ibídem*, Pág. 13. El documento citado ofrece definiciones generales de ambos conceptos.
19 Artículo 2, CDB.

constituye un concepto, por lo mismo, de "referencia" dado por la autoridad científica que mantiene la UICN y sus especialistas.

A la inversa, el concepto incluido en la CDB es jurídicamente vinculante para Chile, por cuanto la Convención fue ratificada y sus conceptos tienen, por lo mismo, fuerza obligatoria de rango legal.

Una lectura detenida de las tres definiciones indicadas nos deja de manifiesta su coincidencia en tres elementos centrales:

a) Área delimitada geográficamente
b) Regulada jurídicamente
c) Con finalidad de conservación (variación en sus alcances, manteniendo el concepto)

Nos parece un escenario conceptual bastante claro: Chile cuenta con un concepto de rango legal (CDB) y uno reglamentario (SEIA) como puntos de partida para una nueva normativa. Ambos recogen los elementos esenciales de la definición recomendada por la UICN.

## 2.3. Marco Jurídico de Derecho Internacional Público

Para los efectos de formular un diagnóstico lo más objetivo posible, bajo parámetros jurídicos, una de las bases de referencia a ser consideradas en el diagnóstico del marco jurídico existente son los instrumentos de derecho internacional público aplicables a la materia.

Se alude a "instrumentos de derecho internacional público", para relevar en forma amplia las distintas fuentes jurídicas de derecho internacional. Tanto por emanar de organismos internacionales, constituir expresiones no vinculantes de derecho internacional público o abiertamente constituir compromisos que Chile ha asumido a través de tratados o convenciones internacionales en materia de conservación *in situ* de la biodiversidad. Estas distintas fuentes pueden ser o no obligatorias, pero habitualmente algún efecto jurídico producen, inclusive aquellas que formalmente no son vinculantes.

Las convenciones suscritas por Chile son parte de la legislación chilena, en cuanto han sido aprobadas por el Congreso y ratificadas por Chile, independientemente de los niveles de autoejecución de sus disposiciones o de la dependencia de normativa o acciones internas que deban ser tomadas por las autoridades públicas. Aunque se requiera cumplir la convención o tratado dictando normativa interna, existe una base jurídica que compromete a Chile. La "radiografía" de estos compromisos permitirá contrastarlos con las exigencias ya implementadas y con las tareas que están aún pendientes, al menos desde la perspectiva jurídica.

### *2.3.1. Tratados o Convenciones que directamente se relacionan con las AP*

Se revisarán brevemente las convenciones más importantes en materia de protección de la biodiversidad a través de la tutela jurídica de ecosistemas. Las disposiciones de éstas

Convenciones internacionales constituyen los pilares que sustentan el régimen jurídico de las AP objeto de este informe, siendo un referente jurídico de rango legal que coloca al Estado de Chile en la necesidad jurídica de atender su cumplimiento.

### a) Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América o Convención de Washington de 1940[20]

Este convenio tiene como objetivos "Proteger y conservar en su medio ambiente natural ejemplares de todas las especies y géneros, flora y fauna indígena, incluyendo las migratorias; todas en número suficiente y en vastas regiones para evitar así su extinción". Asimismo "Conservar y proteger los paisajes, las formaciones geológicas; regiones y objetos naturales de interés estético, cultural o científico; además de lugares de condiciones primitivas". Para cumplir este objetivo se desarrollan un conjunto de compromisos asumidos por los Estados signatarios en su articulado.

Las normas aquí transcritas son las que tienen íntima y directa relación con las AP.

Uno de los artículos relevantes es el ARTÍCULO 1°, que contiene la *Definición de los términos y expresiones empleados en esta Convención.* En resumen, define las siguientes categorías de protección: *PARQUES NACIONALES, RESERVAS NACIONALES, MONUMENTOS NATURALES, RESERVAS DE REGIONES VÍRGENES.*

La principal obligación se incluye en el ARTÍCULO II, disposición que señala que:

1. Los Gobiernos Contratantes estudiarán inmediatamente la posibilidad de crear, dentro del territorio de sus respectivos países, los parques nacionales, las reservas nacionales, los monumentos naturales y las reservas de regiones vírgenes definidos en el artículo precedente. En todos aquellos casos que dicha creación sea factible se comenzará la misma tan pronto como sea conveniente después de entrar en vigor la presente Convención.
2. Si en algún país la creación de parques o reservas nacionales, monumentos naturales o reservas de regiones vírgenes no fuera factible en la actualidad, se seleccionará a la brevedad posible los sitios, objetos o especies vivas de animales o plantas, según sea el caso, que se transformarán en parques o reservas nacionales, monumentos naturales o reservas de regiones vírgenes tan pronto como a juicio de las autoridades del país, lo permitan las circunstancias.

En este artículo las partes contratantes se obligan de manera *inmediata* a comenzar los *estudios de factibilidad* para la creación de parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales y reservas de regiones vírgenes (Categorías centrales para un Sistema

20 Promulgada por D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, D.O. de 04.10.1967. Título: Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, firmado en Washington el 12 de Octubre de 1940. Inicio Vigencia en Chile: 04-10-1967.

de Áreas Protegidas). El compromiso se debilita en cierta forma cuando señala que "Si la creación es factible, se hará tan pronto sea conveniente" así como cuando dispone que "Si no es factible, igualmente se deberán seleccionar las áreas, objetos o especies, que a futuro deberán ser protegidas jurídicamente". En general, puede afirmarse que en relación a este compromiso, el Estado de Chile se encuentra en un claro estatus de cumplimiento general, independientemente de no haber dictado, después de entrado en vigencia el Convenio, un estatuto global que regulase, con rango de ley, estas categorías de protección.

Sin embargo, se han suscitado conflictos interpretativos en relación con el ARTÍCULO III, según el cual "*Los Gobiernos Contratantes convienen en que los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos, sino por acción de la autoridad legislativa competente. Las riquezas existentes en ellos no se explotarán con fines comerciales".*

Según esta disposición, las Partes contratantes se obligan, en caso de alteración o enajenación de las AP, a hacerlo mediante los mecanismos propios del poder legislativo, mientras que Chile ha operativizado la protección jurídica de esta categoría de ecosistema a través de actos de carácter "administrativo". Igualmente la normativa chilena transgrede esta disposición al estar permitido, jurídicamente, "explotar con fines comerciales las riquezas existentes en ellos", en particular, en cuanto se pueden efectuar exploraciones y explotación de recursos mineros, aunque bajo ciertas restricciones.

En este mismo contexto de compromisos, el ARTÍCULO V establece dos relevantes:

1. *Los Gobiernos Contratantes convienen en adoptar o en recomendar a sus respectivos cuerpos legislativos competentes, la adopción de leyes y reglamentos que aseguren la protección y conservación de* **la flora y fauna** *dentro de sus respectivos territorios y fuera de los parques y reservas nacionales, monumentos naturales y de las reservas de regiones vírgenes mencionados en el artículo II. Dichas reglamentaciones contendrán disposiciones que permitan la caza o recolección de ejemplares de fauna y flora para estudios e investigaciones científicas por individuos y organismos debidamente autorizados.*
2. *Los Gobiernos Contratantes convienen en adoptar el recomendar a sus respectivos cuerpos legislativos la adopción de leyes que aseguren la protección y conservación de los paisajes, las formaciones geológicas extraordinarias, y las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor científico o histórico.*

En otras palabras, las partes signatarias se obligan como mínimo a recomendar al legislativo la adopción de instrumentos jurídicos que aseguren la protección y conservación de la flora, fauna, paisajes, formaciones geológicas, regiones y objetos naturales de interés estético, científico o histórico.

Esta convención tiene fuerza vinculante para el Estado de Chile, en cuanto, además de definir los distintos tipos de AP, obliga a estudiar la factibilidad para su creación y, luego del estudio, si es posible, a crearlas mediante los mecanismos legislativos correspondientes

(instrumentos legales). Asimismo y después de su creación cualquier alteración o enajenación que tenga por objeto el área protegida, el Estado estará obligado a realizarlo a través de similar conducto.

### b) Convenio sobre la Diversidad Biológica[21]

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es uno de los instrumentos internacionales más importantes en materia de protección de ecosistemas, ya que sus objetivos centrales se orientan a la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. El Convenio sobre la Diversidad Biológica es el primer acuerdo mundial que protege todos los aspectos de la biodiversidad y de allí su importancia.

En términos resumidos, el CDB requiere de los países miembros:

- Elaborar estrategias nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la Biodiversidad; Identificar hábitats y especies críticas y establecer programas de seguimiento.
- Establecer áreas protegidas para estos hábitats y especies.
- Regular y dar seguimiento a las actividades que puedan amenazar a la biodiversidad.
- Cooperar con otros Estados en la educación, el entrenamiento y la investigación para proteger la biodiversidad.
- Compartir equitativamente los recursos genéticos y los beneficios de la biotecnología entre los Estados miembros.
- Además, los países desarrollados tienen la obligación de proporcionar apoyo financiero a proyectos para la protección a la biodiversidad en países en vías de desarrollo[22].

Las normas que aparecen como las más relevantes y que tienen íntima y directa relación con las AP son las que se mencionan a continuación.

El artículo 2 contiene un conjunto de "términos" o conceptos asociados a la materia. En particular destacan los siguientes:

> *Por **área protegida** se entiende un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.*

21 Promulgado mediante D.S. N° 1963, de 1984, del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en D.O. de 06.05.1995. Título: Promulga Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, República Federativa de Brasil. Inicio Vigencia en Chile: 06-05-1995. La Convención entró en vigor a finales de 1993. Actualmente, su Conferencia de las Partes la conforman más de 185 países miembros.

22 http://www.pnuma.org/recnat/esp/diversidadbiologica.php

Esta definición es coherente con la vertida en las directrices de UICN (2008)

Las AP constituyen una de las expresiones de la "conservación *in situ*".

> *Por "**conservación** in situ" se entiende la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas.*

De allí que deben tenerse en cuenta como conceptos asociados los referidos a "diversidad biológica", "ecosistema", "especie domesticada o cultivada", "hábitat", "recursos biológicos", "recursos genéticos" y "utilización sostenible".

El Artículo 6 señala un conjunto de Medidas generales a los efectos de la conservación y la utilización sostenible. Es así como "Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares:

a) *Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adoptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada;*

b) *Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales".*

Se trata de una clara y perentoria obligación para los Estados signatarios la mencionada en la letra a), por cuanto el Estado se obliga a crear estrategias, planes o programas de carácter nacional para conservar y utilizar de manera sostenible la diversidad biológica, además de integrar a ésta en las políticas regionales de desarrollo. La obligación es de carácter general y, por lo mismo, debe entenderse que incluye la adopción de las medidas jurídicas que sea necesario dictar para dar cumplimiento a los planes y programas indicados en la letra a). Igual requerimiento demanda la integración de la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.

Chile cuenta con instituciones públicas y una organización para acometer estos compromisos, como también de un marco jurídico general orientado al desarrollo sustentable. Para la materia que concierne a este informe, la Ley 19.300 y sus instrumentos, en su texto vigente entre 1994 y 2010, constituyeron un fuerte impulso a la incorporación de estos compromisos. Las recientes modificaciones de la Ley N° 20.417 a la ley 19.300, como asimismo el compromiso legal de crear un "Servicio de Biodiversidad y de Áreas Protegidas" que den cuenta de un "ajuste" normativo que tiene por objeto mejorar la

organización institucional para el desarrollo sostenible y para la conservación de la biodiversidad en general.

Destaca también el Artículo 7, referido a medidas de Identificación y seguimiento. Establece un conjunto de acciones tendientes a facilitar el cumplimiento de los compromisos de la CDB, aunque esta vez se establece que *Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda*[23]*, en especial para los fines de los artículos 8 a 10:*

a) *Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que figura en el anexo I*[24]*;*

b) *Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible;*

c) *Identificará los procesos y categorías de actividades que tengan, o sea probable que tengan, efectos perjudiciales importantes en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de esos efectos; y*

d) Mantendrá y organizará, mediante cualquier mecanismo, los datos derivados de las actividades de identificación y seguimiento de conformidad con los apartados a), b) y c) de este artículo.

El cumplimiento de esta disposición es de enorme importancia debido a que según la misma Convención, mediante estas acciones o medidas de *seguimiento e identificación,* se hace posible cumplir con los objetivos de los artículos 8 a 10, los cuales tienen relación directa (mediante fuerza vinculante) con las AP.

Sin perjuicio de lo anterior, el Artículo 8° alude a la Conservación *in situ* y en particular se refiere a las AP. Dispone lo siguiente:

---

23 Expresiones de tipo "facultativo" para cumplir el compromiso llevan a permitir niveles de cumplimiento que en la práctica pueden resultar insuficientes, dando lugar a calificar estas disposiciones como de "soft law", en la nomenclatura del derecho internacional público.

24 *1. Ecosistemas y hábitats que: contengan una gran diversidad, un gran número de especies endémicas o en peligro, o vida silvestre; sean necesarios para las especies migratorias; tengan importancia social, económica, cultural o científica; o sean representativos o singulares o estén vinculados a procesos de evolución u otros procesos biológicos de importancia esencial;*
*2. Especies y comunidades que: estén amenazadas; sean especies silvestres emparentadas con especies domesticadas o cultivadas; tengan valor medicinal o agrícola o valor económico de otra índole; tengan importancia social, científica o cultural; o sean importantes para investigaciones sobre la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, como las especies características; y*
*3. Descripción de genomas y genes de importancia social, científica o económica.*

*Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible*[25] *y según proceda* (se reproducen las letras atinentes a la materia):

*a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;*

*b) Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;*

*c) Reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su conservación y utilización sostenible;*

*d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales;*

*e) Promoverá un desarrollo ambientalmente adecuado y sostenible en zonas adyacentes a áreas protegidas, con miras a aumentar la protección de esas zonas;*

*f) Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación;*

*h) Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies;*

*i) Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilizaciones actuales con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes;*

*k) Establecerá o mantendrá la legislación necesaria y/u otras disposiciones de reglamentación para la protección de especies y poblaciones amenazadas;*

Si bien la disposición puede calificarse de *soft law* (la convención utiliza la expresión "En la medida de lo posible", con lo cual deja un margen subjetivo de aplicabilidad), aun así obliga al Estado a:

– Establecer un sistema de AP;
– Elaborar directrices para la selección de las áreas a proteger;
– Reglamentar la conservación de la diversidad biológica dentro de las AP;
– Promover la protección de las AP y

25 Prescripción de *soft law* formal, aunque en la práctica transita hacia niveles de obligatoriedad material. En la práctica, no puede sostenerse que Chile haya o esté incumpliendo estas obligaciones, salvo aspectos puntuales.

– Armonizar la utilización actual de estas áreas con miras a alcanzar una utilización sostenible de aquellas.

**Evaluación**

En general, Chile ha estado dando avances en el cumplimiento global de estos compromisos. En efecto, en cumplimiento del Convenio de Biodiversidad, se dictó la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD) como documento marco para la gestión y protección de ecosistemas, especies y recursos genéticos en nuestro país[26]. Con posterioridad se dictó el Plan de acción país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015[27]. Estos documentos son de diciembre de 2003 y de abril de 2005, respectivamente. En diciembre de 2005 se dictó la "Política Nacional de Áreas Protegidas", en cuya elaboración participaron 15 instituciones públicas. Apunta a la creación e implementación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el cual permitirá armonizar los objetivos de protección de ecosistemas relevantes, con el desarrollo económico del país y la mejor calidad de vida de sus habitantes, integrando eficazmente los esfuerzos públicos y privados. Esta política, además, constituye el marco orientador para la concreción de una estrategia de gestión de las Áreas Protegidas, bajo un enfoque moderno y efectivo de conservación de la naturaleza, en un escenario de crecientes expectativas en esta materia, tanto local como internacional[28].

**Tiene sentido afirmar que con estos instrumentos de planificación vigentes, cumpliendo la CDB, Chile ha avanzado en el diseño de directrices conceptuales que ya marcan un rumbo para el establecimiento de un sistema de AP y dan luces orientadoras a las funciones, competencias y prerrogativas del futuro sistema institucional anunciado en la ley 24.417 que reformó la institucionalidad ambiental.**

Aunque la Convención, en la mayoría de sus normas, es de relativa fuerza vinculante debido al carácter facultativo con que establece las obligaciones (utilizando casi siempre la expresión "en la medida de lo posible"), aun así desarrolla de manera detallada las medidas que se deben adoptar en las AP e incluso en sus alrededores, para cumplir con los objetivos de la Convención. Por lo mismo gran parte del articulado de ésta tiene, o debería

26 http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/w3-article-31858.html. La Estrategia Nacional de Biodiversidad, fue aprobada por el Consejo de Ministros de CONAMA en Diciembre de 2003,

27 http://www.sinia.cl/1292/articles-35223_PDA.pdf

28 http://www.sinia.cl/1292/article-35111.html

tener, plena aplicación en el sistema de AP chileno y/o ser consideradas en los ajustes normativos que regulen un sistema integrado de AP.

### c) Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas (RAMSAR)[29]

Esta Convención tiene por objetivo la **conservación de las zonas húmedas**[30], de su flora y fauna, entendiendo que estas constituyen un recurso de gran valor económico, cultural, científico y recreativo. Las normas siguientes son las que tienen una mayor y directa relación con las AP.

El Artículo 2 consigna una de las principales obligaciones para los Estados signatarios, al señalar que:

1. Cada Parte Contratante designará zonas húmedas apropiadas dentro de su territorio para ser incluidas en una lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional, de ahora en adelante denominada la "Lista", la cual es conservada por la secretaría establecida en el artículo 8.

   Los límites de cada zona húmeda serán descritos minuciosamente, como también se delimitarán en un mapa y podrán incorporarse zonas ribereñas y litorales adyacentes a las zonas húmedas, e islas o extensiones de agua marina cuya profundidad en la marea baja es mayor de seis metros, situado en las zonas húmedas, especialmente cuando éstas tienen importancia como hábitat de aves acuáticas.
2. Las zonas húmedas deben seleccionarse para la Lista en base a su importancia internacional en términos de ecología, botánica, zoología, limnología o hidrología.
3. En el primer caso deberían incluirse las zonas húmedas de importancia internacional para las aves acuáticas en cualquier estación (…).
4. Cada Parte Contratante designará al menos una zona húmeda, la que se incluirá en la Lista al momento de firmar esta Convención, o al depositar su instrumento de ratificación o adhesión, según se estipula en el Artículo 9.
5. Las Partes Contratantes tendrán derecho a agregar a la Lista otras zonas húmedas situadas dentro de su territorio, a extender los límites de aquellas que ya se hallan incluidas en la Lista, o por razones urgentes de interés nacional, a retirar de la Lista, o a restringir los límites de las zonas húmedas incluidas en la Lista o informará de cualquier cambio, en el menor tiempo posible, a la organización

29 Promulgada por D.S. N° 771, de 4.09.1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores, D.O. de 11.11.1981. Título: Promulga Convención relativas a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas. Suscrito en Ramsar, Irán, el 2 de Febrero de 1971.

30 Los humedales de importancia internacional son parte de los ecosistemas protegidos que debe relevar este estudio en sus aspectos normativos.

o gobierno responsables de las funciones permanentes de la Secretaría que se especifica en el Artículo 8.

6. Cada Parte Contratante deberá considerar sus responsabilidades en el plano internacional para la conservación, administración y explotación racional de la población migratoria de aves acuáticas, ya sea al designar la zona húmeda de su territorio a inscribir en la Lista, como también al ejercer su derecho a modificar sus inscripciones.

**Evaluación**

La mayoría de los numerales de este artículo establecen obligaciones al Estado con clara fuerza vinculante. Entre ellas, los Estados signatarios "deben":

– Designar zonas húmedas, al menos una;
– Establecer sus límites de manera minuciosa;
– Deben seleccionarse por su importancia internacional;
– Considerar su responsabilidad en el ámbito internacional al momento de cumplir con las normas mencionadas anteriormente, y
– Retirar de la Lista, o a restringir los límites de las zonas húmedas incluidas en la Lista "por razones de interés nacional" (es decir, el retiro es una prerrogativa de excepcional aplicación, bajo una objetiva y clara condición general).

Por su parte el artículo 3 señala que:

1. *Las Partes Contratantes deberán elaborar y poner en ejecución planes de su conveniencia a objeto de favorecer la conservación de las zonas húmedas incluidas en la Lista y, hasta donde sea posible, la utilización racional de las zonas húmedas de su territorio.*
2. *Cada Parte Contratante tomará las medidas pertinentes para mantenerse informada lo antes posible si la índole ecológica de alguna zona húmeda en su territorio e incluida en la Lista hubiera cambiado, esté cambiando o pueda cambiar como consecuencia del desarrollo tecnológico, polución u otra interferencia humana. Los informes sobre dichos cambios se transmitirán sin tardanza a la organización o gobiernos responsables de las funciones permanentes de la Secretaría especificada en el Artículo 8.*

Adicionalmente, el artículo 4 obliga a los Estados parte a elaborar y poner en acción planes con el objeto de favorecer la conservación de estas AP.

En efecto, establece lo siguiente:

1. *Cada Parte Contratante favorecerá la conservación de las zonas húmedas y de las aves acuáticas al crear reservas naturales en zonas húmedas, estén éstas incluidas o no en la Lista, y proveerá adecuada protección para ellas.*

2. *Cuando una Parte Contratante, por razones urgentes de interés nacional, suprime o restringe los límites de una zona húmeda incluida en la Lista, deberá compensar en la medida en que le sea posible, toda pérdida de recursos en ésta y, especialmente, deberá crear nuevas reservas naturales para las aves acuáticas y para la protección, de una porción adecuada del hábitat original, ya sea en la misma área o en otro lugar.*

**Evaluación**

Esta disposición establece de manera inequívoca la obligación de crear reservas naturales en las zonas húmedas estén o no incluidas en la "lista". Incluso si se suprime o modifica alguna zona húmeda esta deberá compensarse mediante la creación de una nueva reserva natural para las aves acuáticas y su protección. Esta norma expresamente hace alusión al sistema de AP.

A nuestro juicio se trata de una convención de *hard law* (en cuanto a su fuerza vinculante) estableciendo obligaciones claras en cuanto a declarar zonas húmedas y crear AP para su protección y conservación.



### d) Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste[31]

Las actividades relacionadas con las áreas marinas y costeras protegidas se enmarcan en este instrumento regional de carácter vinculante, suscrito y ratificado por los países miembros del Plan de Acción del Pacífico Sudeste. Para la implementación del antes mencionado protocolo, en 1992 se aprobó la Red Regional de Áreas Costeras y Marinas Protegidas en el Pacífico Sudeste (V Reunión Intergubernamental del Plan de Acción). En una reunión de expertos se preparó el Plan de Trabajo para esta Red Regional[32].

31 Promulgación: mediante D.S. N° 827, de 27.06.1995, del Ministerio de Relaciones Exteriores, D.O. de 31.08.1995. Título: Promulga el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste, (suscrito por Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú en Paipa, Colombia, el 21 de septiembre de 1989). Este Protocolo tiene su origen en el "Convenio de Lima" o "Convenio para la Protección del Medio Ambiente y la Zona Costera del Pacífico Sudeste", suscrito en Lima, Perú, el 12 de noviembre de 1981, promulgado mediante D.S. N° 296, de 7.04.1986, del Ministerio de Relaciones Exteriores, D.O. 14.06.1986.

32 http://www.cpps-int.org/index.php/component/content/article/45-areas-marinas-y-costeras-protegidas/104-introduccion-a-las-areas-protegidas-marinas-y-costeras.html

> El objetivo del Protocolo es generar la adopción de medidas apropiadas para proteger y preservar los ecosistemas frágiles, vulnerables o de valor natural único, y la fauna y flora amenazadas por agotamiento y extinción en el Pacífico Sudeste.

Chile ratificó el 10 de noviembre de 1993 el Protocolo que entró en vigor el 25 de octubre de 1994.

El texto del Protocolo incorpora el principio de interés común de buscar la administración de las zonas costeras valorando racionalmente el equilibrio que debe existir entre la conservación y el desarrollo. Además establece diversas normas sobre las AP, criterios comunes para el establecimiento de dicha áreas, regulación de actividades a través de una gestión ambiental integrada bajo unos lineamientos definidos, zonas de amortiguación alrededor de las AP, medidas para prevenir, reducir y controlar la contaminación de las áreas protegidas, evaluación del impacto ambiental mediante un procedimiento de análisis integrado, cooperación científica y técnica, fomento de la participación comunitaria, educación ambiental e intercambio de información sobre autoridades de las AP y programas de investigación[33].

Ámbito de Acción:

El ámbito de acción del Protocolo se incluye en el Artículo II, disposición que establece que las Partes "llevarán a cabo" las acciones coordinadas o conjuntas objeto del presente Tratado, principalmente en los siguientes sectores:

(…)5. Protección de la Diversidad Biológica:

a) Preservación y utilización sostenible del patrimonio fito y zoogenético.
b) Preservación y adecuado manejo de los parques y reservas nacionales existentes y establecimiento de nuevas áreas naturales protegidas para asegurar la protección de la diversidad biológica *in situ* y de las bellezas escénicas.

La norma obliga directamente al Estado a crear áreas bajo protección, en cualquiera de sus formas. De esta obligación genérica se desprenden las siguientes subobligaciones.

En materia de suministro de Información sobre las AP, el Artículo III dispone que *Las Altas Partes Contratantes se comprometen a suministrarse información, a través de la Secretaría Ejecutiva de este Protocolo, respecto de la designación de AP, señalando al efecto los factores que se han tomado en cuenta para dicha determinación, como la importancia que revisten tales áreas desde el punto de vista científico, ecológico, económico, histórico, arqueológico, cultural, educativo, turístico, estético y otros.*

33 http://www.directemar.cl/dai/dai–esp/convenios_int/conv_cpps.htm#convenio5

*La información suministrada por las Altas Partes Contratantes, hará referencia a los efectos que pueda tener sobre el ambiente, recursos costeros o su valor.*

*Cada Estado Parte procurará, en la medida de lo posible y antes de establecer sus AP, intercambiar informaciones sobre el particular con los demás Estados Parte del Protocolo. Cada Estado Parte, informará a los demás, a través de la Secretaría Ejecutiva, sobre cualquier cambio que efectúe en el régimen legal o en la delimitación de sus AP.*

*La Secretaría Ejecutiva deberá llevar al día un catastro de las informaciones suministradas por los Estados Parte respecto de sus AP así como de las medidas regulatorias que adopten para esas áreas. La Secretaría Ejecutiva transmitirá a las demás Partes, oportunamente, los informes recibidos.*

El Artículo IV señala que *las Altas Partes Contratantes adoptarán criterios comunes para el establecimiento de áreas bajo su protección. Para este efecto, si lo consideran conveniente, solicitarán en conjunto o individualmente la asesoría y cooperación de los organismos internacionales competentes.*

## Directrices para el Manejo de Áreas Protegidas

*El Artículo V contiene un conjunto de directrices orientadoras para el manejo de las AP. Señala a las partes que en las áreas protegidas, cada Alta Parte Contratante establecerá una gestión ambiental integrada dentro de los siguientes lineamientos:*

a) Establecer un manejo de la fauna y flora, acorde con las características propias de las áreas protegidas;

b) Prohibir las actividades relacionadas con la exploración y explotación minera del suelo y subsuelo del área protegida;

c) Regular toda actividad científica, arqueológica o turística en dicha área;

d) Regular el comercio que afecte la fauna, la flora y su hábitat, en el área protegida;

e) En general, prohibir cualquier actividad que pueda causar efectos adversos sobre las especies, ecosistemas o procesos biológicos que protegen tales áreas, así como sobre su carácter de patrimonio nacional, científico, ecológico, económico, histórico, cultural, arqueológico o turístico.

**Evaluación**

Estos lineamientos, en especial el último, guardan concordancia con las restricciones que otros instrumentos internacionales, como la Convención de Washington y la CDB establecen respecto de actividades no compatibles. Es más, debe tenerse en cuenta que la CDB deja a salvo en forma expresa la aplicación complementaria de otros convenios internacionales[34] y las directrices mencionadas son totalmente compatibles con los objetivos de la CDB.

Minería: Uno de los aspectos preocupantes en los que Chile debe revisar su normativa interna se relaciona con la directriz de la letra b) del artículo V), que prohíbe actividades mineras en las AP. Más adelante se analizará la situación jurídica en relación a la materia. Pero anticipamos que es uno de los aspectos más sensibles en lo tocante al cumplimiento de los instrumentos internacionales que definen y regulan la conservación *in situ* de la biodiversidad.

Turismo: Dos elementos que surgen de la Ley N° 20.423 ("Del Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo"): el primero, esta ley permite constatar el nivel de cumplimiento de la letra c) del artículo V) del Protocolo toda vez que el Título V regula "El desarrollo Turístico en las Áreas Silvestres Protegidas del Estado". En especial destaca el Artículo 18 el cual dispone (en sus 3 incisos iniciales) que *"Sólo se podrán desarrollar actividades turísticas en Áreas Silvestres Protegidas de propiedad del Estado cuando sean compatibles con su objeto de protección, debiendo asegurarse la diversidad biológica, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.*

Agrega que *"El Comité de Ministros de Turismo, a proposición de la Subsecretaría de Turismo, y previo informe técnico de compatibilidad con el plan de manejo emitido por la institución encargada de la administración de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, determinará aquellas que, de acuerdo a su potencial, serán priorizadas para ser sometidas al procedimiento de desarrollo turístico explicitado en los artículos siguientes.*

Para mayor resguardo, expresa que *"Para los efectos de este título, las decisiones adoptadas por el Comité, además de cumplir con el requisito de la mayoría absoluta, deberán contar con la aprobación del Ministro bajo cuya tutela se administran las Áreas Silvestres Protegidas del Estado y del Ministro de Bienes Nacionales, quienes en todo evento deberán pronunciarse fundadamente.*



34 En efecto, el Artículo 22 de la CDB (Relación con otros convenios internacionales) señala en su N° 1 que "Las disposiciones de este Convenio no afectarán a los derechos y obligaciones de toda Parte Contratante derivados de cualquier acuerdo internacional existente, excepto cuando el ejercicio de esos derechos y el cumplimiento de esas obligaciones pueda causar graves daños a la diversidad biológica o ponerla en peligro.

Adicionalmente a lo expuesto, el Artículo VI obliga a los signatarios a establecer Zonas de Amortiguación: *Las Altas Partes Contratantes establecerán, alrededor de las áreas protegidas, zonas de amortiguación, cuando ellas no existan, en las cuales los usos puedan ser regulados con el fin de asegurar el cumplimiento de los propósitos del presente Protocolo.*

Artículo VII: Medidas para Prevenir, Reducir y Controlar la Contaminación de las Áreas Protegidas

*Las Altas Partes tomarán, individual o conjuntamente, todas las medidas para prevenir o reducir y controlar el deterioro ambiental, incluyendo la contaminación en las áreas protegidas, proveniente de cualquier fuente y actividad, esforzándose para armonizar sus políticas al respecto.*

El artículo VIII relaciona estas áreas con uno de los más emblemáticos instrumentos de gestión ambiental: la "Evaluación de Impacto Ambiental".

Dispone sobre la materia que *Las Altas Partes Contratantes efectuarán la evaluación del impacto ambiental de toda acción que pueda generar efectos adversos sobre las áreas protegidas, estableciendo un procedimiento de análisis integrado sobre el particular. Intercambiarán asimismo información sobre las actividades alternativas o medidas que se sugieran, a fin de evitar tales efectos.*

El Artículo IX se relaciona con la *Investigación científica, técnica, educación ambiental y participación comunitaria.* Dispone que *Las Altas Partes Contratantes fomentarán la investigación científica, técnica, la educación ambiental y la participación comunitaria, como base para la conservación y administración de las áreas protegidas.*

Los artículos siguientes contienen Normas de Cooperación (Art. X) y Educación Ambiental (Art. XI). Así, el Artículo X establece: "*Las Altas Partes Contratantes procurarán, a través de la Secretaría Ejecutiva de este Protocolo, cooperar en la administración y conservación de las áreas protegidas, intercambiando al efecto información sobre los programas e investigaciones desarrolladas en ellas, y las experiencias recogidas por cada una de éstas, en particular, en los ámbitos científicos, legales y administrativos. El Secretario Ejecutivo podrá también solicitar esta información de las universidades y entidades especializadas de los Estados Partes del presente Protocolo, a través de los Puntos Focales. Las Altas Partes Contratantes directamente, o por conducto de la Secretaría Ejecutiva, promoverán programas de asistencia científica, técnica, legal, educativa y de otra índole para las áreas protegidas".* En tanto, el Artículo XI señala: "*Las Altas Partes Contratantes fomentarán la educación ambiental y la participación comunitaria en la conservación y manejo de las áreas protegidas".*

Por su parte, el Artículo XII, concerniente a las Autoridades de las Áreas Protegidas señala que "*Las Altas Partes Contratantes se comprometen a proporcionar, a través de la Secretaría Ejecutiva, información sobre:*

**Evaluación**

Desde la dictación, en 1994, de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, se incorporó formalmente la "evaluación de impacto ambiental" como instrumento de aplicación de políticas públicas ambientales. El artículo 10 –que establece el listado de proyectos o actividades que deben ser evaluados ambientalmente– en su letra e) incluye a los "caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas"; y más abiertamente, en su letra p) obliga a evaluar la ejecución de "obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita".

Por su parte el artículo 11, al definir los criterios que determinan el instrumento de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Declaración o Estudio de Impacto Ambiental), incluyó como tal, en la letra d) *"localización próxima a población, recursos y áreas protegidas, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar*." Esta letra fue modificada posteriormente, ampliando su espectro de cobertura, quedando actualmente redactada como sigue (subrayado lo que se agrega): *"localización en o próxima a población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar"*[35].

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental ha sido un instrumento de valiosa utilidad para efectos de generar contención a actividades incompatibles con los objetivos de conservación de las AP.

a) La organización y autoridades nacionales competentes en la administración de las áreas protegidas.
b) Programas de investigación en las áreas protegidas.

35 Ley N° 20.417, Art. PRIMERO N° 8.

## Evaluación

En resumen, este protocolo resulta ser una norma importantísima, ya que además de establecer la obligación de conservar y preservar, manejar adecuadamente las AP y crear nuevas áreas, menciona detalladamente cuáles son las acciones que se deben llevar a cabo para cumplir con los objetivos de la convención y su protocolo.

Ahora bien, lo destacable es que todas estas normas pueden utilizarse como herramientas con el fin de conservar, proteger y principalmente manejar el sistema de AP en Chile y no "solo" cumplir con los objetivos de la convención en comento, debido a que establece los parámetros básicos sobre AP.

Información:

La norma obliga a suministrarse información respecto a las AP designadas y los factores (científico, ecológico, económico, histórico, arqueológico, cultural, educativo, turístico, estético y otros) que han influido en la toma de la decisión.

Criterios:

Búsqueda de criterios comunes para el establecimiento de las áreas, inclusive pudiendo recurrir a organismos internacionales competentes.

Regulación de Actividades:

Gestión ambiental: Ya sea del manejo de la flora y fauna, prohibición de actividades de exploración y explotación de minerales y la regulación de la actividad científica y turística. (Inclusive incluye el ámbito turístico)

Zonas de Amortiguación: Prevenir, Regular y Controlar contaminación. Desde sustancias tóxicas, perjudiciales o nocivas, especialmente las de carácter persistente, incluyendo la de buques, sustancias peligrosas e incluso el manejo de especies y fauna exótica.

Evaluación de Impacto Ambiental. Obligación de registrar todas las acciones que puedan generar efectos adversos a las zonas protegidas.

Investigación Científica y técnica; educación ambiental y participación comunitaria

Obligación de fomentar estas actividades en relación a la conservación y protección de las áreas bajo protección.

Cooperación: Educación, Autoridades.

Observación General:

En general, la Convención incluye entre sus obligaciones, variadas áreas materia de estudio del Derecho Ambiental relativo a los recursos naturales.

Aquí lo que en realidad hay, es una clara aplicación de principios de gestión medioambiental tanto internacional como nacional (Prevención, Educación), estableciendo incluso la obligación de evaluar los daños ambientales. Es muy palpable también, desde esta Convención, como todas las ciencias confluyen, haciendo transversal (como debe ser) la aplicación del derecho ambiental para lograr los objetivos propuestos a nivel internacional.

### e. Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural[36]

La Convención –en el marco de la UNESCO– no hace referencia directa a AP, sino que se refiere genéricamente al "patrimonio mundial", distinguiendo dentro del mismo, el "patrimonio cultural" y el "patrimonio natural". El concepto de PATRIMONIO NATURAL comprende *"los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico; las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies, animal y vegetal, amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico; los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural"*[37].

La Convención establece el deber para los Estados de procurar dentro de lo posible[38] *"adoptar una política general encaminada a integrar la protección de ese patrimonio en los programas de planificación general, y de instituir servicios de protección, conservación y revalorización del mismo"*[39]. Además, "*instituir en su territorio, si no existen, uno o varios servicios de protección, conservación y revalorización del patrimonio cultural y natural, dotados de un personal adecuado que disponga de medios que le permitan llevar a cabo las tareas que le incumban"*[40] Igualmente *"adoptar las medidas jurídicas, científicas, técnicas, administrativas y financieras adecuadas, para identificar, proteger, conservar, revalorizar y rehabilitar ese patrimonio*[41]*".*

La Convención establece que cada uno de los Estados Partes en la Convención presentará al Comité del Patrimonio Mundial, en la medida de lo posible, *un inventario de los bienes del patrimonio cultural y natural situados en su territorio y aptos para ser incluidos en la lista que trata el párrafo 2 de este artículo* (Lista del patrimonio mundial que elaborará dicho Comité). Por último, el Comité elaborará también una "Lista del patrimonio mundial en peligro" con aquellos bienes que figuren en la lista anterior, y cuya protección exija grandes trabajos de conservación para los cuales se haya pedido ayuda en virtud de la Convención[42].

---

36 Promulgación: D.S. N° 259, de 1980, del Ministerio de Relaciones Exteriores, D.O. de 12 de 12.05.1980. La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural fue suscrita en el marco de la conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en su 17ª reunión celebrada en París del 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972.

37 Convención, Art. 2.

38 Compromiso de *soft law*. Sin embargo, sin ser obligatorio cabalmente, si puede o permite producir efectos jurídicos.

39 Convención, Art. 5 a).

40 Convención, Art. 5 b).

41 Convención, Art. 5 d).

42 Convención, Art. 11 Nros. 1 y 2.

### 2.3.2. Instrumentos de política y planificación internacionales que directamente se relacionan con las AP

a) Agenda XXI

La Agenda XXI[43] es un programa de las Naciones Unidas para promover el desarrollo sostenible. Es un plan detallado de acciones que deben ser acometidas a nivel mundial, nacional y local por entidades de la ONU, los gobiernos de sus Estados miembros y por grupos principales particulares en todas las áreas en las cuales ocurren impactos humanos sobre el medio ambiente. Agenda es una lista detallada de asuntos que requieren atención, organizada cronológicamente y 21 hace referencia al siglo XXI. La palabra agenda, aunque de origen latino (plural de *agendum*), es un anglicismo en castellano; el término oficial adoptado por la ONU es Programa 21, aunque poco se usa a nivel internacional[44].

Los temas fundamentales de la Agenda 21 están tratados en 40 capítulos organizados en un preámbulo y cuatro secciones. La Sección II. Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo, incluye en el Título 15, acciones a ser emprendidas para la "Conservación de la Diversidad Biológica".

En la Sección "Bases para la acción", 15.3 señala que "Pese a los crecientes esfuerzos hechos en el curso de los 20 últimos años, ha continuado el proceso de pérdida de la diversidad biológica del mundo, principalmente a causa de la destrucción de los hábitats, el cultivo excesivo, la contaminación y la introducción inadecuada de plantas y animales foráneos. Los recursos biológicos constituyen un capital con un gran rendimiento potencial de beneficios sostenibles. Es preciso tomar urgentemente medidas decisivas para conservar y mantener los genes, las especies y los ecosistemas, con miras a la ordenación y la utilización sostenible de los recursos biológicos. Hay que reforzar en los planos nacional e internacional la capacidad de evaluación, estudio y observación sistemática de la biodiversidad. Se requieren una acción nacional y una cooperación internacional eficaces para la protección *in situ* de los ecosistemas (…)[45]"

b) Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas de la COP 7 de la Convención sobre Diversidad Biológica[46]

Este importante documento contiene en el Preámbulo una importante declaración: *"Las áreas protegidas –parques nacionales, reservas naturales y otras áreas en las que*

43 Es un Programa originado con motivo de y adoptado en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo o "Cumbre de la Tierra" celebrada en Junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Texto disponible en http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_15.shtml

44 Sitio web consultado: http://www.formaselect.com/areas–formativas/pdf/la–agenda–21.pdf

45 Sitio web consultado: http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/age15.htm

46 Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004) Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB) Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 34 p.

*se adoptan medidas especiales para conservar la diversidad biológica y los procesos ecológicos– se han considerado desde hace mucho tiempo como una herramienta clave para medir la pérdida de la diversidad biológica mundial. Hace ya más de un siglo que se designan áreas de protección especial por su belleza natural y su calidad de resguardo de algunas de las especies más espectaculares de la diversidad biológica mundial. En los últimos cuarenta años ha habido un cambio paradigmático respecto al papel de las áreas protegidas. Ha quedado atrás el paradigma de "parques y reservas nacionales", que prevaleció desde el siglo XIX hasta mediados del siglo XX, y hoy se ha adoptado un enfoque conceptual y práctico más amplio, el de áreas de uso sostenible. Ahora sabemos que, además de valores de conservación, las áreas protegidas poseen valores esenciales para el bienestar humano.*

*Entre los beneficios que proporcionan las áreas protegidas cabe destacar la conservación de la diversidad biológica y los ecosistemas, diversos servicios de los ecosistemas, turismo, ocio, medios de subsistencia para poblaciones locales y su contribución a la erradicación de la pobreza y al desarrollo sostenible".*

Agrega que *"Las áreas protegidas son un componente esencial de las estrategias de conservación nacionales y mundiales. La importancia de las áreas protegidas está reconocida a nivel internacional. La creación y administración de áreas protegidas es un aspecto central del artículo 8 sobre "Conservación* in situ*" del Convenio sobre la Diversidad Biológica. El Plan de aplicación de la CMDS ha convocado específicamente a establecer, para el año 2010, un sistema representativo de áreas marinas protegidas y a promover y apoyar las iniciativas sobre áreas particulares de conservación y redes ecológicas. Uno de los indicadores para lograr el punto 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio ("Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente") es la "superficie de tierras protegidas para mantener la diversidad biológica"*.

Sobre esta base, el Programa tiene como objetivo general apoyar el establecimiento y mantenimiento (al 2010 para las zonas terrestres y al 2012 para las zonas marinas) de sistemas nacionales y regionales completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos de AP, las cuales contribuyen al logro de los objetivos del Convenio de reducir significativamente el ritmo actual de pérdida de la diversidad biológica[47]. Destaca el Objetivo 1.1., crear y fortalecer sistemas nacionales y regionales de AP integradas en una red mundial, como contribución a las metas mundialmente convenidas. Igualmente el Objetivo 1.2., Integrar las AP en los paisajes terrestres y marinos más amplios de manera de mantener la estructura y la función ecológica.



47 *Ibídem*, Finalidad General y Ámbito del Programa de Trabajo, punto 6.

### c. Plan de Acción de la Convención para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste

Este Plan se enmarca dentro de los objetivos de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)[48].

El objeto principal del Plan de Acción es la protección del medio marino y las áreas costeras, para promover la preservación de la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras. El plan tiende a proporcionar el marco apropiado para el establecimiento y aplicación de una política adecuada e integral que permita alcanzar tal objetivo, teniendo en cuenta las necesidades particulares de la región[49].

Entre sus objetivos se incluye la formulación de instrumentos legales nacionales y regionales para la protección del medio marino y áreas costeras, el asesoramiento a los Gobiernos para la ejecución de los convenios internacionales sobre estas materias, en que son partes, así como también la implementación de medidas legales para obtener compensación por daño ecológico[50].

El Plan tiene como marco legal general el Convenio para la Protección del Medio Ambiente y las Zonas Costeras del Pacífico Sudeste, también llamado "Convenio de Lima" de 1981, que obliga a las Altas Partes Contratantes a esforzarse, ya sea individualmente o por medio de la cooperación bilateral o multilateral, en adoptar las medidas apropiadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino y las zonas costeras del Pacífico Sudeste y para asegurar una adecuada gestión ambiental de los recursos naturales[51].

### d. Red Mundial de Reservas de la Biosfera establecidas por UNESCO

Las reservas de Biosfera son sitios reconocidos por la UNESCO en el marco de su Programa sobre el Hombre y la Biosfera que innovan y demuestran la relación entre conservación y desarrollo sostenible. Evidentemente, estos sitios se encuentran bajo la jurisdicción soberana de los Estados en los que están situados, pero comparten sus ideas y experiencias a nivel nacional, regional e internacional en el seno de la Red Mundial de Reservas de Biosfera. Actualmente existen 551 sitios repartidos en 107 países[52].

Lo anterior implica que las medidas jurídicas de resguardo de estas reservas quedan entregadas a cada Estado. Sometida sin embargo una zona o ecosistema determinado

---

48 La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) es el Organismo Regional Marítimo Apropiado para la coordinación de las políticas marítimas de sus Estados Miembros: Chile, Colombia, Ecuador y Perú. Nace el 18 de agosto de 1952 con la 'Declaración sobre Zona Marítima' suscrita en Santiago por los Gobiernos de Chile, Ecuador y Perú. Colombia se adhiere al Sistema el 9 de agosto de 1979.

49 CPPS, Plan de Acción, Pág. 3. http://cpps–int.org/spanish/planaccion/docs2010/Plan%20de%20Accion%20PSE.pdf

50 *Ibídem*, Pág 4.

51 http://www.cpps–int.org/spanish/planaccion/areasprotegidaspa.htm

52 http://portal.unesco.org/science/es/ev.php–URL_ID=4801&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

a la designación como tal y aprobada por UNESCO, los Estados asumen el respeto a los criterios y recomendaciones previstas para estas áreas.

En otras palabras, son los Estados miembros de la UNESCO los que "pueden señalar (los lugares) como prioritarios para poner en marcha aplicaciones basadas en los principios y prácticas del desarrollo sostenible, orientadas al establecimiento y mantenimiento de relaciones específicas dependiendo del contexto y del beneficio mutuo entre la conservación de la naturaleza y su biodiversidad y el bienestar socioeconómico de las poblaciones"[53];

En la Reunión de Madrid de 2008, los países integrantes de UNESCO solicitaron "que se aproveche el potencial de acción de las Reservas de la Biosfera para abordar los nuevos problemas, como son la pérdida del conocimiento tradicional y la diversidad cultural, la demografía, la pérdida de terrenos cultivables, el cambio climático, la biodiversidad y el desarrollo sostenible; y, en particular, como lugares para invertir e innovar, con el objetivo de mitigar el cambio climático y adaptarse al mismo, promocionar un mayor uso de la energía renovable en alternativas sostenibles tanto en áreas rurales como urbanas, además de incrementar y aprovechar los servicios y productos de los ecosistemas en el desarrollo sostenible para el bienestar humano.

### Evaluación

Estos instrumentos revisten suma importancia. La Agenda XXI es un instrumento no vinculante, pero que en la práctica ha sido adoptado libremente por países, regiones, provincias y municipios en diversos aspectos, dado el carácter de directriz y recomendaciones prácticas que contiene. No es una norma jurídica de *Hard Law*, pero contiene principios que por la aplicación consuetudinaria pueden llegar a constituir derecho, o bien, muchos de ellos son recogidos en instrumentos de carácter vinculante.

El Plan de Trabajo sobre AP de la COP 7 de la CDB, y el Plan de Acción de la CPPS hay que verlos con mayor cuidado en sus efectos, toda vez que adscriben a convenios vinculantes (CDB) y a un organismo regional (CPPS), respectivamente y se contextualizan en compromisos de implementación de las obligaciones emanadas de estos instrumentos. El "Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste" contiene un conjunto de obligaciones que pueden operativizarse a través del Plan de Acción.

Por su parte el Programa MAB de UNESCO, que sustenta las Reservas de la Biosfera, ha adquirido una autoridad a nivel mundial que compromete a los estados miembros de la ONU y de la red de reservas a afrontar con seriedad cada una de las designaciones, las que son postuladas voluntariamente.

53 UNESCO, Declaración de Madrid, (2008), III Congreso Mundial de Reservas de Biosfera y XX sesión del Consejo Internacional de Coordinación (CIC) http://www.unesco.org/mab/doc/brs/S_MadridDeclaration.pdf

### 2.3.3. Tratados o Convenciones relacionados con el libre comercio que son relevantes en materia de AP

Son diversos los Tratados sobre Libre Comercio (TLC) que Chile ha suscrito. Debe recordarse el hito marcado por el Tratado con Canadá, en el cual se generaron compromisos ambientales explícitos, incluyendo un listado de normas jurídicas que para los efectos del Convenio debía considerarse "legislación ambiental vigente" y a la cual el Estado de Chile se obligaba a respetar, fortalecer y fiscalizar (en general). Algunos de los otros acuerdos bilaterales, en general, si bien incluyen temas similares, en ciertos casos, no desarrollan en detalle la materia.

Lo importante, a nuestro juicio, radica en que estos compromisos, sumados a los de tratados multilaterales ambientales, constituyen una poderosa base jurídica de derecho internacional público que "obliga" jurídicamente a Chile a fortalecer permanentemente su gestión ambiental, y en particular la de sus AP. Los Tratados de Libre Comercio, a diferencia de los convenios multilaterales ambientales ratificados por Chile, contienen mecanismos institucionales, procedimientos y sanciones para la contravención de las obligaciones previstas en el respectivo TLC, incluyendo la violación a las normas jurídicas ambientales.

Como ya lo dijimos, emblemáticos son a este respecto los TLC con Canadá (1997) y Estados Unidos de América (2003), esencialmente iguales en sus prescripciones ambientales.



**Tabla 3**
**Tratados de Libre Comercio Ratificados por Chile[54]**

| |
|---|
| Decreto N° 317: Tratado de libre comercio con el Gobierno de la República Popular China. Ministerio de Relaciones Exteriores. 23 de septiembre de 2006. |
| Decreto N° 262: Tratado de libre comercio con los Estados miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio. Ministerio de Relaciones Exteriores. 1 de diciembre de 2004. |
| Decreto N° 48: Tratado de libre comercio con el Gobierno de la República de Corea. Ministerio de Relaciones Exteriores. 1 de abril de 2004. |
| Decreto N° 312: Tratado de libre comercio con los Estados Unidos de América. Ministerio de Relaciones Exteriores. 31 de diciembre de 2003. |
| Decreto N° 28: Acuerdo por el que se establece una asociación entre la Comunidad Europea y sus Estados miembros, por una parte, y la República de Chile por la otra y sus anexos, apéndices, protocolos y notas, suscritos en Bruselas, el 18 de noviembre de 2002. Ministerio de Relaciones Exteriores. 1 de febrero de 2003. |
| Decreto N° 14: Tratado de libre comercio entre Chile y Centroamérica, adoptado entre los gobiernos de las Repúblicas de Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Ministerio de Relaciones Exteriores. 14 de febrero de 2002. |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 3*

| Tabla 3<br>Tratados de Libre Comercio Ratificados por Chile[54] |
|---|
| Decreto N° 1.101: Tratado de libre comercio, sus anexos y apéndices, suscrito entre la República de Chile y los Estados Unidos Mexicanos el 17 de abril de 1998. Ministerio de Relaciones Exteriores. 31 de julio de 1999. |
| Decreto N° 1.020: Tratado de libre comercio y sus anexos, apéndices y notas, suscrito el 5 de diciembre de 1996 entre el Gobierno de la República de Chile y el Gobierno de Canadá. Ministerio de Relaciones Exteriores. 5 de julio de 1997. |
| Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional. |

## a. Tratado de Libre Comercio entre Chile y Canadá

En la materia que nos interesa, son relevantes los siguientes artículos del Tratado:

Artículo A-04: Señala reglas sobre la relación con tratados en materia ambiental y de conservación:

*"En caso de incompatibilidad entre este Tratado y las obligaciones específicas en materia comercial contenidas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres, celebrada en Washington el 3 de marzo de 1973, con sus enmiendas del 22 de junio de 1979 (…)"* (también El Protocolo de Montreal y el Convenio de Basilea) *"estas obligaciones prevalecerán en la medida de la incompatibilidad siempre que, cuando una Parte tenga la opción entre medios igualmente eficaces y razonablemente a su alcance para cumplir con tales obligaciones, elija la que presente menor grado de incompatibilidad con las demás disposiciones de este Tratado".*

Artículo G-06: establece requisitos de desempeño:

"*(6) Siempre que dichas medidas no se apliquen de manera arbitraria o injustificada, o no constituyan una restricción encubierta al comercio o inversión internacionales, nada de lo dispuesto en los párrafos 1(b) o (c) o 3(a) o (b) se interpretará en el sentido de impedir a una Parte adoptar o mantener medidas, incluidas las de naturaleza ambiental necesarias para:*

a. asegurar el cumplimiento de leyes y reglamentaciones que no sean incompatibles con las disposiciones de este Tratado;

54 Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).- http://www.bcn.cl/carpeta_temas/temas_portada.2005-11-29.5590492629/area_2.2005-12-01.2439583052

b. proteger la vida o salud humana, animal o vegetal; o

c. la preservación de recursos naturales no renovables vivos o no".

Artículo G-14: establece medidas relativas a medio ambiente:

1. *"Nada de lo dispuesto en este capítulo se interpretará como impedimento para que una Parte adopte, mantenga o haga cumplir cualquier medida, por lo demás compatible con este capítulo, que considere apropiada para asegurar que las actividades de inversión en su territorio se efectúen tomando en cuenta inquietudes en materia ambiental".*
2. *"Las Partes reconocen que es inadecuado alentar la inversión por medio de un relajamiento de las medidas internas aplicables a salud o seguridad o relativas a medio ambiente. En consecuencia, ninguna Parte debería renunciar a aplicar o de cualquier otro modo derogar, u ofrecer renunciar o derogar, dicha medidas como medio para inducir el establecimiento, la adquisición, la expansión o conservación de la inversión de un inversionista en su territorio. Si una Parte estima que la otra Parte ha alentado una inversión de tal manera, podrá solicitar consultas con esa otra Parte y ambas consultarán con el fin de evitar incentivos de esa índole".*

Sin lugar a dudas que el instrumento vinculante más importante, en el marco del TLC, es el Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá.

a.1. Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá[55]

El Acuerdo de Cooperación Ambiental firmado entre Chile y Canadá corresponde a uno de los dos acuerdos paralelos firmados en el marco del Tratado de Libre Comercio entre ambos países. El otro cubre la cooperación laboral y ambos entraron en vigor en julio de 1997.

Sus principales objetivos son fortalecer la cooperación ambiental entre las partes y asegurar la ejecución eficaz de las leyes y regulaciones ambientales de cada una de ellas, favoreciendo, además, que se alcancen las metas y los objetivos ambientales del Tratado de Libre Comercio. Como objetivos específicos se mencionan, entre otros, el fomento de un desarrollo sostenible y la cooperación en la conservación, protección y mejora del medio ambiente.

El Acuerdo reafirma el derecho de cada país a establecer su propio nivel de protección ambiental, políticas y prioridades. No faculta a las autoridades de una Parte a emprender actividades de ejecución de leyes ambientales dentro del territorio de la otra.

Asimismo, el Acuerdo promueve la transparencia y la participación pública. Mediante los instrumentos y mecanismos de este Acuerdo, ciudadanos y organizaciones no gubernamentales pueden realizar peticiones, si estiman que los gobiernos no han aplicado

55 D.S. N° 1020, de 03.07.1997, del Ministerio de Relaciones Exteriores, Promulga el Tratado de Libre Comercio, el Acuerdo de Cooperación Ambiental y el Acuerdo de Cooperación Laboral, suscritos con Canadá. D.O. 05.07.1997.

efectivamente su legislación ambiental. Estas peticiones son evaluadas por un comité independiente y eventualmente pueden derivar en la preparación de un "expediente de hecho". Por su parte, los gobiernos tienen acceso a un mecanismo de consultas y solución de controversias, para tratar casos en los cuales se crea que existe una pauta persistente de omisiones en la aplicación efectiva de la legislación ambiental en cualquiera de las Partes[56].

En particular nos parece destacable el Artículo 3 referido a **"Niveles de protección"**. Señala que *"Reconociendo el derecho de cada Parte de establecer, en lo interno, sus propios niveles de protección ambiental, y de políticas y prioridades de desarrollo ambiental, así como el de adoptar y modificar, en consecuencia, sus leyes y reglamentos ambientales, cada Parte garantizará que sus leyes y reglamentos prevean altos niveles de protección ambiental y se esforzará por mejorar dichas disposiciones".* La Tabla siguiente incluye el listado de tratados, convenios y normas de derecho interno relacionadas con AP que son consideradas "legislación ambiental" para efectos del Acuerdo.

Igualmente, el Artículo 5 referido a **Medidas gubernamentales de fiscalización**, establece que *"(1) Con el objeto de lograr altos niveles de protección del ambiente y de cumplimiento con sus leyes y reglamentos ambientales, cada Parte aplicará de manera efectiva sus leyes y reglamentos ambientales a través de medidas gubernamentales adecuadas, conforme al artículo 37 (…)".*

Estas dos disposiciones son mandatorias, y van generando una base jurídica vinculante que impulsa un mayor estándar en materia de legislación ambiental. En el ámbito de las DEFINICIONES, el artículo 44.2.a. señala que "A menos que se especifique otra cosa en el Anexo 44.2, para los efectos del artículo 14(1) y la Quinta Parte: (a) ***"legislación ambiental"*** *significa cualquier ley o reglamento de una Parte, o sus disposiciones, cuyo propósito principal sea la protección del medio ambiente, o la prevención de un peligro contra la vida o la salud humana, a través de (…) iii)* ***la protección de la flora y fauna silvestres, incluso especies en peligro de extinción, su hábitat, y las áreas naturales bajo protección especial, en el territorio de la Parte****, pero no incluye cualquier ley o reglamento, ni sus disposiciones, directamente relacionados con la seguridad e higiene en el trabajo*[57].



56 http://www.conama.cl/chilecanada/1288/propertyvalue-12257.html

57 De hecho la misma disposición aclara en su letra b) que "Para mayor certidumbre, el término 'legislación ambiental' no incluye ninguna ley ni reglamento, ni sus disposiciones, cuyo propósito principal sea la administración de la recolección, extracción o explotación de recursos naturales con fines comerciales, ni la recolección o extracción de recursos naturales con propósitos de subsistencia o por poblaciones indígenas".

**Tabla 4**
**Legislación Sobre AP Incluida como "Legislación Ambiental" en Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá**

Anexo 44.2: Definición de Legislación Ambiental para Chile

Para los propósitos del artículo 14(1) y la Quinta Parte de este Acuerdo y sólo en referencia a Chile, la definición de "legislación ambiental" del artículo 44(2) estará sujeta a los Apéndices Apéndice 44B.1, Apéndice 44B.2 y Apéndice 44B.3, hasta el 2 de junio de 1999.

Apéndice 44B.1

La definición de "legislación ambiental" se aplicará, inmediatamente después de la entrada en vigor del Acuerdo, a la siguiente legislación, incluyendo cualesquiera modificaciones subsecuentes de la misma, incluyendo cualquier ley, reglamento o disposición en vigor después del 9 de marzo de 1994:

f. Vida Silvestre y Áreas Protegidas (1)

Leyes y tratados

1.f.1 *D.F.L. N° 265, 1931, del Ministerio de Agricultura, Ley de Bosques*, D.O. 29.05.31
1.f.2 *D.F.L. N° 25, 1963, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe la caza de aves guaníferas*, D.O. 04.04.63
1.f.3 *Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales*, D.O. 04.02.70
1.f.4 *Convención sobre Comercio Internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestres, adoptada en Washington el 3 de marzo de 1973, promulgada por D.S. N° 141, 1975, del Ministerio de Relaciones Exteriores*, D.O. 25.03.75
1.f.5 *Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas y su Anexo, suscrito en Washington, D.C., el 2 de diciembre de 1946, promulgada mediante el D.S. N° 489, 1979, del Ministerio de Relaciones Exteriores*, D.O. 21.09.79
1.f.6 *Convención sobre el Patrimonio Mundial Cultural y Natural, promulgada por D.S. N° 259, 1980, del Ministerio de Relaciones Exteriores*, D.O. 12.05.80
1.f.7 *Convenio para la conservación de la Vicuña, promulgado por D.S. N° 212, 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores*, D.O. 19.05.81
1.f.8 *Ley No.19.473, Ley de Caza*, D.O. 27.09.96

Decretos Supremos

Ministerio de Agricultura

1.f.9 *D.S. N° 268, 1955, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe la caza de aves silvestres durante su anidación*, D.O. 06.05.55
1.f.10 *D.S. N° 652, 1958, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Laguna del Laja*, D.O. 09.08.58
1.f.11 *D.S. N° 475, 1959, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Laguna San Rafael*, D.O. 28.07.59
1.f.12 *D.S. N° 1.050, 1962, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Torres del Paine*, D.O. 18.01.62
1.f.13 *D.S. N° 80, 1965, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Alberto de Agostini*, D.O. 24.02.65
1.f.14 *D.S. N° 4, 1967, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Volcán Isluga*, D.O. 07.02.67
1.f.15 *D.S. N° 321, 1967, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Isla Guamblin*, D.O. 03.07.67
1.f.16 *D.S. N° 322, 1967, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Río Simpson*, D.O. 12.07.67
1.f.17 *D.S. N° 347, 1967, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Huerquehue*, D.O. 31.07.67
1.f.18 *D.S. N° 264, 1969, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Bernardo O'Higgins*, D.O. 09.08.69
1.f.19 *D.S. N° 270, 1970, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Lauca*, D.O. 29.08.70
1.f.20 *D.S. N° 271, 1970, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Conguillío*, D.O. 29.08.70
1.f.21 *D.S. N° 378, 1970, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Paliaike,* D.O. 06.11.70
1.f.22 *D.S. N° 129, 1971, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe corta, arranque, transporte, tenencia y comercio de copihues*, D.O. 17.04.71
1.f.23 *D.S. N° 82, 1974, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe la corta de árboles y arbustos en la zona precordillerana y cordillerana andina que señala de la provincia de Santiago*, D.O. 03.07.74
1.f.24 *D.S. N° 162, 1974, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional El Morado,* D.O. 10.08.74
1.f.25 *D.S. N° 490, 1977, del Ministerio de Agricultura, que declara Monumento Natural a la especie vegetal "Alerce" o "Lahuén"*, D.O. 05.09.77

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 4*

**Tabla 4**
**Legislación Sobre AP Incluida como "Legislación Ambiental" en Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá**

Anexo 44.2: Definición de Legislación Ambiental para Chile

1.f.26 *D.S. N° 354, 1981, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe indefinidamente la caza, transporte, comercialización, posesión e industrialización de zorro rojo o culpeo, gato montés andino, gato montés argentino, güiña, gato de los pajonales y puma*, Diario Oficial 05.01.81
1.f.27 *D.S. N° 19, 1982, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Río Clarillo,* D.O. 05.03.82
1.f.28 *D.S. N° 94, 1982, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Los Ruiles,* D.O. 26.08.82
1.f.29 *D.S. N° 160, 1982, del Ministerio de Agricultura, que declara monumentos naturales Cinco Hermanas, Contulmo, Dos Lagunas, Laguna de Los Cisnes y Los Pingüinos*, D.O. 09.12.82
1.f.30 *D.S. N° 29, 1983, del Ministerio de Agricultura, que declara monumento natural Salar de Surire y crea Reserva Nacional Las Vicuñas*, D.O. 12.05.83
1.f.31 *D.S. N° 301, 1983, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional Isla Magdalena*, D.O. 11.07.83
1.f.32 *D.S. N° 153, 1984, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Las Chinchillas*, D.O. 22.02.84
1.f.33 *D.S. N° 127, 1986, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Río de Los Cipreses*, D.O. 06.01.86
1.f.34 *D.S. N° 123, 1986, del Ministerio de Agricultura, que declara monumento natural Pichasca*, D.O. 11.03.86
1.f.35 *D.S. N° 128, 1986, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Laguna de Torca*, D.O. 11.03.86
1.f.36 *D.S. N° 207, 1988, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Pampa del Tamarugal*, D.O. 11.04.88
1.f.37 *D.S. N° 70, 1988, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Isla Mocha*, D.O. 13.07.88
1.f.38 *D.S. N° 71, 1988, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional La Chimba*, D.O. 13.07.88
1.f.39 *D.S. N° 89, 1989, del Ministerio de Agricultura, que declara monumento natural Isla Cachagua*, D.O. 09.08.89
1.f.40 *D.S. N° 133, 1989, del Ministerio de Agricultura, que crea Parque Nacional La Campana*, D.O. 26.10.89
1.f.41 *D.S. N° 43, 1990, del Ministerio de Agricultura, que declara monumento natural a la Araucaria Araucana*, D.O. 03.04.90
1.f.42 *D.S. N° 51, 1990, del Ministerio de Agricultura, que declara monumento natural La Portada*, D.O. 05.10.90
1.f.43 *D.S. N° 50, 1990, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Los Flamencos*, D.O. 17.10.90
1.f.44 *D.S. N° 146, 1974, del Ministerio de Agricultura, que prohíbe la corta de árboles y arbustos que se encuentran situados dentro de los terrenos de la Provincia de Aysén*, D.O. 18.01.91
1.f.45 *D.S. N° 56, 1991, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Galletué*, D.O. 27.05.91
1.f.46 *D.S. N° 133, 1993, del Ministerio de Agricultura, Reglamento de la Ley de Caza,* D.O. 09.03.93
1.f.47 *D.S. N° 41, 1996, del Ministerio de Agricultura, que crea reserva nacional El Yali*, D.O. 31.05.96
1.f.48 *D.S. N° 59, 1996, del Ministerio de Agricultura, que crea Reserva Nacional Altos de Lircay*, D.O. 24.06.96
Ministerio de Bienes Nacionales
1.f.49 *D.S. N° 552, 1926, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Vicente Pérez Rosales*, Promulgación 17.08.26, sin publicar
1.f.50 *D.S. N° 103, 1935, del Ministerio de Tierras y Colonización, que crea Parque Nacional Rapa Nui y Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández y que prohíbe cortar la palma Chonta, Helechos Arbóreos y el Toromiro*, D.O. 16.02.35
1.f.51 *D.S. N° 2.489, 1935, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Tolhuaca*, D.O. 31.10.35
1.f.52 *D.S. N° 15, 1939, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Nahuelbuta*, D.O. 06.03.39
1.f.53 *D.S. N° 374, 1941, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Puyehue*, D.O. 31.05.41
1.f.54 *D.S. N° 339, 1941, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Bosque Fray Jorge*, D.O. 20.06.41
1.f.55 *D.S. N° 995, 1945, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Cabo de Hornos*, D.O. 25.07.45
1.f.56 *D.S. N° 734, 1983, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Chiloé*, D.O. 03.01.83
1.f.57 *D.S. N° 735, 1983, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Alerce Andino*, D.O. 03.01.83
1.f.58 *D.S. N° 640, 1983, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Queulat*, D.O. 24/11/83
1.f.59 *D.S. N° 527, 1986, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Pan de Azúcar,* D.O. 06.05.86
1.f.60 *D.S. N° 19, 1987, del Ministerio de Bienes Nacionales, que declara monumento natural Alerce Costero*, D.O. 09.03.87

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 4*

**Tabla 4**
**Legislación Sobre AP Incluida como "Legislación Ambiental"**
**en Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá**

Anexo 44.2: Definición de Legislación Ambiental para Chile

1.f.61 *D.S. N° 617, 1988, del Ministerio de Bienes Nacionales, que declara monumento natural Cerro Ñielol*, D.O. 09.02.88
1.f.62 *D.S. N° 429, 1988, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Reserva Nacional Ralco*, D.O. 18.08.88
1.f.63 *D.S. N° 884, 1988, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Hornopirén*, D.O. 22.12.88
1.f.64 *D.S. N° 26, 1989, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Parque Nacional Las Palmas de Cocalán*, D.O. 27.04.89
1.f.65 *D.S. N° 2.236, 1991, del Ministerio de Tierra y Colonización, que crea Parque Nacional Villarrica*, D.O. 09.01.91
1.f.66 *D.S. N° 89, 1996, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea Reserva Nacional Radal Siete Tazas*, D.O. 08.06.96

Ministerio de Educación
1.f.67 *D.S. N° 726, 1973, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Los Nogales*, D.O. 13.08.73
1.f.68 *D.S. N° 937, 1973, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Fundo Yerba Loca*, D.O. 28.08.73
1.f.69 *D.S. N° 631, 1975, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Laguna El Peral*, D.O. 08.09.75
1.f.70 *D.S. N° 680, 1975, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Laguna de Torca*, D.O. 27.09.75
1.f.71 *D.S. N° 835, 1976, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Alerzales de Potrero Anay, de Castro*, D.O. 02.10.76
1.f.72 *D.S. N° 556, 1976 del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Isla de Salas y Gómez e Islotes adyacentes a Isla de Pascua, Parque Quinta Normal y Península de Hualpén*, D.O. 14.02.78
1.f.73 *D.S. N° 48, 1978, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Punta Peyuco*, D.O. 21.07.78
1.f.74 *D.S. N° 622, 1978, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Islote Pájaros Niños*, D.O. 21.07.78
1.f.75 *D.S. N° 2, 1979, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Isla de Cachagua*, D.O. 06.02.79
1.f.76 *D.S. N° 77, 1981, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Afloraciones de rocas de Granito Orbicular en el sector Rodillo, de Caldera*, D.O. 23.02.81
1.f.77 *D.S. N° 2.734, 1981, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Zonas Húmedas cercanas a Valdivia*, D.O. 04.07.81
1.f.78 *D.S. N° 772, 1982, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Islote Peña Blanca y Punta Peña Blanca*, D.O. 08.05.82
1.f.79 *D.S. N° 37, 1982, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna*, D.O. 10.02.82
1.f.80 *D.S. N° 481, 1990, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza Roca Oceánica*, D.O. 20.05.90
1.f.81 *D.S. N° 484, de 1990, del Ministerio de Educación, que establece el Reglamento de la Ley N° 17.288*, D.O. 02.04.91
1.f.82 *D.S. N° 544, 1992, del Ministerio de Educación, que declara santuario de la naturaleza los Islotes de Lobería y Lobería Iglesia de Piedra de Cobquecura*, D.O. 29.10.92
1.f.83 *D.S. N° 480, 1995, del Ministerio de Educación, que crea Santuario de la Naturaleza La Cascada de las Ánimas*, D.O. 29.08.95

Ministerio de Minería
1.f.84 *D.S. N° 4, 1990, del Ministerio de Minería, que crea Reserva Nacional Pingüino de Humboldt*, D.O. 27.06.90

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 4*

**Tabla 4**
**Legislación Sobre AP Incluida como "Legislación Ambiental" en Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá**

Anexo 44.2: Definición de Legislación Ambiental para Chile

APENDICE 44B.2
La definición de "legislación ambiental" se aplicará a la siguiente legislación, incluyendo cualesquiera modificaciones subsecuentes de la misma, seis meses después de la entrada en vigor del Acuerdo.

e. VIDA SILVESTRE Y AREAS PROTEGIDAS (2)

Leyes
2.e.1 *D.L. N° 701, 1974, que establece el régimen legal de los terrenos forestales o preferentemente aptos para la forestación,* D.O. 28.10.74
Decretos Supremos
Ministerio de Agricultura
2.e.2 *D.S. N° 259, 1980, del Ministerio de Agricultura que aprueba el Reglamento del D.L. N° 701, 1974, sobre Fomento Forestal,* D.O. 30.10.80

APENDICE 44B.3
La definición de "legislación ambiental" se aplicará a la legislación siguiente, incluyendo cualesquiera modificaciones subsecuentes de la misma, de acuerdo a un calendario que será presentado por Chile a más tardar seis meses después de la entrada en vigor del Acuerdo. El calendario pasará a ser parte integrante de este Apéndice y sus disposiciones serán implementadas según corresponda.

e. VIDA SILVESTRE Y AREAS PROTEGIDAS (3)
Leyes y tratados
3.e.1 *Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, firmada en Washington, 1940, promulgada por D.S. Nº 531, 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 04.10.67
3.e.2 *D.L. Nº 1.557, 1976, respecto de preservar o reponer recursos naturales,* D.O. 30/09/76
3.e.3 *D.L. Nº 1.939, 1977, sobre Adquisición, Administración y Disposición de bienes del Estado, en cuanto a la facultad del Ministerio de Bienes Nacionales, para declarar parques nacionales, con fines de preservación de flora y fauna, del medio ambiente y la defensa del equilibrio ecológico,* D.O. 10,11.77
3.e.4 *Convención sobre la Conservación de Focas Antárticas, promulgada por D.S. Nº 191, 1980, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 24.04.80
3.e.5 *Convención sobre la Conservación de los Recursos vivos Marinos Antárticos, suscrito en Canberra, 1980, promulgada por D.S. Nº 662, 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 13.10.81
3.e.6 *Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, suscrita en Ramsar, Irán, 1971, promulgada por D.S. Nº 771, 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 11.11.81
3.e.7 *Convención sobre la conservación de las especies migratorias de la fauna salvaje, suscrita en 1979, en la República Federal Alemana, promulgada por D.S. Nº 868, 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 12.12.81
3.e.8 *Ley Nº 18.348, 1984, que crea la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables,* D.O. 19.10.84
3.e.9 *Ley Nº 18.362, 1984, que crea un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado,* D.O. 27.12.84
3.e.10 *Ley Nº 18.892, General de Pesca y Acuicultura,* D.O. 23.12.89
3.e.11 *Convenio sobre Diversidad Biológica, suscrito en Rio de Janeiro,1992, promulgado por D.S. Nº 1.963, 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores,* D.O. 06.05.95

Fuente: Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile-Canadá.

b. Tratado de Libre Comercio Chile-Estados Unidos[58]

El Tratado de Libre Comercio entre Chile y Estados Unidos de América es en sus aspectos ambientales de similares exigencias y contenidos al TLC con Canadá. Desde el inicio, las partes se comprometen a implementar este Tratado en forma coherente con la protección y conservación del medio ambiente, promover el desarrollo sostenible, conservar, proteger y mejorar el medio ambiente, incluso mediante el manejo de recursos naturales en sus respectivos territorios y a través de acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente de los que ambos sean parte.

Este Tratado incluye un capítulo exclusivo dedicado a la materia ambiental (Capítulo Diecinueve)

Objetivos: *Los objetivos de este Capítulo son contribuir a los esfuerzos de las Partes de asegurar que las políticas comerciales y ambientales se apoyen mutuamente y colaborar en la promoción de la utilización óptima de los recursos de acuerdo con el objetivo del desarrollo sostenible; y esforzarse por fortalecer los vínculos entre las políticas y prácticas comerciales y ambientales de las Partes con el fin de promover los objetivos de fomento comercial del Tratado, incluyendo la promoción de medidas no discriminatorias, evitando obstáculos encubiertos al comercio y eliminando distorsiones al comercio cuando el resultado pueda traducirse en beneficios directos tanto para el comercio como para el medio ambiente.*

En cuanto a los "Niveles de protección" se reconoce *"el derecho de cada Parte de establecer, internamente, sus propios niveles de protección ambiental y sus políticas y prioridades de desarrollo ambiental, así como de adoptar o modificar, consecuentemente, su legislación ambiental".* Agrega que *"cada Parte garantizará que sus leyes establezcan altos niveles de protección ambiental y se esforzará por perfeccionar dicha leyes*[59].

En otras palabras se reconoce a cada parte la elaboración, ejecución y modificación del aparataje jurídico medioambiental interno, como asimismo la obligación de contar con un nivel de protección alto y en constante perfeccionamiento.

El Artículo 19.2 contiene normas sobre "Fiscalización de la legislación ambiental" las que garantizan que no se alentará o promocionará el comercio o la inversión, menoscabando la esfera de protección ambiental.

Se establece un Consejo de Asuntos Ambientales (Artículo 19.3) para la evaluación de progresos en la materia, intercambio de ideas, implementación de actividades de participación pública, etc.

Otra de las materias relevantes se relaciona con la Cooperación ambiental (Artículo 19.5). Al respecto, se establece la importancia de celebrar en conjunto, un Acuerdo de Cooperación

58 D.S N° 312. de 01.12.2003, del Ministerio de Relaciones Exteriores, Promulga el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos de América, sus anexos y las notas intercambiadas entre ambos Gobiernos relativas a dicho Tratado. D.O. 31.12.2003. Última Modificación: D.S. N° 186, de 08.11.2004, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

59 Artículo 19.1

Ambiental, el que contiene algunos elementos importantes, como las actividades del Acuerdo de Cooperación, mencionándose entre ellas(d) *"estimular el manejo sostenible de los recursos ambientales, incluidas la flora y fauna silvestre y las áreas silvestres protegidas".*

**Evaluación**

Los TLC suscritos por Chile, a diferencia de convenios multilaterales de carácter ambiental, al ser bilaterales, cuentan con mecanismos coercitivos explícitos e incorporan el cumplimiento de la legislación ambiental en el contexto de intercambios comerciales de bienes y servicios, constituyen un reforzamiento al cumplimiento, despliegue y mejora continua de la gestión ambiental, en general, y en particular del desarrollo del marco jurídico e institucional de las AP. Basta "un" TLC que influya fuertemente en nuestro intercambio con otro Estado, para que la conveniencia de dar cumplimiento y avanzar en los aspectos de conservación de los ecosistemas y proteger la biodiversidad se torne en una cuestión urgente.

Como veremos, el marco de las relaciones internacionales de Chile constituye un fuerte impulso al fortalecimiento de las bases estructurales de la gestión ambiental. Ha sido, el ingreso de Chile a la OCDE, por ejemplo, un factor de impulso de una serie de reformas legales en diversos ámbitos, de los cuales no escapan los temas ambientales ni los relacionados en particular con la conservación de la biodiversidad *in situ*.

## 2.4. Políticas y Planes de Acción vigentes en Chile

### *2.4.1. Estrategia Nacional de Biodiversidad*[60]

La Estrategia Nacional de Biodiversidad fue aprobada por el Consejo de Ministros de CONAMA en Diciembre de 2003, y surge producto del Convenio sobre Diversidad Biológica suscrito en 1992 y ratificado por el país en el año 1994.

Esta estrategia reconoce la importancia de la biodiversidad como eje de la vida sobre la tierra y concentra sus esfuerzos en su conservación, incluyendo el uso sustentable de sus componentes. Reconoce además que la conservación de la biodiversidad es de interés común para toda la sociedad, así como una parte integrante del proceso de desarrollo. Considera a la biodiversidad como los ecosistemas, las comunidades de especies de animales y vegetales, las especies y sus interrelaciones y sus recursos genéticos. Toda la diversidad de vida que existe en los mares, agua dulce y ambientes terrestres, participa en los procesos que inciden sobre el equilibrio del clima, ciclo del agua, evolución de los suelos, etc.

60 Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles–31858_EstrategiaNAcionalBiodiversidad.pdf

Cabe señalar que esta Estrategia Nacional de Biodiversidad se formuló, luego que a partir de mayo de 2002, cada región del país comenzó a elaborar estrategias regionales para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

En materia de AP, esta Estrategia Nacional de Biodiversidad señala el siguiente objetivo específico:

- Se fortalecerá y mejorará la coordinación del actual sistema de gestión pública sobre la biodiversidad, en particular la creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, públicas y privadas, terrestres y acuáticas, perfeccionando el marco jurídico e institucional y desarrollando nuevos instrumentos de gestión como los de ordenamiento territorial, áreas protegidas con diversidad de categorías de protección, normas, incentivos, entre otros.

En materia de Líneas Estratégicas y acciones propuestas para cada una de ellas, relacionadas con las AP, señala, en lo que se refiere a Fortalecer la Coordinación Interinstitucional e Intersectorial para la Gestión Integral de la Biodiversidad, las siguientes:

- Mejoramiento del SNASPE: mejorar el marco jurídico y la ampliación eventual del SNASPE.
- Generar un modelo de protección y administración de la biodiversidad marina;
- Implementar y reforzar el programa de manejo sustentable de cuencas de manera de proteger la biodiversidad asociada a ecosistemas dulceacuícolas;
- Aclarar y reforzar las atribuciones sectoriales para la protección de especies identificando y fortaleciendo el rol coordinador institucional necesario para optimizar la gestión de la conservación de la vida silvestre y estableciendo mecanismos para llenar los vacíos institucionales que se detecten;
- Instrumentos de planificación territorial: asegurar que los instrumentos de planificación territorial, a distintos niveles, u otros mecanismos que emulen Ordenamiento Territorial, incorporen condiciones o zonifiquen espacios de modo de resguardar espacios marinos y terrestres para conservación de biodiversidad;
- Tratados internacionales: integrar los intereses y posibilidades nacionales para cumplir los acuerdos ambientales internacionales, como asimismo, avanzar en la plena puesta en marcha de los convenios más relevantes respecto a la biodiversidad.

Esta Estrategia Nacional de Biodiversidad en el marco del Eje Estratégico 1 denominado “Conservación y Restauración de Ecosistemas” señala como Línea de Acción 1 el “Establecimiento de una Red Nacional de AP terrestres y costero marinas”.

Esta línea de acción, agrega la referida Estrategia, está vinculada a las líneas de acción 5.1 (elaboración de Políticas Nacionales vinculadas a la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad) y 5.2 (Desarrollo e implementación de normas). Sus avances y puesta en marcha permitirán una protección más efectiva, especialmente si se hacen en sintonía con las prioridades de conservación reconocidas por los principales actores involucrados, a partir de antecedentes científicos y técnicos pertinentes y actualizados. En

este sentido, esta línea de acción busca proteger ecosistemas y sitios relevantes a partir de lo establecido en las Estrategias Regionales de Biodiversidad (ERB), producto de una explicitación de los criterios utilizados para tales efectos. Asimismo, se espera avanzar en la ampliación de las AP existentes según se determine como necesario para aquellos ecosistemas menos representados.

La protección efectiva de estos sitios de alto valor biológico, seleccionados en las ERB, unidas a la valoración y gestión de las áreas ya existentes, tanto públicas como las de carácter privado, implica que esta línea de acción está estrechamente vinculada con las acciones y avances que se logren en otras áreas temáticas, como la promoción de la cooperación público-privada, la priorización y ampliación de la investigación en diversidad biológica, la generación de mecanismos de financiamiento y el programa de apoyo a la gestión participativa y educación no formal, junto con los programas y proyectos específicos que deriven de la elaboración de las políticas nacionales que se construirán en el corto plazo, específicamente la Política Nacional de Áreas Protegidas. En la medida en que las diferentes líneas avancen, se podrán reflejar en acciones concretas y efectivas de conservación de AP y su unificación nacional, mediante la creación de una Red Nacional de AP. Una expresión de esa red será la integración de los actuales subsistemas de AP en un sistema nacional que las conecte física y organizacionalmente[61].

### *2.4.2. Plan de acción de país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015*[62]

El Plan de Acción de País se basa en los lineamientos que entrega la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2003) y en el marco regulatorio vigente, siendo aprobado por el Consejo de Ministros de CONAMA en abril de 2005. Este Plan constituye una visión conjunta entre actores relevantes de la sociedad chilena sobre los pasos para avanzar de manera sostenida en la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica hacia 2015. Considera además otras visiones derivadas de compromisos internacionales en materias de diversidad biológica y el uso sostenible de los recursos naturales. El Plan comprende la totalidad de las acciones y compromisos relevantes para avanzar en la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad en el corto, mediano y largo plazo.

En lo que se refiere a AP, este Plan de Acción en su Parte V "Síntesis de Ejes Estratégicos y Líneas de Acción del Plan" señala que el eje estratégico 1 denominado "Conservación y Restauración de Ecosistemas" busca crear una Red Nacional de AP Terrestres y Costero-Marinas que en el futuro se conformará en un sistema de AP que integre diversos subsistemas públicos y privados. Para ello se pondrán bajo protección sitios ya seleccionados en las ERB y nuevos que resulten de una actualización del conocimiento de las lagunas o baches de protección que la ciencia y el conocimiento colectivo aconsejen. A partir de

61 Ver nota 63.

62 Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles–31858_PlanAccionPais2004_2015.pdf

ello, se incluirán en la Red nuevos sitios. Se priorizan las acciones en ambientes menos representados actualmente en el norte y centro del país. Adicionalmente, este eje busca avanzar en la conservación de sitios de alto valor biológico bajo protección internacional, con acciones específicas para humedales, salares altoandinos y territorios afectados por la desertificación. Para ello, se contemplan, entre otras, las siguientes líneas de acción:

- Establecimiento de una Red nacional de AP terrestres y costero-marinas que busca que los esquemas legales vigentes y en desarrollo se operacionalicen para una protección efectiva, coordinada y participativa de los sitios prioritarios, a partir de un esfuerzo de definición de acciones de conservación con los actores involucrados y antecedentes científicos y técnicos pertinentes y actualizados.

En cuanto a la Línea de Acción "Establecimiento de una Red Nacional de AP Terrestres y Costero Marinas" este Plan de Acción País señala dos metas globales para 2015:

- Una red a nivel nacional de AP terrestres y costero-marinas implementada que incluya los ecosistemas priorizadas según su representatividad, utilizando los diferentes esquemas legales disponibles, los cuales deberán estar homogenizados y operativos con las técnicas respectivas. Esta red deberá estar implementada con acciones permanentes *in situ,* tanto del sector público como a través de acción público-privadas y privadas para la protección efectiva.
- Existencia de sinergias entre acciones de protección y restauración de biodiversidad y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático[63].

### *2.4.3. Informes de la OCDE*

a. Evaluación del Desempeño Ambiental para Chile (OCDE 2005)[64]. Este Informe de la OCDE constituye la más importante evaluación externa efectuada a la gestión y desempeño ambiental de Chile durante el periodo 1990 a 2004. Se concentró en gestión del aire, del agua, integración de la economía y el medio ambiente, integración sectorial: minería, silvicultura, acuicultura, integración de la sociedad y el medio ambiente y cooperación internacional y asignó una importancia especial al capítulo sobre "Conservación de la Naturaleza y la Diversidad Biológica".

Extraemos del componente de diagnóstico los nueve principales factores que son los siguientes[65]:

1. Hasta la fecha la protección de la naturaleza no ha contado con el énfasis y los recursos suficientes para enfrentar las amenazas de largo plazo de la diversidad biológica altamente endémica de Chile.

63 Ver nota 65.
64 Disponible en http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/21252/lcl2305e.pdf
65 *Ibídem*, Pág. 100

2. No hay ninguna *ley específica de conservación de la naturaleza* y las *estructuras institucionales y de manejo* dan una importancia secundaria a los objetivos de conservación ante las metas más amplias de los organismos relevantes.
3. A pesar de las mejoras registradas durante el período evaluado, los *fondos* para la protección de la naturaleza y la diversidad biológica y para velar por el cumplimiento de las normas son *insuficientes*.
4. Las especies del país, su estado de conservación y el funcionamiento de los ecosistemas continúan siendo *insuficientemente conocidos*.
5. Las políticas gubernamentales no reconocen adecuadamente el valor de la *naturaleza como un activo vital para la industria turística* ni aprovechan el potencial del turismo al máximo para así contribuir al financiamiento del manejo de la naturaleza.
6. A pesar del alto índice de protección general, muchos ecosistemas y hábitat significativos están subrepresentados, y al ritmo actual de avance el *objetivo de proteger el 10% de todos los ecosistemas significativos* para 2010 no se cumplirá.
7. El manejo de las AP sufre de falta de financiamiento e inversión. La ausencia de un sistema eficaz de planificación territorial, con excepción de los mecanismos de planificación sectorial, hace que los hábitats fuera de las AP sean sumamente vulnerables a la destrucción.
8. Los *bosques nativos* que no están en AP continúan expuestos a incendios originados por el hombre y a la tala ilegal de especies valiosas.
9. Hasta la fecha sólo se ha logrado un progreso limitado en integrar consideraciones sobre la diversidad biológica en el *manejo del agua*.

Para concluir, el Informe de la OCDE formula las siguientes siete recomendaciones[66]:

1. Completar y ejecutar en su totalidad los *planes de acción y estrategias de diversidad biológica nacional y regional* y asignarles los recursos apropiados.
2. Revisar los *acuerdos institucionales y legislativos* para el manejo de la naturaleza y la diversidad biológica.
3. Desarrollar una *visión estratégica* de los papeles complementarios de las AP estatales y privadas con el fin de lograr una *red coherente de áreas núcleo protegidas*, zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos.
4. Incrementar los *esfuerzos financieros* para satisfacer el objetivo de proteger el 10% de todos los ecosistemas significativos en Chile (incluidas las áreas costeras y marinas) y fomentar las actividades para la *aplicación de la legislación relacionada con la naturaleza.*
5. Establecer una iniciativa coordinada de los organismos estatales y las instituciones académicas para construir la *base de conocimientos científicos* (incluida la elaboración de un catálogo de las especies vivas) necesaria para el manejo de la naturaleza.

66 *Ibídem*, Pág. 100

6. Acelerar el avance hacia el establecimiento de un sistema *eficaz de ordenamiento territorial* que sea capaz de incorporar los valores de la diversidad biológica.
7. Identificar y usar mecanismos adicionales, incluidos los instrumentos económicos, para crear oportunidades *en las políticas de turismo y de naturaleza* de beneficio mutuo.

b. Estudio Territorial Chile (OCDE 2009)[67]. En este documento se incluye el propósito de mejorar la gestión sustentable de los recursos naturales. Se señala que los recursos naturales son uno de los activos económicos más importantes de Chile, pero para evitar una sobreexplotación de los recursos no renovables, debería priorizarse una transición hacia un modelo de desarrollo sustentable. Entre las medidas posibles está la de "Mejorar la gestión sustentable de los recursos naturales. En particular, sería importante realizar un uso sustentable de los bosques chilenos para conservar la rica diversidad biológica del país y asegurar la sustentabilidad y diversidad económica, especialmente en las regiones del sur"[68].

Entre las principales recomendaciones se afirma que el crecimiento del país no se da en un espacio virtual, ocurre en el territorio. Por tanto, se requieren territorios, regiones y comunas más fuertes, más autónomas, con mayor capacidad para tomar sus propias decisiones y así planificar su desarrollo, para focalizar los recursos y las inversiones. Agrega que las regiones deben ser más competitivas, ya que son ellas las que se insertarán con mayor éxito en el mercado global.

### *2.4.4. Política Nacional de Áreas Protegidas*[69]

La Política Nacional de Áreas Protegidas constituye el marco orientador para la "Estrategia Nacional de Áreas Protegidas".

"Esta Política Nacional, en cuya elaboración participaron 15 instituciones públicas, apunta a la creación e implementación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, lo que permitirá armonizar los objetivos de protección de ecosistemas relevantes, con el desarrollo económico del país y la mejor calidad de vida de sus habitantes, integrando eficazmente los esfuerzos públicos y privados. Constituye el marco orientador para la concreción de una estrategia de gestión de las AP, bajo un enfoque moderno y efectivo de conservación de la naturaleza, en un escenario de crecientes expectativas en esta materia tanto locales como internacionales"[70].

67 Disponible en http://www.ardpvalparaiso.cl/wp-content/uploads/2009/08/Estudio-Territorial-OCDE-Chile.pdf
68 *Ibídem*, Pág. 19
69 Aprobada por el Consejo de Ministros de CONAMA el 27 de diciembre de 2005. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-35111_pol_areasprotegidas.pdf
70 *Ibídem*, Parte de la presentación de la Directora de CONAMA.

En otras palabras, persigue sustentar las bases para conducir adecuadamente la integración de las AP al proceso de desarrollo del país; mostrándolas como oportunidades, ya que cumplen funciones ambientales y además pueden formar parte activa de la economía, generando ingresos y empleos para las comunidades locales y el país.

Señala el documento que hay "varios aspectos que convergen en el escenario actual para hacer necesario y oportuno el desarrollo de una Política Nacional de Áreas Protegidas. Primero, la evolución natural de nuestra política ambiental que, a más de 10 años de promulgada la Ley General de Bases del Medio Ambiente, se ve desafiada a abordar con mayor vigor el tema de la diversidad biológica. Así queda de manifiesto en el informe de Evaluación del Desempeño Ambiental de Chile (OCDE/CEPAL, 2005). En ese contexto, la Estrategia Nacional de Biodiversidad, destaca la conservación *in situ* como la principal forma de abordar la protección de la diversidad biológica de nuestro país".

"Así también, la firma de Tratados de Libre Comercio y nuestra participación activa en los mercados Internacionales imponen fortalecer las capacidades y estándares de gestión en los ámbitos económico, social, educacional y, por cierto, también en lo ambiental. En este último aspecto, Chile, en tanto signatario de diversas convenciones internacionales, debe esforzarse en alcanzar la adecuada implementación de las exigencias que ellas imponen".

"Entre ellas, el Programa de Áreas Protegidas del Convenio sobre Diversidad Biológica, que urge a los países ratificantes a crear una red de AP que permita poner bajo alguna categoría de protección a lo menos un 10% de la superficie de los ecosistemas relevantes a nivel nacional, basado en una selección científica y técnicamente fundada, la evaluación de factores de amenaza y viabilidad de largo plazo, así como su relación de costo-efectividad".

"Del mismo modo debe considerarse la creciente complejidad en la gestión de las AP, producto de una serie de factores, como: el aumento de la presión de actividades humanas en sus proximidades, aumento del número y tipos de las mismas, el involucramiento de diversos actores interesados en hacer gestión de AP (universidades, privados, indígenas, municipios, etc.), la necesidad de una mayor variedad de esquemas de administración o "gobierno" y la identificación de nuevas categorías de manejo posibles de gestionar"[71].

La visión que fundamenta esta política, es la creación de un Sistema Nacional que garantice la convivencia armónica de los objetivos de protección de ecosistemas, desarrollo económico y equidad social integrando los esfuerzos públicos y privados.

71 *Ibídem*, Introducción, Pág. 8.

El Objetivo General es crear e implementar un Sistema Nacional de AP, terrestres y acuáticas, públicas y privadas, que represente adecuadamente la diversidad biológica y cultural de la nación, garantizando la protección de los procesos naturales y la provisión de servicios ecosistémicos, para el desarrollo sostenible del país, en beneficio de las generaciones actuales y futuras.

En tanto que los **objetivos específicos** son los siguientes:

1. Estructurar un Sistema Nacional de AP, terrestres y acuáticas, a partir de lo existente y de las adecuaciones normativas e institucionales en los subsistemas público, privado y público-privado, para optimizar la gestión y protección de dicha áreas.
2. Incorporar la participación de los diferentes actores, en las instancias que corresponda, para la creación, el manejo y la evaluación de las AP.
3. Contar con muestras representativas de los ecosistemas terrestres, marinos y dulceacuícolas del país, según compromisos internacionales y la Estrategia Nacional de Biodiversidad, asegurando la existencia de muestras de cada uno de éstos en el subsistema público.
4. Asegurar la protección efectiva y eficiente, *in situ*, del Sistema Nacional de AP, bajo un modelo de gestión, que considere: liderazgo, planificación, administración, regulación, fiscalización y seguimiento.
5. Asegurar los recursos públicos necesarios para el funcionamiento eficiente del Sistema Nacional de AP y para la implementación de las líneas de acción marco de esta política, considerando, además, el concurso de otras fuentes de financiamiento.
6. Generar condiciones favorables para el desarrollo del turismo en particular y de otras actividades productivas, compatibles con los objetivos de protección y funcionamiento del Sistema, en concordancia con los intereses de las comunidades locales y con los objetivos de desarrollo regional.
7. Fomentar la incorporación del sector privado y otros actores, en la creación y gestión de AP en los subsistemas privado y público-privado.
8. Fortalecer la participación de terceros en las AP del subsistema público, para el manejo de recursos y en la prestación de servicios turísticos, de acuerdo a los objetivos de las categorías.
9. Promover la investigación científica en el sistema de AP, en especial aquella que vaya en directo beneficio de los objetivos de las áreas y de su manejo.
10. Fortalecer la conciencia ciudadana respecto de los beneficios de las AP, a través del acceso, la información, la difusión y la educación.

**Evaluación Instrumentos de Política**

En términos generales, podemos evaluar positivamente las acciones emprendidas en este ámbito durante la década de 2000 a 2010. Se detecta una disposición sistemática para avanzar en estos instrumentos que sirven de orientación a las adecuaciones regulatorias al sistema.

Y no podía ser de otra forma, teniendo en cuenta que las obligaciones asumidas internacionalmente, más que a través de los convenios multilaterales ambientales, sino que a través de los TLC y más aún, por el ingreso de Chile a la OCDE, no era factible que fuesen eludidas o ignoradas. El escenario ambiental global, en el cual el cambio climático, sumado a la pérdida de biodiversidad a nivel mundial, ha generado fuertes presiones entre los Estados para obligarse a avanzar fuertemente en materias de conservación ambiental.

Las exigencias ambientales ya no se presentan "encapsuladas", como cuestiones ajenas al desarrollo, sino por el contrario, hoy más que nunca "forman parte del desarrollo", o al menos así es percibido en forma generalizada. Estos escenarios inciden enormemente en la activación de reformas jurídicas e institucionales orientadas a entrelazar con más fuerza la dimensión ambiental al proceso de desarrollo. En el caso chileno, el ingreso a la OCDE ha sido, a nuestro juicio, un factor de enorme gravitación para dar lugar a las reformas de la institucionalidad ambiental formuladas en la Ley N° 20.417 (2010) y para la futura y próxima reforma al sistema de áreas protegidas de Chile (Creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas).

Estos instrumentos, en un desglose detallado e integrado de sus contenidos, permiten orientar las tareas de reforma al sistema institucional y normativo asociado a las áreas protegidas, reflejando las exigencias que hoy se perciben y que deben ser incluidas en un nuevo sistema de gestión que integre, coordine y armonice la gestión de las distintas categorías de AP, además de racionalizarlas y homologarlas con las categorías desarrolladas por UICN y aceptadas en forma general por la comunidad internacional.



## III. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN JURÍDICA DE LAS CATEGORÍAS DE ÁREAS PROTEGIDAS CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO

### 3.1. Parques Nacionales

#### *3.1.1. Fundamento Normativo*

Los Parques Nacionales se encuentran establecidos en el D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que aprobó la Convención para la Protección de la

Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América o Convención de Washington de 1940; en el D.L. N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Tierras y Colonización, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado; en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el D.S. N° 4.363, de 1931, del Ministerio de Tierras y Colonización, Ley de Bosques. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.



### *3.1.2. Definición*

De conformidad a lo establecido en el artículo 1 N° 1 de la Convención de Washington, los Parques Nacionales son **"las regiones establecidas para la protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y fauna de importancia nacional, de las que el público pueda disfrutar mejor al ser puestas bajo la vigilancia oficial"**.

### *3.1.3. Objetivos*

Como lo señala la propia definición, el objetivo de esta categoría de protección es la "protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y fauna de importancia nacional".

### *3.1.4. Competencias y atribuciones para su administración*

El Art. 21 del D.L. N° 1939, de 1977, establece que el **Ministerio de Bienes Nacionales**, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes.

De acuerdo con lo dispuesto en el inciso 2º del referido Art. 21 del D.L. N° 1939, de 1977, los predios que hubieren sido comprendidos en la declaración de Parque Nacional no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del **Ministerio de Bienes Nacionales**, previo informe favorable del **Ministerio de Agricultura o el Ministerio del Medio Ambiente**[72]**, según corresponda.**

---

72 El art. 2º transitorio numeral 6 de la Ley N° 20.417, de 2010, D.O. 26.01.2010, establece que se faculta al Presidente de la República para establecer mediante uno o más DFL, expedidos por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia, a propuesta del Ministerio del Medio Ambiente, los que también serán suscritos por el Ministro de Hacienda, entre otras normas, determinar la fecha de iniciación de actividades del Ministerio del Medio Ambiente, lo que se materializó mediante del D.F.L. N° 4, de 2010, que fijó la Planta del Ministerio del Medio Ambiente y del Servicio de Evaluación Ambiental, publicado en el D.O. 14.07.2010.

En tanto el Art. 15 del referido cuerpo legal prescribe ciertas limitaciones en cuanto a la administración de estos bienes al señalar que las reservas forestales, los **parques nacionales** y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil para finalidades de conservación y protección del medio ambiente.

Según lo establecido en el Inc. 2º del Art. 10 del D.S. N° 4.363, de 1931, Ley de Bosques, con el objeto de obtener un mejor aprovechamiento de los Parques Nacionales, CONAF podrá celebrar toda clase de contratos que afecten a dichos bienes y ejecutar los actos que sean necesarios para lograr esa finalidad. Asimismo, la CONAF podrá establecer y cobrar derechos y tarifas por el acceso público a los Parques Nacionales que ella determine y por la pesca y caza en los lugares ubicados dentro de esos Parques. Los dineros y productos que se obtengan ingresarán al patrimonio del referido servicio.

A su turno, el Art. 7 de la Ley N° 19.473, prescribe que "Se prohíbe la caza o captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico y de aposentamiento de aves guaníferas. No obstante lo anterior, el **Servicio Agrícola y Ganadero** podrá autorizar la caza o captura de determinados especímenes en los lugares señalados en el inciso precedente, pero sólo para fines científicos, para controlar la acción de animales que causen graves perjuicios al ecosistema, para establecer centros de reproducción o criaderos, o para permitir la utilización sustentable del recurso. En estos casos, deberá contarse, además, con el permiso de la autoridad que tenga a su cargo la administración del área silvestre protegida".

Por su parte, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.1.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

Si bien es cierto que no se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración, en los parques nacionales se han implementado planes de manejo.

## 3.2. Reservas Nacionales

### *3.2.1 Fundamento Normativo*

Las Reservas Nacionales se encuentran establecidas directamente en el D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que aprobó la Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América –o Convención de Washington de 1940– y en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.2.2. Definición*

De acuerdo a lo establecido en el artículo 1 N° 2 de la Convención de Washington, las reservas nacionales son **"las regiones establecidas para la conservación y utilización, bajo vigilancia oficial, de las riquezas naturales en las cuales se dará a la flora y la fauna toda protección que sea compatible con los fines para los que son creadas estas reservas".**

### *3.2.3. Objetivos*

Como lo señala la propia definición, el objetivo de esta categoría de protección es la "conservación y utilización, bajo vigilancia oficial, de las riquezas naturales".

### *3.2.4. Competencias y atribuciones para su administración*

La Convención de Washington establece en su Art. VIII que las especies incluidas en el anexo de la misma "serán protegidas tanto como sea posible y sólo las autoridades competentes del país podrán autorizar la caza, matanza, captura o recolección de ejemplares de dicha especies. Estos permisos podrán concederse solamente en circunstancias especiales cuando sean necesarios para la realización de estudios científicos o cuando sean indispensables en la administración de la región en que dicho animal o planta se encuentre".

Por su parte, el Art. 158 de la Ley de Pesca y Acuicultura establece que en las zonas marítimas que formen parte de Reservas Nacionales y Forestales podrán realizarse actividades pesqueras extractivas y de acuicultura. Previa autorización de los organismos competentes, podrá autorizarse el uso de porciones terrestres que formen parte de dichas reservas, para complementar las actividades marítimas de acuicultura.

A su turno, el Art. 7 de la Ley N° 19.473, prescribe que "Se prohíbe la caza o captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico

y de aposentamiento de aguas guaníferas. No obstante lo anterior, el Servicio Agrícola y Ganadero podrá autorizar la caza o captura de determinados especímenes en los lugares señalados en el inciso precedente, pero sólo para fines científicos, para controlar la acción de animales que causen graves perjuicios al ecosistema, para establecer centros de reproducción o criaderos, o para permitir la utilización sustentable del recurso. En estos casos, deberá contarse, además, con el permiso de la autoridad que tenga a su cargo la administración del área silvestre protegida".

Por último, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.2.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

Si bien es cierto no se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración, en las reservas nacionales se han implementado planes de manejo a cargo de la CONAF.

## 3.3. Reservas de Bosques o Reservas Forestales

### *3.3.1. Fundamento Normativo*

Las Reservas de Bosques o Reservas Forestales se encuentran establecidas en el D.S. N° 4.363, de 1931, del Ministerio de Tierras y Colonización, Ley de Bosques y en el D.L. N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Tierras y Colonización, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.3.2. Definición*

No obstante que esta categoría de protección se encuentra reconocida tanto en el Art. 10 del D.S. N° 4.363, de 1931, del Ministerio de Tierras y Colonización, Ley de Bosques, como en el Art. 21 del Decreto Ley N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Tierras y Colonización, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado, no establecen un concepto o definición. En efecto, el Art. 10 de la Ley de Bosques señala que "con el objeto de regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas

especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje, el Presidente de la República podrá establecer Reservas de Bosques y parques nacionales de turismo en los terrenos fiscales apropiados a dichos fines y en terrenos particulares que se adquieran por compra o expropiación". Por su parte, el artículo 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, otorga al Presidente de la República, a través del Ministerio de Bienes Nacionales, atribuciones para declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales, "con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio biológico, en aquellos terrenos fiscales necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes". De acuerdo con lo dispuesto en el inciso 2º del referido Art. 21 del D.L. N° 1939, de 1977, los predios que hubieren sido comprendidos en la declaración de Parque Nacional no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio de Bienes Nacionales, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura o el Ministerio del Medio Ambiente[73], según corresponda.

### *3.3.3. Objetivos*

Como lo señalan las definiciones precedentemente citadas el objetivo de esta categoría de protección, según lo establecido por el Art. 10 de la Ley de Bosques es "regularizar el comercio de maderas, garantizar la vida de determinadas especies arbóreas y conservar la belleza del paisaje", en tanto que en virtud del Art. 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, es el "cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico".

### *3.3.4. Competencias y atribuciones para su administración*

El Art. 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, establece que el Ministerio de Bienes Nacionales, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes.

De acuerdo con lo dispuesto en el Inc. 2 del Art. 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, los predios que hubieren sido comprendidos en la declaración de Reserva Forestal no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán tal calidad, sino en virtud de decreto del

73 Ver nota 72.

Ministerio de Bienes Nacionales, previa declaración del Ministerio de Agricultura o el Ministerio del Medio Ambiente, según corresponda.

En tanto, el Art. 15 del referido cuerpo legal prescribe ciertas limitaciones en cuanto a la administración de estos bienes, al señalar que las reservas forestales, los parques nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil para finalidades de conservación y protección del medio ambiente.

Según lo establecido en el Inc. 2º del Art. 10 del D.S. N° 4.363, de 1931, Ley de Bosques, con el objeto de obtener un mejor aprovechamiento de las Reservas Forestales, la CONAF podrá celebrar toda clase de contratos que afecten a dichos bienes y ejecutar los actos que sean necesarios para lograr esa finalidad. Asimismo, la CONAF podrá establecer y cobrar derechos y tarifas por el acceso público a las Reservas Forestales que ella determine y por la pesca y caza en los lugares ubicados dentro de esas Reservas. Los dineros y productos que se obtengan ingresarán al patrimonio del referido servicio.

Dadas las regulaciones indicadas entre ambos textos y sus contenidos, parece haber operado una "derogación tácita" de la Ley de Bosques en lo concerniente a las "reservas forestales". Se trata de una ley posterior y las regulaciones claramente aluden a la misma materia. Sin hacer un análisis exegético, lo importante es la poca claridad que existe en esta categoría de conservación en sus regulaciones legales. En una revisión de coexistencia de ambas normas, sin derogación tácita, igualmente es confuso el objetivo prescrito para la categoría. Todo indica la posibilidad de "manejo sustentable" de bosques, más algunos ingredientes adicionales de protección, que diferencian las reservas forestales de predios forestales privados. Hay un elemento de "interés público" de por medio, que se relaciona con la conservación de ecosistemas. De todas formas, esta categoría debe incluirse en la formulación de un nuevo marco normativo.

Por su parte, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.3.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

El instrumento por excelencia es el Plan de Manejo Forestal, de conformidad a lo establecido en el D.L. N° 701, de 1974, sobre Fomento Forestal y la Ley N° 20.283, de Bosque Nativo y Fomento Forestal.

## 3.4. Monumentos Naturales

### *3.4.1. Fundamento Normativo*

Los Monumentos Naturales se encuentran establecidos en el D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que aprobó la Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América o Convención de Washington de 1940 y en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.4.2. Definición*

Conforme a lo que señala el artículo 1 N° 3 de la Convención de Washington son monumentos naturales "las regiones, los objetos o las especies vivas de los animales o plantas de interés estético o valor histórico o científico, a las cuales se les da protección absoluta. Los Monumentos Naturales se crean con el fin de conservar un objeto específico o una especie determinada de flora o fauna declarando una región, un objeto específico o una especie aislada, monumento natural inviolable para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales".

### *3.4.3. Objetivos*

Como lo señala la propia definición, el objetivo de esta categoría de protección es la "conservación de un objeto específico, ya sea una región o una especie determinada de flora o fauna para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales".

### *3.4.4. Competencias y atribuciones para su administración*

En virtud de lo establecido en el Art. I N° 3 de la Convención de Washington, se debe dar a los Monumentos Naturales una protección absoluta e inviolable, excepto para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales.

A su turno, el Art. 7 de la Ley N° 19.473, prescribe que "Se prohíbe la caza o captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico y de aposentamiento de aves guaníferas. No obstante lo anterior, el Servicio Agrícola y Ganadero podrá autorizar la caza o captura de determinados especímenes en los lugares señalados en el inciso precedente, pero sólo para fines científicos, para controlar la acción de animales que causen graves perjuicios al ecosistema, para establecer centros de reproducción o criaderos, o para permitir la utilización sustentable del recurso. En estos

casos, deberá contarse, además, con el permiso de la autoridad que tenga a su cargo la administración del área silvestre protegida".

Por su parte, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.4.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

No se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración y/o gestión.

## 3.5. Reservas de Regiones Vírgenes

### *3.5.1. Fundamento Normativo*

Las Reservas de Regiones Vírgenes se encuentran establecidas en el D.S. N° 531, de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que aprobó la Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América o Convención de Washington de 1940 y en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.5.2. Definición*

Son Reservas de Regiones Vírgenes, según lo establecido en el artículo 1º N° 4 de la Convención de Washington, **"las regiones administradas por los poderes públicos, donde existen condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones, con ausencia de caminos para el tráfico de motores y vedada a toda explotación comercial"**.

### *3.5.3. Objetivos*

Como lo señala la propia definición, el objetivo de esta categoría de protección es la "conservación de las condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones".

### *3.5.4. Competencias y atribuciones para su administración*

Según lo establecido en el Art. IV de la Convención de Washington, se deben mantener las reservas de regiones vírgenes inviolables en tanto sea factible, excepto para la investigación científica debidamente autorizada y para inspección gubernamental, o para otros fines que estén de acuerdo con los propósitos para los cuales la reserva haya sido creada; y conforme al Art. I N° 4, deben estar vedadas a toda explotación comercial.

Por otra parte, el Art. 7 de la Ley N° 19.473, prescribe que "Se prohíbe la caza o captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico y de aposentamiento de aguas guaníferas. No obstante lo anterior, el Servicio Agrícola y Ganadero podrá autorizar la caza o captura de determinados especímenes en los lugares señalados en el inciso precedente, pero sólo para fines científicos, para controlar la acción de animales que causen graves perjuicios al ecosistema, para establecer centros de reproducción o criaderos, o para permitir la utilización sustentable del recurso. En estos casos, deberá contarse, además, con el permiso de la autoridad.

Adicionalmente, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.5.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

No se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración.

## 3.6. Bienes Nacionales Protegidos o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental

### *3.6.1. Fundamento Normativo*

Los Bienes Nacionales Protegidos o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental se encuentran establecidos en el D.L. N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Bienes Nacionales. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### 3.6.2. Definición

Si bien es cierto que esta categoría de protección **no se encuentra definida** en el DL. N° 1.939, de 1977, de Tierras y Colonización, de los Arts. 1, 19 y 56 siguientes se puede deducir que son aquellos bienes fiscales y nacionales de uso público sujetos a fines de conservación.

### 3.6.3. Objetivos

El objetivo de esta categoría de protección es cuidar que los bienes fiscales y nacionales de uso público sean conservados para el fin a que estén destinados.

### 3.6.4. Competencias y atribuciones para su administración

De conformidad a lo dispuesto en el Art. 1º del D.L. N° 1.939, de 1977, de Tierras y Colonización, las facultades de adquisición, administración y disposición sobre los bienes del Estado o fiscales que corresponden al Presidente de la República, las ejercerá a través del Ministerio de Tierras y Colonización (hoy **Ministerio de Bienes Nacionales**), sin perjuicio de las excepciones legales. Asimismo, agrega el mismo artículo que este Ministerio ejercerá las demás atribuciones que este decreto ley le confiere respecto de los bienes nacionales de uso público, sobre los cuales tendrá además un control superior, sin perjuicio de la competencia que en la materia les asignan leyes especiales a otras entidades. A su turno, el Art. 19 del referido cuerpo legal establece que el Ministerio de Bienes Nacionales, sin perjuicio de las facultades que les competen a los **Intendentes Regionales y Gobernadores Provinciales**, cuidará que los bienes fiscales y nacionales de uso público se respeten y conserven para el fin a que estén destinados. Agrega el referido artículo que los bienes raíces del Estado no podrán ser ocupados si no mediare autorización, concesión o contrato originado en conformidad a esta ley o de otras disposiciones legales especiales.

El Título III de este D.L. (arts. 55 al 82) denominado "Administración de Bienes del Estado" contempla una serie de normas y procedimientos para la administración de los bienes correspondientes a esta categoría de protección. En efecto, el artículo 55 de este D.L. establece que en relación a su administración, los bienes del Estado podrán ser objeto de destinaciones, concesiones de uso, afectaciones y arrendamientos.

Al respecto, cabe señalar que en el año 1999, con la dictación de la Ley N° 19.606, que estableció incentivos para el desarrollo económico de las Regiones de Aysén y de Magallanes, y de la Provincia de Palena, más conocida como "Ley Austral" se creó el instrumento de concesión de bienes fiscales para el desarrollo de proyectos de terceros. La referida Ley introdujo una serie de modificaciones al D.L. N° 1.939, de 1977, modificando los Arts. 56 al 63.

Así, el art. 56 de este mismo cuerpo normativo establece que "mediante la *destinación* se asigna, a través del Ministerio (de Bienes Nacionales), uno o más bienes del Estado a la institución que los solicita, con el objeto de que los emplee en el cumplimiento de sus fines

propios". Estas destinaciones, agrega el inciso 2º del precitado artículo, "sólo se dispondrán en favor de los servicios y entidades que conforman la Administración del Estado, el Poder Judicial, los servicios dependientes del Congreso Nacional y la Contraloría General de la República", en tanto que el inciso 3º establece que "todos los gastos que provengan de reparaciones, conservación, ejecución de obras y pago de servicios como agua potable, alcantarillado, electricidad, teléfono, gas, contribuciones y otros a que estén afectos los bienes destinados, serán de cargo exclusivo de los destinatarios".

El Ministerio de Bienes Nacionales, establece el inciso 4º del referido artículo, "estará facultado para cobrar por el uso y goce de los bienes destinados, con excepción de aquellos destinados a los servicios dependientes del Congreso Nacional. Mediante D.S. expedido por este Ministerio (de Bienes Nacionales), el que deberá ser suscrito además por el Ministerio de Hacienda, se establecerán las condiciones, el procedimiento, la forma de cobro y demás normas necesarias para la aplicación de esta disposición. El producto obtenido por el cobro ingresará a rentas generales de la Nación".

Por último, el inciso 5º establece que "los bienes destinados deberán ser empleados exclusivamente en el objeto para el cual se solicitaron. Si por cualquier motivo dejaren de utilizarse en dicho objeto, podrán ser puestos a disposición del Ministerio de Bienes Nacionales para su debida administración. El Ministerio fiscalizará el empleo debido que se dé a estos bienes, pudiendo poner término a la destinación cada vez que las circunstancias así lo aconsejen".

En cuanto a la *concesiones,* el art. 57 de este cuerpo normativo establece que "el Ministerio podrá otorgar concesiones sobre bienes fiscales, con un fin preestablecido y en las condiciones que para caso se determine a personas jurídicas de nacionalidad chilena", en tanto que el inciso 2º del precitado artículo agrega que "en ningún caso el Ministerio (de Bienes Nacionales) podrá adjudicar en concesión bienes cuya administración esté entregada a la competencia de otro Ministerio, servicio público, municipio o empresa pública u otro organismo integrante de la administración del Estado".

Las concesiones podrán adjudicarse, agrega el art. 58, "a través de licitación pública o privada, nacional o internacional, o directamente, en casos debidamente fundados". En el caso de la modalidad de adjudicación directa, el procedimiento administrativo respectivo se podrá iniciar con la solicitud de concesión que cualquier persona, natural o jurídica, chilena o extranjera, efectúe al Ministerio de Bienes Nacionales. La referida solicitud deberá indicar, a lo menos, la actividad específica que se propone desarrollar en el bien que se solicita, el plazo, las obras que se ejecutarán en él y el derecho o renta que ofrece.

Esta solicitud deberá ser resuelta por el Ministerio de Bienes Nacionales, en el plazo máximo de tres meses, contado desde su presentación, para cuyo efecto deberá oír al Gobierno Regional que corresponda, que deberá emitir su opinión dentro del plazo de 30 días, transcurrido el cual, se tendrá por evacuado dicho trámite. El Ministerio de Bienes Nacionales, además de oír al Gobierno Regional, como se ha indicado, deberá considerar para resolver, entre otros factores, el mérito del proyecto, el tipo de bien solicitado, las obras que se ejecutarán en él, la participación de los habitantes locales, si procediere, la renta ofrecida y el plazo de duración que se propone para la concesión.

La adjudicación de la concesión se deberá resolver mediante D.S. del Ministerio de Bienes Nacionales, cuyo extracto deberá publicarse en el Diario Oficial dentro de los 30 días siguientes a su dictación, el cual deberá contener, entre otras, las siguientes menciones: localización del inmueble fiscal, superficie, datos de inscripción en Conservador de Bienes Raíces, plazo de la concesión, renta concesional, naturaleza del proyecto y plazo de suscripción del contrato.

A contar de la fecha de publicación del decreto, el adjudicatario quedará obligado, cuando corresponda, en el plazo y los requisitos que se indiquen en el decreto respectivo, a constituir una persona jurídica de nacionalidad chilena, con la que se celebrará el respectivo contrato de concesión. Para que la concesión se entienda perfeccionada, el adjudicatario, dentro del plazo de 30 días contado desde la publicación en el Diario Oficial, deberá suscribir con el Ministerio de Bienes Nacionales el correspondiente contrato de concesión, el que deberá constar en escritura pública. Esta escritura pública deberá inscribirse en el Registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces del lugar en que se hallare ubicado el inmueble, como también anotarse al margen de la inscripción de dominio del respectivo predio.

Cabe señalar que según lo establece el art. 60, la adjudicación de la concesión no libera al concesionario de la obligación de obtener todos los permisos o autorizaciones que, conforme a la legislación vigente, sean necesarios para el desarrollo del proyecto.

Por regla general, las concesiones se deben otorgar a título oneroso y sólo en casos excepcionales y por razones fundadas, se podrán otorgar a título gratuito a favor de las municipalidades, servicios municipales u organismos estatales que tengan patrimonio distinto del Fisco o en que el Estado tenga aporte de capital, participación o representación, y personas jurídicas de derecho público o privado, siempre que estas últimas no persigan fines de lucro.

Las concesiones durarán el plazo convenido o aquel que se establezca en las bases de licitación, los que no podrán exceder de 50 años, pudiendo en el intertanto, el concesionario transferir la concesión, la cual podrá ser voluntaria o forzada, debiendo en todo caso el adquirente, que deberá ser una persona jurídica de nacionalidad chilena, cumplir todos los requisitos y condiciones exigidos al primer concesionario.

Adicionalmente, como lo establecen los arts. 64 y 65 de este cuerpo legal, los bienes inmuebles fiscales podrán afectarse al uso público, como asimismo, por razones fundadas podrán desafectarse de su calidad de uso público determinados inmuebles. En este último caso, el decreto deberá ser firmado, además, por el Ministro de Vivienda y Urbanismo o por el Ministro de Obras Públicas, según corresponda.

Por último y sin perjuicio que los bienes del Estado pueden enajenarse a título oneroso y excepcionalmente a título gratuito, de conformidad a lo establecido en los arts. 83 y siguientes del D.L. N° 1.939, de 1977, el uso y goce de los bienes del Estado se puede conceder a particulares mediante el respectivo contrato de arrendamiento, el cual deberá ser aprobado mediante resolución o decreto del Ministerio de Bienes Nacionales, de conformidad a lo dispuesto en los arts. 66 y sgtes. del referido cuerpo legal.

Asimismo, cabe agregar que el Art. 15 del referido cuerpo legal prescribe ciertas limitaciones en cuanto a la administración de estos bienes, al señalar que las reservas forestales, los parques nacionales y los terrenos fiscales cuya ocupación y trabajo en cualquier forma comprometan el equilibrio ecológico, sólo podrán destinarse o concederse en uso a organismos del Estado o a personas jurídicas regidas por el Título XXXIII del Libro I del Código Civil para finalidades de conservación y protección del medio ambiente.



#### *3.6.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

No se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración.

### 3.7. Santuarios de la Naturaleza

#### *3.7.1. Fundamento Normativo*

Los Santuarios de la Naturaleza se encuentran establecidos en la Ley N° 17.288, de 1970, sobre Monumentos Nacionales. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

#### *3.7.2. Definición*

De conformidad a lo establecido en el art. 31 de la Ley de Monumentos Nacionales, "son Santuarios de la Naturaleza todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios o investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado".

#### *3.7.3. Objetivos*

Como lo señala la definición, el objetivo de esta categoría es la protección de "sitios que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigación geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado".

#### *3.7.4. Competencias y atribuciones para su administración*

La custodia de los Santuarios de la Naturaleza corresponde al Ministerio del Medio Ambiente[74], el cual se hará asesorar para los efectos por especialistas en ciencias ambientales. Así, no se podrá, sin la autorización previa de este Ministerio, iniciar en ellos trabajos

74 Ver nota 72.

de construcción o excavación, ni desarrollar actividades como pesca, caza, explotación rural o cualquiera otra actividad que pudiera alterar su estado natural.

En el caso que los sitios declarados **Santuarios de la Naturaleza** estuvieren situados en terrenos particulares, sus dueños deberán velar por su debida protección, denunciando ante el referido Ministerio los daños que por causas ajenas a su voluntad se hubieren producido en ellos.

El inciso 5º del art. 31 establece que "la declaración de Santuario de la Naturaleza deberá contar siempre con informe previo del Consejo de Monumentos Nacionales", en tanto que el inciso 6º del mismo artículo establece que "se exceptúan de esta disposición aquellas áreas que en virtud de atribución propia, el Ministerio del Medio Ambiente declare Parques Nacionales o tengan tal calidad a la fecha de publicación de esta ley".

Cabe señalar que la infracción a lo dispuesto en este art. 31 "será sancionada con multa de cincuenta a quinientas unidades tributarias mensuales".

Por su parte, el art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, **santuarios de la naturaleza**, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.7.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

No se encuentran consagrados jurídicamente mecanismos específicos de administración. No obstante lo anterior, la declaración de un Santuario de la Naturaleza permite proteger ambientes que no pueden ser parte del SNASPE como es el caso de los predios de propiedad privada y cuerpos de agua continentales y marinos. Con todo, la ley sobre Monumentos Nacionales tampoco incluye mecanismos de incentivo a la conservación de santuarios declarados en predios privados, con lo cual se desaprovecha la oportunidad de generar mayores niveles de protección. Esta declaratoria, cuando recae sobre un inmueble de dominio particular, puede llegar a ser un gravamen impuesto en función de un interés colectivo, sin brindar una compensación que permita al propietario asumir acciones de protección y conservación que permitan administrar y gestionar adecuadamente el santuario.

## 3.8. Humedales de Importancia Internacional o Sitios RAMSAR

### *3.8.1. Fundamento Normativo*

Los Humedales de Importancia Internacional o Sitios Ramsar se encuentran establecidos en el D.S. N° 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que aprobó

la **Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas** o Convención Ramsar. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal, que es la jerarquía normativa que tienen las Convenciones Internacionales.

### *3.8.2. Definición*

La Convención Ramsar establece que **"son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".** Los referidos humedales serán considerados de importancia internacional conforme a su relevancia en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos.

En consecuencia, en los humedales se incluye una amplia variedad de hábitats como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos y áreas costeras como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja, como se ha señalado, no exceda de seis metros. Así también, se consideran parte de los mismos los humedales artificiales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses.

### *3.8.3. Objetivos*

El objetivo de esta categoría de protección es la conservación y protección de las características ecológicas, botánicas, zoológicas, limnológicas o hidrológicas de tales humedales.

### *3.8.4. Competencias y atribuciones para su administración*

A nivel de normativa nacional, el Art. 8 transitorio de la Ley N° 20.283, sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal, prohíbe la corta, destrucción, eliminación o menoscabo de árboles y arbustos ubicados a 100 metros de los humedales tipo Ramsar y de aquellos que hayan sido declarados Sitios Prioritarios de Conservación por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, medidos en proyección horizontal en el plano.

Por su parte, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas **o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficia**l, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En nuestro país no existe legislación que

impida o restrinja el desarrollo de proyectos o actividades en los humedales tipo Ramsar, salvo el art. 8 transitorio de la Ley N° 20.283 antes citado. El hecho, sin embargo, de considerarse los sitios RAMSAR como áreas sujetas a protección oficial, por el hecho que la Convención Ramsar fue ratificada por Chile, y considerada esta categoría por el Oficio N° 43.710, de 2004, de la Dirección Ejecutiva de la CONAMA, tiene por efecto que cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para su aprobación.

Si bien Chile cuenta con varios humedales que han sido incorporados en la lista de zonas húmedas de importancia internacional de la Convención de Ramsar, no dispone de instrumentos normativos internos que regulen de manera sistemática su protección, con una autoridad a cargo de su administración, con planes de manejo y medidas de conservación adecuadas. En definitiva, un organismo del Estado a cargo de su administración y tuición, con competencias para su protección y manejo.

Debe considerarse que la filosofía de Ramsar gira en torno al concepto de "uso racional". El uso racional de los humedales se define como "el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas, dentro del contexto de desarrollo sostenible". Por consiguiente, la conservación de los humedales, así como su uso sostenible y el de sus recursos, se hallan en el centro del "uso racional" en beneficio de la humanidad[75].

Tampoco se ha aplicado como estrategia la de "fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos", recomendación que pudiera ser cumplida por Chile con la actual legislación vigente.

### *3.8.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

En virtud de lo establecido, en el Art. 3 de la Convención de Ramsar, los Estados Partes de la Convención se obligan a elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio, y en su Art. 4, la obligación de cada Estado Parte de fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos.

Si bien es cierto la referida Convención no contempla mecanismos e instrumentos específicos de gestión, sino que obliga a los Estados Partes a elaborar y aplicar una estrategia de conservación de los humedales y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio; la Secretaría de la Convención ha elaborado una serie de "Manuales para el Uso Racional de los Humedales" para orientar y apoyar a quienes tengan interés o estén directamente implicados en la aplicación de esta Convención en los planos internacional, regional, nacional, subnacional o local.

75 http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp?zn=ramsar&cp=1^7715_4000_2__

Al respecto, el art. 17 de la Ley N° 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, sólo establece que: "el Reglamento determinará la normativa para la protección de los humedales declarados sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, debiendo considerar los criterios señalados en el inciso anterior, así como también los requerimientos de protección de las especies que lo habitan". Tales criterios son: la pendiente, la pluviometría, la fragilidad y erodabilidad de los suelos; el nivel de saturación de los mismos y la flotación de los equipos de madereo. En el caso de protección de los cursos naturales de agua considerará además el tamaño de la cuenca, el caudal y su temporalidad.

## 3.9. Reservas de la Biosfera

### *3.9.1. Fundamento Normativo*

Las Reservas de la Biosfera se encuentran establecidas en la Resolución 28 C/2.4 de la Conferencia General de la UNESCO (1995), Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera. Esta categoría de protección no tiene un reconocimiento normativo a nivel nacional, aun cuando no resulta indiferente a la normativa interna una declaratoria formulada por una organización internacional de la que Chile es parte y cuyos acuerdos le son vinculantes, según el Derecho Internacional público.

### *3.9.2. Definición*

En el artículo 1 del Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera éstas son definidas como aquellas "zonas de ecosistemas terrestres o costero/marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas en el plano internacional como tales en el marco del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO, de acuerdo con el presente Marco Estatutario".

### *3.9.3. Objetivos*

Esta categoría de protección tiene como objetivo la conservación de la biodiversidad biológica natural y cultural, y además servir como modelo en la ordenación del territorio y lugares de experimentación de desarrollo sostenible, así como para la investigación, la observación permanente, la educación y la capacitación.

Las Reservas de la Biosfera, según el referido Marco Estatutario, deben cumplir con tres funciones complementarias: una función de conservación para proteger los recursos genéticos, las especies, los ecosistemas y los paisajes; una función de desarrollo, a fin de promover un desarrollo económico y humano sostenible; y una función de apoyo logístico, para respaldar y alentar actividades de investigación, de educación, de formación y de observación permanente relacionadas con las actividades de interés local, nacional y mundial encaminadas a la conservación y el desarrollo sostenible.

### *3.9.4. Competencias y atribuciones para su administración*

De acuerdo con lo establecido en el Marco Estatutario, cada Reserva de la Biosfera debería contener tres elementos: una o más zonas núcleo que se beneficien mediante una protección a largo plazo y permitan conservar la diversidad biológica, vigilar los ecosistemas menos alterados y realizar investigaciones y otras actividades poco perturbadoras (por ejemplo, educativas); una zona de amortiguamiento bien definida, que generalmente circunda las zonas núcleo o colinda con ellas, que se utiliza para actividades cooperativas compatibles con prácticas ecológicas racionales, como la educación relativa al medio ambiente, la recreación, el turismo ecológico y la investigación aplicada y básica; y una zona de transición flexible (o área de cooperación) que puede comprender variadas actividades agrícolas, de asentamientos humanos y otros usos donde las comunidades locales, los organismos de gestión, los científicos, las organizaciones no gubernamentales, los grupos culturales, el sector económico y otros interesados trabajen conjuntamente con la administración y desarrollo sostenible de los recursos de la zona.

Algunos países han promulgado leyes específicas para el establecimiento de sus Reservas de la Biosfera, a diferencia de Chile, que carece de normativa interna dictada específicamente para tal efecto. Sin embargo, en muchos casos, las zonas núcleo y de amortiguamiento son designadas por ley (total o parcialmente) como zonas protegidas. Un gran número de Reservas de la Biosfera incluye o bien se traslapan simultáneamente a otros sistemas de zonas de AP (como los parques nacionales y las reservas nacionales) y/o a otros sitios reconocidos internacionalmente (sitios Ramsar).

Igualmente variable puede ser la forma de la propiedad. La mayor parte de las veces, las zonas núcleo son bienes fiscales o bienes nacionales de uso público, pero pueden también pertenecer a propietarios privados o a organizaciones no gubernamentales. En muchos casos, la zona de amortiguamiento es de propiedad privada, situación en la que generalmente se encuentra la zona de transición. Lo anterior tiene, evidentemente, implicancias para la administración de esta categoría de protección.

En lo relativo a su administración, el Art. 4 N° 7 del Marco Estatutario establece que se requiere "haber tomado, además, medidas para dotarse de:

a) mecanismos de gestión de la utilización de los recursos y de las actividades humanas en la (s) zona (s) de amortiguamiento;
b) una política o plan de gestión de la zona en su calidad de Reserva de la Biosfera;
c) una autoridad o dispositivo institucional encargado de aplicar esa política o ese plan;
d) programas de investigación, observación permanente, educación y capacitación".

Para los efectos del SEIA definido en la Ley N° 19.300, las Reservas de la Biosfera no están consideradas entre las áreas bajo protección oficial que señala el Oficio N° 43.710, de 2004, de la Dirección Ejecutiva de la CONAMA. En consecuencia, cualquier proyecto o actividad de los mencionados en el Art. 10 de la referida Ley que se pretenda realizar al interior de una Reserva de la Biosfera, no requeriría ingresar al referido Sistema.

No obstante lo anterior, es preciso señalar que **las nueve Reservas de la Biosfera que se han creado en nuestro país, están conformadas por parques nacionales, reservas nacionales o monumentos naturales, según sea el caso**. En consecuencia, si bien es cierto que la Reserva de la Biosfera no se encuentra reconocida normativamente a nivel interno como categoría de protección, estas áreas se encuentran de todos modos bajo protección oficial actualmente, por cuanto, total o parcialmente, se superponen o coinciden con una o más áreas que se encuentran bajo algunas de las categorías de protección antes mencionadas, en cuyo caso los proyectos o actividades que se tenga previsto realizar en las mismas deberán previamente someterse al SEIA.



### *3.9.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

En lo relativo a su administración, el Art. 4 N° 7 del Marco Estatutario, establece que se requiere "haber tomado, además, medidas para dotarse de:

a. mecanismos de gestión de la utilización de los recursos y de las actividades humanas en la (s) zona (s) de amortiguamiento.
b. una política o plan de gestión de la zona en su calidad de Reserva de la Biosfera;
c. una autoridad o dispositivo institucional encargado de aplicar esa política o ese plan;
d. programas de investigación, observación permanente, educación y capacitación".

No obstante lo anterior, la legislación interna no contempla normas específicas en materia de instrumentos y mecanismos para la gestión de esta categoría de protección.

## 3.10. Parques Marinos

### *3.10.1. Fundamento Normativo*

Los Parques Marinos se encuentran establecidos en el D.S. N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) y en el D.S. N° 238, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.10.2. Definición*

El Art. 3 letra d) de la Ley General de Pesca y Acuicultura define los Parques Marinos como todas aquellas **"áreas específicas y delimitadas destinadas a preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y cautelar áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas, como también aquellas asociadas a su hábitat".**

### 3.10.3. Objetivos

Como lo señala la definición, el objetivo de esta categoría de protección es "preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y cautelar áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas, como también aquellas asociadas a su hábitat".

### 3.10.4. Competencias y atribuciones para su administración

El área de un Parque Marino queda bajo la **tuición del Servicio Nacional de Pesca** (SERNAPESCA), rigiéndose por un Plan de Manejo. Las actividades en su interior deben sujetarse a las normas de la Ley General de Pesca y Acuicultura, así como a las medidas específicas que determine la Subsecretaría de Pesca.

Como se ha señalado anteriormente, los parques marinos en la LGPA están definidos como áreas específicas y delimitadas destinadas a preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y cautelar áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas y de aquellas asociadas a su hábitat, quedando prohibidas otras actividades humanas que no sean las actividades autorizadas en el marco de la observación, investigación o estudio, según dispone el Art. 3 letra d). de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

En cuanto al mecanismo de creación, la declaración de un parque marino se realizará mediante un decreto del Ministerio del Medio Ambiente[76], previo Informe Técnico de la Subsecretaría de Pesca, consulta a los ministerios que corresponda y previa comunicación al Consejo Zonal de Pesca respectivo.

La tuición sobre los parques marinos está a cargo del Servicio Nacional de Pesca, según Art. 3, letra d). de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

Por último, el Art. 10 letra p) de la LBGMA establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, **parques marinos**, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### 3.10.5. Instrumentos y mecanismos de gestión

El instrumento por excelencia es el **Plan General de Administración** el cual debe contemplar un Programa de Manejo. En efecto, el Art. 2 letra j) del Reglamento sobre

76 Ver nota 72.

Parques Marinos y Reservas Marinas, lo define como un "documento básico que contiene los fundamentos que sustentan el establecimiento del área, proporciona estrategias para alcanzar los objetivos de administración del parque o reserva en un período de tiempo y constituye el marco conceptual y operativo en que se insertan todos los programas y acciones que se desarrollen en el área".

Este Plan General de Administración debe ser elaborado por el Servicio Nacional de Pesca y la Subsecretaría de Pesca, con consulta a los organismos públicos que correspondan y para su elaboración se deberá considerar la participación de las instituciones locales, comunales o regionales. Una vez elaborado, el Plan debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto en el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. El Plan definitivo será aprobado mediante D.S. del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (hoy denominado Ministerio de Economía, Fomento y Turismo), previa consulta a los Consejos Zonales de Pesca respectivos.

El Art. 9º del Reglamento sobre Parques Marinos y Reservas Marinas dispone que el Plan General de Administración deberá contemplar los siguientes programas:

1.1. Programa de administración.
1.2. Programa de investigación.
1.3. Programa de manejo.
1.4. Programa de extensión.
1.5. Programa de monitoreo.
1.6. Programa de fiscalización y vigilancia.

Así, el Programa de Administración –prescribe la letra a) del Art. 9– es el instrumento que establecerá la planificación y gestión administrativa y financiera en relación con los objetivos del Plan y los mecanismos de coordinación con los otros programas, en tanto que el Programa de Manejo es el instrumento que regulará las actividades que se desarrollará dentro del área, a fin de cumplir con los objetivos de la misma y asegurar al mismo tiempo su conservación o preservación, según corresponda.

Cabe señalar que cada Programa deberá establecer, a lo menos, los objetivos del mismo, las metas de corto, mediano y largo plazo proyectadas, el cronograma de actividades comprometidas, los resultados esperados y los indicadores de gestión e impacto correspondientes.

## 3.11. Reservas Marinas

### *3.11.1. Fundamento Normativo*

Las Reservas Marinas se encuentran establecidas en el D.S. N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ley General de Pesca y Acuicultura

y en el D.S. N° 238, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal.

### *3.11.2. Definición*

Establece el Art. 2 N° 43 de la Ley General de Pesca y Acuicultura que las **Reservas Marinas son las "áreas de resguardo de los recursos hidrobiológicos con el objeto de proteger zonas de reproducción, caladeros de pesca y áreas de repoblamiento por manejo"**.

### *3.11.3. Objetivos*

Como lo señala la definición, el objetivo de esta categoría de protección es el "resguardo de los recursos hidrobiológicos, con la finalidad de proteger zonas de reproducción, caladeros de pesca y áreas de repoblamiento por manejo".

### *3.11.4. Competencias y atribuciones para su administración*

Las reservas marinas están concebidas en la LGPA como **áreas delimitadas para proteger zonas de reproducción, caladeros de pesca y áreas de repoblamiento por manejo en la zona reservada para la pesca artesanal y en las aguas interiores y terrestres del país** –Art. 2 N° 43–. En ellas se podrán efectuar actividades extractivas reguladas por períodos transitorios, vía una resolución fundada de la Subsecretaría de Pesca –Art. 2 N° 43–. Las reservas marinas están referidas específicamente a la franja costera reservada para la pesca artesanal y a las aguas terrestres e interiores del país, Art. 48. La zona reservada para la pesca artesanal comprende la faja costera de mar territorial de 5 millas marinas, desde la línea de base en la costa y desde el límite norte hasta el paralelo 41º 28.6'S y alrededor de las islas oceánicas, así como todas las aguas interiores del país, Art. 47. Las aguas interiores están definidas en la LGPA como aquellas situadas al interior de la línea de base del mar territorial, Art. 2 N° 4.

En cuanto al mecanismo de creación, las proposiciones para declaración de reservas marinas deberán ser fundamentadas por dos informes técnicos, uno de la Subsecretaría de Pesca y otro del Consejo Zonal de Pesca respectivo, Art. 48 inciso primero. La declaración de Reserva Marina será realizada mediante Decreto del Ministerio del Medio Ambiente[77], Art. 48 letra b).

77 Ver art. 2º transitorio numeral 6 de la Ley N° 20.417, de 2010, D.O. 26.01.2010.

La tuición sobre las reservas marinas estará a cargo del Servicio Nacional de Pesca Art. 2 N° 43. Para el establecimiento de esta área protegida se consultará a los Ministerios que corresponda de acuerdo a las leyes vigentes, Art. 3 letra d).

Por último, el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300 establece como uno de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, "la ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos que la legislación respectiva lo permita". En consecuencia, cualquier proyecto o actividad que se pretenda ejecutar en estas áreas requerirá previamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *3.11.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

El instrumento por excelencia es el Plan General de Administración, el cual debe contemplar un Programa de Manejo. En efecto, el Art. 2 letra j) del Reglamento sobre Parques Marinos y Reservas Marinas lo define como un "documento básico que contiene los fundamentos que sustentan el establecimiento del área, proporciona estrategias para alcanzar los objetivos de administración del parque o reserva en un periodo de tiempo y constituye el marco conceptual y operativo en que se insertan todos los programas y acciones que se desarrollen en el área".

Este Plan General de Administración deberá ser elaborado por el Servicio Nacional de Pesca y la Subsecretaría de Pesca, con consulta a los organismos públicos que correspondan y para su elaboración se deberá considerar la participación de las instituciones locales, comunales o regionales. Una vez elaborado el Plan deberá someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto en el Art. 10 letra p) de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. El Plan definitivo será aprobado mediante Decreto Supremo del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (hoy denominado Ministerio de Economía, Fomento y Turismo), previa consulta a los Consejos Zonales de Pesca respectivos.

El Plan General de Administración deberá contemplar, establece el Art. 9º del Reglamento sobre Parques Marinos y Reservas Marinas, los siguientes programas:

- Programa de administración.
- Programa de investigación.
- Programa de manejo.
- Programa de extensión.
- Programa de monitoreo.
- Programa de fiscalización y vigilancia.

Así, el Programa de Administración –prescribe la letra a) del Art. 9– es el instrumento que establecerá la planificación y gestión administrativa y financiera en relación con los objetivos del Plan y los mecanismos de coordinación con los otros programas, en tanto que el Programa de Manejo es el instrumento que regulará las actividades que se desarrollarán dentro del área, con el fin de cumplir con los objetivos de la misma y asegurar al mismo tiempo su conservación o preservación, según corresponda.

Cabe señalar que cada Programa deberá establecer, a lo menos, los objetivos del mismo, las metas de corto, mediano y largo plazo proyectadas, el cronograma de actividades comprometidas, los resultados esperados y los indicadores de gestión e impacto correspondientes.

## 3.12. Áreas Marino-Costeras Protegidas de Múltiples Usos

### *3.12.1. Fundamento Normativo*

No obstante que no existe un instrumento jurídico nacional o internacional que las establezca y las defina expresamente, es una categoría de protección utilizada en nuestro país. En efecto, estas áreas se encuentran declaradas en los decretos que las establecen y, en consecuencia, se trata de una categoría de protección que cuenta con un débil soporte jurídico. Así por ejemplo, el D.S. N° 360, de 9 de diciembre de 2004, del Ministerio de Defensa Nacional (M), declaró Área Marina y Costera Protegida "Punta Morro-Desembocadura Río Copiapó". Tales decretos invocan entre sus fundamentos la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República, aprobada mediante D.S. N° 475, de 1994, cuyos objetivos generales son "propender al desarrollo de los recursos y riquezas de cada área del litoral en consideración a su realidad geográfica; a la protección y conservación del medio ambiente marítimo, terrestre y aéreo; a una adecuada compatibilización y desarrollo equilibrado de las múltiples actividades que se realizan o puedan realizarse en esta zona, acorde con los intereses regionales, locales y sectoriales; y contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el Borde Costero, para evitar su uso inadecuado o inconveniente, tomando en consideración que éste constituye un recurso limitado y escaso". En virtud de lo señalado, esta categoría de protección carece de una consagración jurídica formal.

### *3.12.2. Definición*

No existe un instrumento jurídico interno o internacional que las defina. Si nos atenemos a los actos administrativos creadores de esta categoría de protección, **son áreas definidas geográficamente que han sido creadas a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación**. Más precisamente, esta figura tiene por objeto colocar bajo protección oficial determinados sectores, con el fin de establecer una gestión ambiental integrada

sobre la base de estudios e inventarios de sus recursos y una modalidad de conservación *in situ* de los ecosistemas y hábitats naturales, con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

De acuerdo con la descripción de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas de múltiples Usos (AMCP-MU) que hace la Unión Mundial de la Naturaleza, **éstas son el espacio que incluye porciones de agua y fondo marino, rocas, playas y terrenos de playa fiscales (flora y fauna), recursos históricos y culturales que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo o parte del medio así delimitado.**

### *3.12.3. Objetivos*

Como se señaló precedentemente, los objetivos de esta categoría son los de colocar bajo protección oficial determinados sectores, con el fin de establecer una gestión ambiental integrada sobre la base de estudios e inventarios de sus recursos y una modalidad de conservación *in situ* de los ecosistemas y hábitats naturales, a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Las AMCP-MU nacen como la herramienta de gestión para la protección, administración, mantención y restauración de los recursos naturales y culturales de las aguas marinas y costeras. Es así como este instrumento se usa a nivel mundial para conservar la biodiversidad, proteger las especies marinas en peligro, reducir los conflictos de uso, generar instancias de investigación y educación; y desarrollar actividades comerciales y recreativas. Asimismo, otro objetivo de estas áreas es la conservación del patrimonio histórico-cultural marino y costero de las comunidades que las habitan para el desarrollo sostenible del turismo, la pesca y la recreación.

### *3.12.4. Competencias y atribuciones para su administración*

No se establecen en términos generales en un instrumento jurídico interno, sino que se mencionan en los actos jurídicos particulares creadores de esta categoría de protección. En primer término, la declaración de un Área Marina y Costera Protegida se perfecciona mediante un Decreto del Ministerio de Defensa Nacional, a través de la Subsecretaría de Marina. En segundo término, le corresponde al Consejo Directivo de la CONAMA, en uso de sus facultades legales, coordinar a los distintos órganos de la Administración del Estado, que en cumplimiento de sus funciones propias, deban concurrir a la elaboración del Plan General de Administración.

### *3.12.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

Según lo señalan diversos actos administrativos particulares creadores de determinadas AMCP-MU, el instrumento por excelencia es el Plan General de Administración, el cual debe promover, principalmente, la investigación científica, la educación ambiental y el

desarrollo sustentable de actividades como el turismo de observación y recreación, que se encuentren debidamente regulados por los organismos competentes.

## 3.13. Áreas Protegidas Privadas

### *3.13.1. Fundamento Normativo*

Las Áreas Protegidas Privadas carecen en Chile de un marco normativo e institucional específico. La Ley N° 19.300 aunque no se refiere específicamente a las Áreas Protegidas Privadas sí menciona las Áreas Silvestres Protegidas de Propiedad Privada. En efecto, el art. 35 de la Ley N° 19.300 establece que con el propósito de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental "el Estado fomentará e incentivará la creación de áreas silvestres protegidas de propiedad privada, las que estarán afectas a igual tratamiento tributario, derechos, obligaciones y cargas que las pertenecientes al Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado". Agrega el inc. segundo del precitado artículo que "la supervisión de estas áreas corresponderá al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas".

En tanto, el inc. tercero del mismo artículo establece que "la afectación de estas áreas será voluntaria y se perfeccionará mediante resolución dictada por el organismo señalado en el inciso anterior (Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas), que acoge la respectiva solicitud del propietario, quien deberá reducir la resolución a escritura pública e inscribirla, para efectos de publicidad en el Registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces competente".

En tanto que la desafectación de estas áreas, agrega el inc. cuarto, "se producirá por vencimiento del plazo, por resolución de dicho organismo (Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas) fundada en el reglamento, o a petición anticipada del propietario. En los dos últimos casos podrá aplicar una multa, a beneficio fiscal, que no excederá del monto acumulado y actualizado de impuestos y contribuciones de los que el inmueble estuvo exento en virtud de su afectación en el periodo correspondiente".

Por último, el inc. final del referido artículo establece que "el reglamento establecerá los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos y dar cumplimiento a las obligaciones y cargas (...)".

### *3.13.2. Definición*

No existe un instrumento jurídico interno o internacional que la defina. La UICN la define como aquella "porción de terreno de cualquier superficie gestionada por, o a través de personas individuales, comunidades, corporaciones u organizaciones no gubernamentales; predominantemente manejada para la conservación de la biodiversidad y protegida con o sin reconocimiento formal del gobierno".

En tanto que Méndez las define como "espacios naturales de dominio privado que se encuentran bajo protección legal cuya gestión está sometida a un manejo sustentable que permite cumplir con objetivos de conservación del patrimonio natural, cultural y paisajístico, así como el desarrollo de quienes habitan dentro de ese territorio o en sus inmediaciones[78]".

### *3.13.3. Objetivos*

Como lo señala el art. 35 de la Ley N° 19.300, el propósito de las Áreas Silvestres Protegidas es "asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental".

Sepúlveda (1997)[79] señala que las Áreas Protegidas Privadas en Chile pueden cumplir dos funciones. Por una parte, pueden corresponder a áreas de conservación estrictas, es decir, a terrenos prioritarios de alto valor ecológico en las que se establezcan unidades de manejo similares en cuanto a objetivos y características de las que forman parte del SNASPE. Por otra parte, las Áreas Protegidas Privadas pueden corresponder a áreas de conservación de baja intensidad, principalmente orientadas a fines recreativos, de preferencia localizadas en las cercanías de los centros urbanos y que correspondan a categorías de manejo como los actuales Santuarios de la Naturaleza, Parques Naturales Regionales, Estaciones Experimentales u otras *ad-hoc* para proyectos con orientación productiva (inmobiliarios o forestales), en que sólo una proporción de los terrenos se destine a fines de conservación.

En Chile, las Áreas Protegidas Privadas reconocidas como parques concentran gran parte de la superficie y se encuentran vinculadas, en la mayor parte de los casos, a fundaciones creadas para la conservación y el desarrollo de actividades relacionadas con la educación ambiental y el turismo de naturaleza. Entre ellas, podemos mencionar la Reserva Huilo-Huilo, el Parque Pumalín y la Reserva Costera Valdiviana, entre otras.

### *3.13.4. Competencias y atribuciones para su administración*

El inc. segundo del art. 35 de la Ley N° 19.300 establece que "la supervisión de estas áreas silvestres corresponderá al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas", para luego en los inc. tercero y cuarto regular el procedimiento de afectación y desafectación de estos espacios silvestres. Sin embargo, según se ha señalado anteriormente, mientras no entre en funciones el Ministerio del Medio Ambiente, la supervisión de estas áreas corresponde a la CONAF.

---

78 Diego Méndez Macías, "Las Áreas Protegidas Privadas: una estrategia para el desarrollo sustentable", disponible en http://cmsdata.iucn.org/downloads/cel10_mendez.pdf

79 Sepúlveda, C. (1997) "Incentivos para la creación y manejo de Áreas Silvestres Protegidas Privadas en Chile". Ambiente y Desarrollo 13(3):38–46

### *3.13.5. Instrumentos y mecanismos de gestión*

Las Áreas Protegidas Privadas en Chile son en su mayoría creadas por personas naturales, de forma individual, o agrupadas en distintas figuras, legales o informales, como por ej., comunidades indígenas, destacándose los propietarios rurales, para quienes la conservación es una actividad complementaria a los usos productivos tradicionales.

El Estado de Chile en la Ley N° 19.300, reconoce entre sus tareas la de fomentar e incentivar la creación de este tipo de áreas.

El inciso primero del art. 35 de la Ley N° 19.300 establece que estas áreas estarán afectas a igual tratamiento tributario, derechos, obligaciones y cargas que las pertenecientes al Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

En tanto que el inc. quinto del referido art. 35 establece las materias que el Reglamento respectivo deberá regular, siendo éstas los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos, dar cumplimiento a las obligaciones y cargas a que se refiere el inc. primero de este mismo artículo.

Naturalmente que una vez establecido el marco legal de estas áreas, es necesario dotar a estos espacios de instrumentos adecuados de planificación y gestión, y optimizar los medios de que disponen para su mantención.

## IV. CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PROBLEMAS JURÍDICOS ASOCIADOS A LA GESTIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN CHILE CONSIDERADAS POR EL PROYECTO GEF-SNAP Y ALGUNAS PROPUESTAS PARA SU ABORDAJE

### 4.0. Tipologías de Problemas y su Clasificación

Los problemas jurídicos que han incidido en una adecuada y más eficiente gestión de las AP en nuestro país son de diversa naturaleza.

Uno de los objetivos centrales de este documento es identificar los problemas jurídicos asociados a la gestión de las AP y "clasificarlos". Esta labor no tiene un precedente previo y nos parece prudente proponer la clasificación que mejor puede avenirse con los objetivos de este estudio, cuales son en su esencia contribuir a una posterior formulación de propuestas para subsanar los reparos jurídicos detectados.

Teniendo en cuenta este objetivo, nos parece pertinente proponer una revisión de los problemas que afectan a las distintas categorías de AP, primero, desde una perspectiva "GENERAL" y luego, desde una perspectiva "ESPECÍFICA". Para tal efecto, fijaremos convencionalmente los alcances de ambas perspectivas:

Problemas de Carácter General: Vacíos y deficiencias regulatorias que por su generalidad constituyen un problema que afecta o puede afectar al "sistema" de gestión de las AP o a más de una categoría de protección.

**Problemas de Carácter Específico**: dan cuenta de situaciones jurídicas, vacíos y deficiencias en el marco regulatorio que afectan o pueden afectar a cada categoría de protección como asimismo dicen relación con problemas jurídicos que inciden en la gestión y protección de cada unidad. En este sentido, por ejemplo, puede haber un tipo de problemas que afecten a los "parques nacionales" como categoría, como a la vez puede haber problemas que afecten sólo a algunas unidades categorizadas como parque nacional.

## 4.1. Problemas de carácter general

Como hemos señalado anteriormente, los vacíos y deficiencias en el marco regulatorio en materia de AP, que revisten un carácter general, esto es, común y que afectan a las distintas categorías de AP analizadas o a algunas de ellas, deben ser tenidos en cuenta para el diseño del nuevo sistema de AP de manera de subsanar sus efectos. Haremos un enunciado general de estos problemas y esbozaremos algunas recomendaciones para su abordaje como insumo a la futura formulación de propuestas.

### *4.1.1. Ausencia de una Estructura Jurídico-Institucional*

El estudio realizado ha permitido constatar que la regulación normativa de las AP es muy extensa, pero al mismo tiempo, carece de la necesaria sistematicidad y coherencia. Existen alrededor de 31 categorías distintas de protección de ecosistemas, las que no forman parte de una estrategia de política pública coherente y armónica de conservación y menos, por lo mismo, de un marco jurídico armónico y complementario entre sí.

Lo anterior tiene a la vez como corolario lógico, en los aspectos institucionales, que **Chile ha carecido hasta la fecha de una estructura institucional orgánicamente establecida a cargo de las AP**, caracterizándose por una administración/gestión segmentada o compartimentalizada en las distintas categorías de AP, bajo la tuición y/o administración de organismos públicos diversos: Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), Ministerio de Bienes Nacionales, Consejo de Monumentos Nacionales, Servicio Nacional de Pesca, Subsecretaría de Marina, o privados, como CONAF, entre otros, cuyas atribuciones, según sea el caso, son las de crear, supervigilar o administrar distintos tipos o categorías de AP con objetivos muchas veces complementarios de conservación, que a lo menos debieran estar administrados coordinadamente, lo que la mayoría de las veces no ocurre. En consecuencia, la convergencia de competencias de diversos organismos del Estado respecto de una misma categoría de protección, acentúa la difusa responsabilidad del Estado sobre estas áreas, a pesar de las obligaciones asumidas por éste.

**En Chile tampoco se han creado organismos o designado una autoridad que se haga cargo de la tuición o administración de determinadas AP, por ej., los sitios Ramsar**. Esta circunstancia sitúa a estas áreas en un plano de incertidumbre y desigualdad frente a otras categorías que cuentan con autoridades responsables y con presupuesto básico para su funcionamiento, circunstancia que además atenta contra la necesaria planificación sostenible de los recursos presentes en estas áreas.

Lo anterior ha redundado en importantes vacíos o superposiciones de competencias y atribuciones. En este sentido, el mandato al Estado de administrar un Sistema Nacional de AP, expresamente establecido en el art. 34 de la Ley N° 19.300, en la práctica, se ha cumplido deficientemente.

Al respecto, la Tabla que a continuación se presenta da cuenta de la multiplicidad de entidades que tienen a su cargo la regulación, administración o tuición de las diferentes categorías de protección.

**Tabla 5**
**Tipologías de Clasificación de AP por Entidad Reguladora/Administradora**

| Ambiente | Clasificación de Áreas Protegidas | Entidad Reguladora / Administradora |
|---|---|---|
| Terrestre | Parque Nacional | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Reserva Nacional | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Reserva de Regiones Vírgenes | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Monumento Natural | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Reserva Forestal | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Parques Nacionales de Turismo | Corporación Nacional Forestal (CONAF) |
| | Inmuebles Fiscales destinados por el Ministerio de Bienes Nacionales para la conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos | Ministerio de Bienes Nacionales |
| | Áreas de preservación ecológica contenidas en los Instrumentos de Planificación Territorial. Según OGUC vigente se denominan Áreas de protección de Recursos de Valor Natural o Patrimonio Cultural | Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Comunas para Planes Reguladores Comunales. |
| | Reserva de la Biosfera | Corporación Nacional Forestal |
| | Distritos de conservación de bosques, suelos y aguas | Servicio Agrícola y Ganadero |
| | Áreas de protección para la conservación de riqueza turística | Servicio Nacional de Turismo, Ministerio de Agricultura |
| | Áreas de Prohibición de Caza | Servicio Agrícola y Ganadero |
| | Lugares de interés científico para efectos mineros y observación astronómica | Ministerio de Minería |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 5*

**Tabla 5**
**Tipologías de Clasificación de AP por Entidad Reguladora/Administradora**

| Ambiente | Clasificación de Áreas Protegidas | Entidad Reguladora / Administradora |
|---|---|---|
| Dulceacuícolas | Sitios RAMSAR. Zonas Húmedas de importancia Internacional | Ministerio de Relaciones Exteriores, Corporación Nacional Forestal, Comité Nacional de Humedales |
| | Acuíferos alimentadores de vegas y bofedales en las regiones de Tarapacá y Antofagasta | Dirección General de Aguas |
| Marinos | Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos | Servicio Nacional de Pesca |
| | Reservas Marinas | Servicio Nacional de Pesca |
| | Parques Marinos | Servicio Nacional de Pesca |
| | Reservas Genéticas | Subsecretaría de Marina, Servicio Nacional de Pesca |
| Mixtos | Santuarios de la Naturaleza | Consejo de Monumentos Nacionales (hoy Ministerio del Medio Ambiente) |
| | Lugares Guaníferos o de Aposentamiento de aves guaníferas, depósitos de guano o covaderas | Servicio Nacional de Geología y Minería, Subsecretaría de Marina |
| | Zonas de Interés Turístico (ZOIT) | Servicio Nacional de Turismo |
| | Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste | Dirección General del Territorio Marino y Marina Mercante (DIRECTEMAR), CONAF |
| | Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Uso Múltiple | Ministerio de Defensa, Subsecretaría de Marina, SUBDERE y Administrativo del Ministerio del Interior, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Bienes Nacionales, Armada de Chile, SERNATUR y CONAMA (hoy Ministerio del Medio Ambiente) |

Fuente: Espinoza *et al.*, 2009.

**Propuesta de abordaje**

En virtud de lo anterior, resulta fundamental la creación de una nueva institucionalidad que se haga cargo de las funciones de administración de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, redefiniendo y coordinando competencias entre diferentes organismos sectoriales con un rol relevante en la regulación, administración o tuición de las diferentes categorías de protección. La futura creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe considerar un rol de liderazgo de este organismo en la materia, asumiendo también la transversalidad con otros organismos sectoriales, debiendo privilegiarse, a nuestro juicio, un rol gestor y articulador que privilegie un modelo de administración eficiente de las distintas categorías de protección y cuya gestión debiera tener un alto grado de autonomía política y financiera.

### *4.1.2. Mecanismos de Afectación y Desafectación*

Esta materia se relaciona con la base regulatoria de ciertas áreas en tratados internacionales de carácter ambiental. El más emblemático es la "Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas de América" (Convención de Washington) que ha sido ya citada en párrafos anteriores. Aparte de la evidente importancia del artículo 1° que define los parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales y reservas de regiones vírgenes, el artículo 3° regula dos grandes temas asociados. El primero, al que nos referiremos es la AFECTACIÓN y la DESAFECTACIÓN de estas áreas.

Se señala que *"los Gobiernos Contratantes convienen en que los límites de los Parques Nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos, sino por acción de la autoridad legislativa competente"*. Esta "función legislativa" corresponde a la expresión jurídica de actos propios del Poder legislativo. De esta forma, la alteración de la cabida de una unidad de manejo o la modificación de sus deslindes, o bien la enajenación a cualquier título deben ser autorizados por una "ley".

En general, estas áreas corresponden a bienes "fiscales", por lo que, adicionalmente, su enajenación es materia de ley, según dispone el artículo 63 N° 10 de la Constitución Política de la República[80]. Siendo tan meridianamente claro el alcance de la Convención y lo dispuesto en la Constitución Política, llama la atención la abierta contravención de la legislación interna a la propia Constitución y a la Convención de Washington. En efecto el DL N° 1.939 señala en su artículo 21 que *"El Ministerio, con consulta o a requerimiento de los Servicios y entidades que tengan a su cargo el cuidado y protección de bosques y del medio ambiente, la preservación de especies animales y vegetales y en general, la defensa del equilibrio ecológico, podrá declarar Reservas Forestales o Parques Nacionales*

80 CP de la R. Art. 63 N° 10: Las que fijen las normas sobre enajenación de bienes del Estado o de las municipalidades y sobre su arrendamiento o concesión;

*a aquellos terrenos fiscales que sean necesarios para estos fines. Estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes. Los predios que hubieren sido comprendidos en esta declaración no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del ministerio, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura o el Ministerio del Medio Ambiente, según corresponda".*

La gran mayoría de los PN y RF han sido afectados o desafectados mediante D.S. y no a través de un acto del legislador. Lo anterior, dado su extendido uso a través del tiempo, ha generado una proliferación de D.S. muchas veces poco claros en sus delimitaciones, o bien simplemente sin señalar claramente deslindes, o bien estos han devenido en datos históricos que no se avienen con la información de delimitación actual.

Lo anterior ha tenido negativas consecuencias a la hora de clarificar la extensión de las áreas adscritas a estas (y otras) categorías. Aunque *a contrario sensu* podría argumentarse que es la flexibilidad del acto administrativo la que ha permitido resolver los ajustes de cabida o deslindes lo que no se habría logrado mediante un acto del poder legislativo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que uno de los pilares de un sistema de AP es su permanencia y estabilidad en el tiempo. Mecanismos laxos pueden generar presiones de desafectación en pos de proyectos ajenos a los fines bajo los cuales se estableció, por ejemplo, un determinado parque nacional. Sin perjuicio de reiterar posteriormente éste como un problema de esta categoría, nos parece que es de importancia general dado que existe un concepto estratégico detrás del mecanismo de afectación y desafectación.

La TABLA del ANEXO 4 recoge los casos de desafectación de PN ya efectuados. Las causales de desafectación invocadas en dicha tabla tienen relación con circunstancias como:

- Concentrar esfuerzos de protección en superficie menor.
- Desafectar área urbana no ajustada a objetivos de parque nacional.
- Destinación de terreno para aeródromo.
- Permitir expansión urbana, proyectos turísticos e incremento y mejoramiento de instalaciones y servicios para la población.
- Exclusión de terrenos asignados a parceleros y explotados por años, incompatibles a Parque Nacional.
- Posible expansión de la población.
- Desconexión ecosistémica.
- Razones de interés nacional no especificadas.
- Terrenos de dominio privado.
- Existencia de comunidades mejor representadas en otras zonas del Parque Nacional.
- Terrenos degradados por acción antrópica y fauna exótica.
- No establece fundamento de desafectación.
- Excluir terrenos ocupados por viviendas.

La variedad de situaciones invocadas en estas desafectaciones parciales tienen relación, en el fondo, con la consecución de intereses públicos distintos al de conservación, pérdida de calidades relevantes de las áreas, saneamiento de situaciones de hecho, etc. Estos casos ayudan a definir criterios bajo los cuales la futura normativa permita desafectar un AP como norma excepcional.

**Explotación de riquezas existentes en las AP.** El sensible punto acerca de la forma jurídica para llevar adelante la desafectación total o parcial de determinadas unidades se encuentra estrechamente vinculado a las presiones existentes para la extracción de los recursos naturales presentes en ellas (mineros, hídricos, flora, etc.) como para la ejecución de otras obras. De allí que no es indiferente la adopción de un mecanismo legal (como exige la Convención de Washington) versus un mecanismo de carácter administrativo (D.S., por ejemplo). Es en este contexto que la Convención de Washington contempla una expresa prohibición en relación con la explotación comercial de sus riquezas. El citado artículo 3° señala que *"las riquezas existentes en ellos (parques nacionales) no se explotarán con fines comerciales"*. Lo anterior ha tenido como eje de conflicto la legislación minera, aunque la aplicación del concepto es más amplia. Además está expresamente recogido como principio en otras convenciones, como por ejemplo en el "Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste", el que en su artículo V obliga a las partes a establecer una gestión ambiental integrada, incluyendo entre los lineamientos a ser considerados los siguientes:

- Prohibir las actividades relacionadas con la exploración y explotación minera del suelo y subsuelo del área protegida;
- Regular toda actividad científica, arqueológica o turística en dicha área;
- Regular el comercio que afecte la fauna, la flora y su hábitat, en el área protegida;
- En general, prohibir cualquier actividad que pueda causar efectos adversos sobre las especies, ecosistemas o procesos biológicos que protegen tales áreas, así como sobre su carácter de patrimonio nacional, científico, ecológico, económico, histórico, cultural, arqueológico o turístico.

Chile ha contravenido en forma permanente la letra y espíritu de estos convenios al mantener legislación incompatible con los objetivos de conservación de las AP, particularmente en materia minera. En efecto, el Código de Minería en su artículo 17 N° 2 y 6 señala que para ejecutar labores mineras en lugares declarados parques nacionales, reservas nacionales o monumentos naturales, se requerirá autorización del Intendente regional, mientras que si se trata de las mismas labores en "lugares declarados de interés histórico o científico, se deberá contar con autorización del Presidente de la República". Lo anterior está en concordancia con la letra p) del artículo 10 de la Ley N° 19.300 que obliga a someter a evaluación de impacto ambiental la ejecución de obras, programas o actividades en estas categorías (y otras que adiciona) "en los casos que la legislación respectiva lo permita". Entendemos que el sentido de lo "permitido" debe aludir a actividades compatibles con los objetivos de cada categoría, que no es el caso de las actividades de exploración y explotación de minerales.

Esta es una situación de contradicción jurídica que podría inclusive abrir expedientes bajo los procedimientos de reclamación de convenios como los TLC suscritos por Chile. Este escenario normativo contraría la buena fe internacional de Chile. El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) es un explícito catálogo de conceptos y obligaciones de los Estados para la conservación de la biodiversidad. El Preámbulo en su inciso 10º señala que *"observando asimismo que la exigencia fundamental para la conservación de la diversidad biológica es la conservación* in situ *de los ecosistemas y hábitats naturales (…)*; deja de manifiesto que la piedra angular en materia de conservación de ecosistemas son las AP, lo que debe traducirse en la obligación de las partes de "crear un sistema de AP o de áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica".

Nos parece adecuado considerar que la Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas (RAMSAR)[81] establece dos mecanismos que pueden ser relevantes como criterio de tutela: señala que *Las Partes Contratantes (…) por* **razones urgentes de interés nacional**, *a retirar de la Lista, o a restringir los límites de las zonas húmedas incluidas en la Lista*. Esta restricción a una desafectación de un humedal declarado bajo RAMSAR bien puede adoptarse como criterio más general para otras categorías. Un segundo elemento se relaciona, en la misma Convención, con medidas "compensatorias", al establecer (artículo 4-2) *Cuando una Parte Contratante, por razones urgentes de interés nacional, suprime o restringe los límites de una zona húmeda incluida en la Lista,* **deberá compensar** *en la medida en que le sea posible, toda pérdida de recursos en ésta y, especialmente, deberá crear nuevas reservas naturales para las aves acuáticas y para la protección de una porción adecuada del hábitat original, ya sea en la misma área o en otro lugar*.

### Propuesta de abordaje

Las obligaciones internacionales contraídas por Chile, que deben cumplirse e interpretarse de buena fe (Convención de Viena sobre derecho de los Tratados, Art. 31) no se avienen con la normativa interna dictada en nuestro país, en especial la legislación minera, la que a nuestro juicio debe ser revisada y compatibilizada con los objetivos del sistema de AP que se tiene previsto crear. A nuestro juicio, la futura ley que cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe fortalecer los requisitos que restrinjan las actividades extractivas en AP, en parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, entre otros, pudiendo recurrirse a criterios restrictivos y compensatorios, como aquellos previstos en la Convención de Ramsar.

81 Ver nota 83.

### 4.1.3. Aspectos Jurídicos en relación a Creación y Gestión de las AP Marinas

De la identificación de las competencias en materia de creación, tuición y gestión de las AP Marinas, se ha podido concluir que son varias las entidades de la Administración del Estado que ejercen competencias sobre las áreas marinas protegidas. Ello puede ser entendible tratándose de los Parques y Reservas Marinas en cierta medida dados los roles de los organismos que intervienen[82].

Es así como, por ejemplo, no se encuentra tipificada como falta la ejecución de actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Esta resulta ser una situación jurídicamente deficitaria que debe ser subsanada para efectos de fortalecer adecuadamente la categoría de conservación.

Un caso particular es el de las **Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos,** en que la principal dificultad radica en el hecho que esta categoría de protección no se encuentra regulada en forma sistemática en un cuerpo normativo de carácter general, en el cual se la defina, se determinen competencias, instrumentos de gestión o administración, fiscalización, sanciones en caso de incumplimiento, etc.

**Propuesta de abordaje**

Estas incluyen a las reservas marinas, parques marinos y áreas marino-costeras de múltiples usos. Las dos primeras tienen un estatuto jurídico reglamentario que se apoya en la Ley de Pesca, el cual está operando –desde una perspectiva jurídica– en forma adecuada. El punto más crítico es la **falta de un estatuto jurídico que permita corregir el carácter en cierta medida inorgánico que ha tenido el proceso de creación, tuición y administración de las áreas marino-costeras de múltiples usos** que forman parte de estas AP. Este estatuto debe regular, entre otros aspectos, el instrumento de gestión de las diferentes categorías de protección, la autoridad con responsabilidad sobre las mismas, las actividades permitidas, los medios de fiscalización y sanción, etc.

Igualmente este marco normativo debiera integrarse y correlacionarse con las regulaciones a actividades efectuadas en tierra y explicitar las relaciones entre las AP marino-costeras y las terrestres

### 4.1.4. Ausencia de regulaciones para incorporar formalmente iniciativas privadas al Sistema Nacional de AP

En relación con áreas de conservación privadas, el gran déficit es la ausencia de regulaciones reglamentarias que permitan incorporar formalmente iniciativas privadas al Sistema

82 Vid SUPRA Sección III, SEGUNDA PARTE, Párrafos 3.10, 3.11 y 3.12.

Nacional de AP. En efecto, es evidente la ausencia de un marco regulatorio que promueva, impulse e incentive la conservación de ecosistemas y hábitats de especies por agentes privados y la adscripción de territorios privados a actividades de conservación. Al respecto, no resiste análisis el hecho que la Ley N° 19.300 haya establecido conceptualmente las áreas protegidas privadas, integrándolas a un sistema de áreas protegidas de carácter nacional, sin que hasta la fecha, 16 años después de su entrada en vigencia en marzo de 1994, se haya dictado el reglamento para hacer operativo dicho sistema.

Ello, es un ejemplo de la debilidad de las políticas públicas en cuanto a priorizar estos instrumentos, cuestiones ajenas a lo jurídico, pero que inciden en la respuesta jurídica, ya que la elaboración y dictación del reglamento respectivo ha dependido, como se indicó, de una definición política por los agentes de gobierno.

En el caso específico de las áreas privadas, en nuestro país no existe un criterio común que defina "qué" es un área de conservación privada, como también, entre otros aspectos, las superficies mínimas de protección, las actividades necesarias para su conservación o aquellas incompatibles con estos objetivos. Tampoco existe un organismo regulador que otorgue un reconocimiento oficial y formal a una determinada área privada, que certifique su calidad de tal y la incorpore al SNAP.

Lo señalado es una omisión importante. Los agentes privados, con el correr del tiempo, han detectado oportunidades de negocios y generación de empleos y riqueza a través de un uso "no extractivo" de sus inmuebles, en especial aquellos que cuentan con especies, subespecies, hábitats de aquellas y ecosistemas completos que constituyen un patrimonio valioso desde una perspectiva ambiental y de prestación de servicios que generan valor económico. En otras palabras, hay actores privados (personas naturales y jurídicas, con o sin fines de lucro) que han detectado como oportunidad la explotación de "servicios ambientales", aunque no haya una regulación que esté siendo aplicada. De allí que una condición de mercado esté dando una clara señal respecto de la necesidad de definir un estatuto jurídico que fomente y fortalezca la conservación privada de ecosistemas.

En forma cercana, el "turismo verde", o el "ecoturismo" es una realidad, especialmente aquel denominado "de intereses especiales", cuya base es justamente el patrimonio ambiental compuesto por ecosistemas prístinos, paisajísticamente atractivos, valiosos y valorizados por el visitante. No es ésta, sin embargo, la finalidad "ecológica" de la protección de ecosistemas, pero es un buen barómetro del creciente interés que genera la conservación ambiental. Los levantamientos de información indican a la fecha la existencia de alrededor de 295 predios o inmuebles privados cuyo uso es la conservación, con una superficie total de 1.550.546,02 hectáreas[83].

---

83 Figueroa et al. 2009. "Valor Económico de la Contribución Anual del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Chile y Análisis de sus Financiamiento", en Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Global Environmental Facility (GEF) y Comisión Nacional del Medio Ambiente-Chile (eds.), Creación de un Sistema Integral de Áreas Protegidas para Chile, Documentos de Trabajo. Santiago, Chile, pp. 107-280.

Lo anterior deja en evidencia que abordar la tarea de integrar un sistema nacional público-privado de AP, en los momentos en que esta tarea se está acometiendo, es una verdadera oportunidad y también una obligación. Oportunidad, porque la biodiversidad debe conservarse y los altos niveles de conciencia facilitan esta tarea; obligación, porque las circunstancias favorables no pueden ser desatendidas por la autoridad pública, cuya misión fundamental es velar por el bien común, que incluye el "bien" ambiental.

La falta de un estatuto regulatorio puede alejar a las áreas privadas de objetivos de conservación de biodiversidad como los previstos en las convenciones y políticas internas. Sin embargo, deben tenerse en cuenta elementos que pueden ser complementarios para el sistema público. Probablemente las reglas puedan orientarse a la prestación de servicios ambientales como el turismo, con estándares o niveles de restricción dependiendo de las características del ecosistema representado en el inmueble privado.

En el marco de la actual legislación vigente, debe considerarse que ya hay figuras de participación de "privados" en la gestión de las AP públicas, a través del instrumento de concesión de bienes fiscales a terceros para el desarrollo de proyectos. Igualmente, ciertas figuras de protección oficial del Estado permiten que inmuebles privados queden bajo algún estatuto de conservación. Nos referimos, por ejemplo, a Santuarios de la Naturaleza, Lugares de Interés Histórico o Científico, Áreas de Protección Turística y Humedales de Importancia Internacional, por mencionar los más relevantes, que admiten un estatuto de propiedad privada.

Ninguna de estas figuras cuenta con una explícita política de fomento a la conservación de valores ambientales por parte del Estado, por lo que resulta ser éste un desafío que debe sumarse a un nuevo marco regulatorio para la gestión de las AP privadas.

### Propuesta de abordaje

Se requiere dar cumplimiento al mandato establecido en el artículo 35 de la Ley N° 19.300 en orden a que el Estado debe fomentar e incentivar la creación de áreas silvestres protegidas privadas, cuya supervisión estará a cargo del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Para tal efecto, se requiere dictar el Reglamento que establezca los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos y dar cumplimiento a las obligaciones y cargas a las cuales estarán afectas estas áreas. Asimismo, resulta fundamental el reconocimiento formal y oficial de las AP privadas, ya que al no existir actualmente en Chile, su categorización obedece sólo a las intenciones o deseos del propietario y, por tanto, no son resultado de la aplicación de criterios técnicos de elegibilidad por algún organismo regulador.

### *4.1.5. Superposición de competencias de protección de determinadas AP*

La identificación de las competencias institucionales en materia de creación, tuición y administración de las AP, ha permitido constatar la existencia de duplicidad de normas aplicables a un territorio en el que coexisten diversas categorías de protección (superposición de estatutos y competencias), lo que genera casos en que una misma unidad protegida está bajo la tuición, administración o supervigilancia por más de un organismo, sin perjuicio de la concurrencia de otras normas como las relativas a concesiones mineras, derechos de aprovechamiento de aguas o de exploración o explotación de hidrocarburos que también implican la competencia de otros organismos.

Esto es percibido como un problema por los distintos actores, ya que genera incertidumbre respecto de los niveles jurídicos de protección y de los derechos y obligaciones para la administración, gestión y actividades que pueden desarrollarse en un área determinada.

**Propuesta de abordaje**

Dar cumplimiento al mandato establecido en el Art. Octavo Transitorio de la Ley N° 20.417 en orden a que el Poder Ejecutivo debe enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la CONAF en un servicio público descentralizado, lo que se materializó el 26 de enero de 2011. Esta multiplicidad de competencias podrían ser coordinadas por el nuevo servicio o traspasadas y radicadas al mismo.

### *4.1.6. Debilidad de normas sancionadoras*

Existe una evidente precariedad de normas sancionadoras a conductas que contraríen los fines de la respectiva categoría de protección. Lo anterior es consecuencia de la falta de un estatuto jurídico que regule integralmente un SNAP, que establezca conceptos, condiciones, mandatos, prohibiciones y en definitiva brinde un tratamiento orgánico a las AP. En este contexto, resulta evidente la necesidad de incluir normas que recojan una política disuasiva de conductas y acciones atentatorias o contrarias a la conservación de la biodiversidad, en especial de la conservación *in situ*.

**Propuesta de Abordaje**

Se requiere de normas que identifiquen claramente qué actividades se encuentran prohibidas dentro de las AP y, por tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo que otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.) Así por ejemplo, se sugiere otorgar un reconocimiento legal del Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones, condiciones laborales y capacitación adecuadas.

## 4.2. Problemas específicos asociados a cada categoría de AP

### *4.2.1. Parques Nacionales*

En materia de ***Parques Nacionales*** la legislación interna no contempla normas específicas en materia de objetivos de esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión. Por otra parte, tampoco establece órganos con competencias para la administración de los parques nacionales. En efecto, el inc. 2º del Art. 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, sólo señala que: "estos terrenos quedarán bajo el cuidado y tuición de los organismos competentes", sin identificarlos.

Esta omisión –histórica por lo demás–, en principio, se ha subsanado en el artículo 34 de la Ley N° 19.300, modificado por la Ley N° 20.417, de 2010, que establece que "El Estado administrará un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, que incluirá los parques y reservas marinas, con objeto de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental. La administración y supervisión del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado corresponderá al Servicio Nacional de Biodiversidad y Áreas Protegidas". La referida ley modificó, asimismo, el artículo 35 de la Ley N° 19.300, en relación con la supervisión de las "áreas silvestres protegidas de propiedad privada", asignándole competencia para ejercer esta función al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Sin embargo, es preciso tener presente que mientras no se constituya legalmente el referido Servicio, la Corporación Nacional Forestal deberá seguir cumpliendo esa función.

Otro elemento disruptivo, dada la falta de legislación que consolide un estatuto sobre AP, se relaciona con la exigencia impuesta por el Art. III de la Convención de Washington relativa al "compromiso de "los Gobiernos Contratantes", los cuales "convienen en que los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos, sino por acción de la autoridad legislativa competente. Las riquezas existentes en ellos no se explotarán con fines comerciales". Sin embargo, como ya señalamos, el inciso 2º del Art. 21 del D.L. N° 1.939, de 1977, los predios bajo categoría de Parque Nacional no podrán ser destinados a otro objeto ni perderán esta calidad, sino en virtud de decreto del Ministerio de Bienes Nacionales, previo informe favorable del Ministerio de Agricultura o el Ministerio del Medio Ambiente, lo que ha generado conflictos de interpretación que no se condicen con la claridad normativa que los convenios internacionales exigen. De hecho este punto ha sido discutido en controversias judiciales, particularmente recursos de protección.

### *4.2.2. Reservas Nacionales*

En lo que se refiere a las ***Reservas Nacionales***, la legislación interna no contempla normas específicas en materia de objetivos para esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión. Por otra parte, tampoco establece órganos con competencias para la administración de las reservas nacionales. Las Reservas creadas tienen como fundamento la Convención de Washington –un instrumento internacional– sin

que hasta la fecha se haya dictado un marco jurídico interno de rango legal, lo que constituye una clara deuda respecto del expreso compromiso asumido en esta Convención.

En nuestro país se han creado varias Reservas Nacionales mediante D.S. del Ministerio de Agricultura, en las cuales CONAF tiene la tuición y administración.

### *4.2.3. Reservas Forestales*

En materia de ***Reservas de Bosques o Reservas Forestales*** la legislación interna, específicamente el D.L. N° 1.939, de 1977, no contempla normas específicas en materia de objetivos de esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión.

Hasta la fecha ha sido más bien escasa la declaración de Reservas Forestales en nuestro país. Es así como podemos citar Reserva las Guaitecas (1938), la Reserva Lago Peñuelas (1952) y la Reserva Ñuble (1978).

### *4.2.4. Monumentos Naturales*

En cuanto a los Monumentos Naturales la legislación interna no contempla normas específicas que incluyan "objetivos" para esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión, aunque ellos se desprenden, en lo "grueso", de la propia definición de la Convención de Washington. Por otra parte, la normativa interna tampoco establece órganos con competencias para la administración de los monumentos naturales. Además, al tener esta categoría de protección como fundamento un instrumento internacional, al igual que las Reservas Nacionales, como es la Convención de Washington, la carencia de regulaciones internas dejan abiertamente al Estado con un compromiso pendiente, sin perjuicio que en su carácter de "Ley de la República", la Convención puede llegar a aplicarse directamente en algunos de sus elementos considerados por el derecho internacional público como *self-executive*, lo que aplica plenamente al "concepto". Aun así, esta categoría no tiene una regulación jurídica interna, sin perjuicio que se pueda homologar en sus objetivos a otras existentes.

En nuestro país se han declarado como tales varios Monumentos Naturales mediante D.S. del Ministerio de Agricultura, en los que CONAF tiene la tuición y administración. Lo anterior refuerza lo dicho, en orden a que de la propia Convención hay elementos suficientes para proceder a incorporar en los hechos esta categoría. Igualmente, dadas las funciones y competencias de los distintos órganos del Estado en estas materias, la misma convención sirve de base legal para que Ministerios como el de Agricultura puedan proceder a declaratorias de "monumentos naturales".

### *4.2.5. Reservas de Regiones Vírgenes*

Respecto de las Reservas de Regiones Vírgenes la legislación interna no sólo no contempla normas específicas en materia de objetivos de esta categoría de protección,

administración y limitaciones para su gestión, sino que simplemente no las regula. Tampoco establece órganos con competencias para su administración aun cuando las funciones de ministerios específicos dan lugar para que puedan administrarlas bajo el principio de legalidad. Debe recordarse que al tener esta categoría de protección como fundamento un instrumento internacional, al igual que las Reservas Nacionales y los Monumentos Naturales, como es la Convención de Washington, la que es Ley de la República, atendida su ratificación y aprobación, lo que da una base jurídica mínima que permitiría crear estas áreas. No obstante ello, no solo carecen de una regulación jurídica interna, sino que simplemente esta categoría de protección no ha tenido aplicación. Lo anterior debe ser revisado, ya que pueden eventualmente presentarse dos escenarios: que los objetivos estén cubiertos por otras categorías de protección, o bien se ha desaprovechado su uso específico, ampliando la cobertura de figuras que tienen aplicación práctica.

### *4.2.6. Bienes Nacionales Protegidos*

En cuanto a los **Bienes Nacionales Protegidos** la legislación interna a través de la Ley N° 19.606, 1999, que modificó el D.L. N° 1939, de 1977, según se ha descrito, incorporó una serie de normas específicas en materia de objetivos para esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión.

En nuestro país se han declarado como tales varios Bienes Nacionales Protegidos mediante D.S. del Ministerio de Bienes Nacionales, manteniendo el mismo Ministerio su tuición y administración.

### *4.2.7. Santuarios de la Naturaleza*

En lo que se refiere a los **Santuarios de la Naturaleza** hasta la dictación de la Ley N° 20.417, de 2010, al Consejo de Monumentos Nacionales le correspondía la tuición de esta categoría de protección. La principal deficiencia de este diseño radica en los escasos mecanismos de fiscalización y sanción con los que cuenta este organismo, tomando en consideración que se requiere una supervigilancia más activa y permanente de estas áreas para que realmente se cumplan los objetivos para los cuales fueron creadas. A lo anterior, se agrega que el Consejo de Monumentos Nacionales no cuenta con los recursos humanos y financieros necesarios para cumplir cabalmente su labor, particularmente respecto de Santuarios de la Naturaleza en sectores geográficamente apartados. Precisamente, por ello es que la Ley N° 20.417 modificó el art. 4º de la Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales, estableciendo que la tuición de los Santuarios de la Naturaleza corresponderá en lo sucesivo al Ministerio del Medio Ambiente.

En Chile se han declarado como tales varios Santuarios de la Naturaleza mediante D.S. del Ministerio de Educación, en los que ha tenido tuición el Consejo de Monumentos Nacionales (hoy el Ministerio del Medio Ambiente), no obstante que en la práctica esta "tuición" la ha ejercido, en muchos casos, CONAF. Entre tales Santuarios de la Naturaleza

podemos mencionar, por ejemplo, la Isla Salas y Gómez (1976)[84] y el Parque Pumalín (2005), este último de propiedad privada.

### *4.2.8. Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar)*

Respecto de los **Sitios Ramsar** la legislación interna no contempla normas específicas en materia de objetivos para esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión. Por otra parte, tampoco establece órganos con competencias para la administración de los Sitios Ramsar. Al igual que en otras categorías, su fundamento jurídico es un instrumento internacional ratificado por Chile. Aún así, su aplicabilidad queda sujeta a que Chile postule sitios que adscriban a esta categoría y cumplan los requisitos para la declaratoria. De todas formas, se reitera que no existe una regulación jurídica interna donde se aborde su gestión, administración y se establezcan órganos con competencias asignadas para ello.

No obstante que en nuestro país existen varios humedales incorporados a la lista de zonas húmedas de importancia internacional de la Convención de Ramsar, su protección es deficiente, ya que, al no estar regulados como categoría en la normativa interna, carecen de instrumentos y mecanismos para una adecuada gestión del humedal. El refuerzo que brinda la legislación chilena es, en este sentido, aquel brindado por una categorización adicional que actualmente exista en el ordenamiento jurídico interno. Estos sitios, como se ha señalado, deben contar con una autoridad a cargo de su administración y con medidas de conservación y planes de manejo. Al respecto, el art. 17 inciso tercero de la Ley N° 20.283, sobre recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, establece que "el Reglamento determinará la normativa para la protección de los humedales declarados Sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, así como también los requerimientos de protección de las especies que lo habitan".

### *4.2.9. Reservas de la Biosfera*

En lo que dice relación a las **Reservas de la Biosfera** la principal limitación en este aspecto radica en la facultad de los Estados para retirar de la Red una Reserva de la Biosfera ubicada en su territorio. Ello compromete los objetivos de conservación en plazos más largos. Lo anterior se debe a que la participación de los Estados en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera es voluntaria.

Dado que en Chile no se encuentran reguladas, no existe normativa específica en torno a los objetivos de esta categoría de protección, administración y limitaciones para su gestión. Tampoco se definen, por lo mismo, órganos con competencias para la administración de las Reservas de la Biosfera designadas. Aunque, en la práctica, su administración la

84 La isla pertenece administrativamente a la comuna de Isla de Pascua, en la provincia homónima de la V Región de Valparaíso.

ejecuta la autoridad administradora del área cuya categoría se suma a la de Reserva de la Biosfera (generalmente CONAF). Por ejemplo, en Chile existen varias áreas declaradas Reservas de la Biosfera, como la RB Archipiélago de Juan Fernández, la RB Parque Nacional Fray Jorge, etc. Algunas de ellas, a su vez, conformadas por parques nacionales, reservas nacionales y monumentos naturales.

Es claramente deficitaria la legislación chilena, ya que la definición de un marco regulatorio, dado el traslape habitual con otras AP que se produce con las RB, permitiría dar mayores garantías de compromiso de afectación de tales ecosistemas o áreas exclusivamente para protección y conservación.

### *4.2.10. Parques Marinos*

En materia de **Parques Marinos** la principal deficiencia radica en que existen ciertas contradicciones entre lo dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura y el Reglamento sobre Parques Marinos y Reservas Marinas. En efecto, mientras la LGPA establece en su Art. 3 que en los Parques Marinos "No podrá efectuarse ningún tipo de actividad, salvo aquellas que se autoricen con propósitos de observación, investigación o estudio", el Reglamento en su Art. 9 prescribe que sólo se podrán realizar las actividades contempladas en los programas de manejo, sin perjuicio de lo dispuesto en el Art. 11. Esta disposición dice relación con la facultad de la Subsecretaría de Pesca de autorizar la realización de actividades no contempladas en el Programa respectivo, cuando éstas no signifiquen alteraciones para la unidad ecológica y no sean contrapuestas con el mismo Programa. En términos más simples, la LGPA establece que las actividades permitidas son únicamente aquellas que tienen objetivos de observación, investigación o estudio, en tanto que el Reglamento permite el desarrollo de actividades que no se traduzcan en alteraciones para la unidad ecológica y no contravengan el mismo programa de manejo, pero el reglamento no define que estas actividades deben tener solamente como objetivos la observación, investigación o estudio. Una interpretación restrictiva mueve a entender que cualquier actividad debe necesariamente ser de aquellas establecidas en la LGPA, por aplicación del principio de legalidad.

### *4.2.11. Reservas Marinas*

Respecto de las **Reservas Marinas** el inc. primero del Art. 158 de la LGPA señala que se excluye toda actividad extractiva y de acuicultura en la zona marítima que forme parte de la Reserva Marina, pero por otra parte, el Art. 2 N° 43 de la misma Ley permite la realización de actividades extractivas por períodos transitorios, autorizadas mediante resolución fundada de la Subsecretaría de Pesca en los sectores previamente determinados en el programa de manejo. En tanto que el Art. 16 del Reglamento de Parques y Reservas Marinas permite también la realización de actividades extractivas, por períodos transitorios, previa autorización, lo que también contradice el Art. 158 LGPA.

### *4.2.12. Áreas Marino-Costeras de Múltiples Usos*

En lo que se refiere a las **Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos** la principal dificultad radica en que esta categoría de protección no se encuentra regulada en forma sistemática en un cuerpo normativo de carácter general, donde se la defina, se determinen competencias, instrumentos de gestión o administración, fiscalización, sanciones en caso de incumplimiento, etc. Lo que sí existen son actos administrativos particulares donde se declara, por ejemplo, de manera general que se implementará un Plan General de Administración; que la declaración de AMCP-MU no obsta a la aplicación de medidas de conservación de recursos hidrobiológicos previstos en la Ley General de Pesca y Acuicultura; que no afectará la vigencia de las concesiones mineras de exploración y/o explotación otorgadas conforme al Código de Minería en el subsuelo correspondiente al área afectada, las que al momento de iniciar actividades de cualquier índole, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental conforme a la Ley N° 19.300 y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

### *4.2.13. Áreas Protegidas Privadas*

Respecto de las **Áreas Protegidas Privadas** no cabe duda que ha resultado muy positiva la inclusión en la Ley N° 19.300, de 1994, de una herramienta de gestión, que tiene su origen en otros países y que ha conocido exitosas experiencias, como lo son las Áreas Protegidas Privadas. Sin embargo, existen en la actualidad una serie de falencias y limitaciones que dificultan su plena implementación.

En primer término, la dictación del Reglamento respectivo no se ha materializado, no obstante que la Ley N° 19.300 entró en vigencia el 9 de marzo de 1994.

En segundo término, resulta discutible, desde el punto de vista de su constitucionalidad, lo que establece el inciso quinto del art. 35 de la Ley N° 19.300 de remitir a un Reglamento la determinación de los requisitos, plazos y limitaciones para gozar de los beneficios de carácter tributario a los cuales podrían acceder los propietarios de estas áreas. Además, tampoco la Ley N° 19.300 señala en forma expresa en qué consistirían tales beneficios o franquicias tributarias. En efecto, de conformidad a lo establecido en los arts. 63 N° 14 y 65 inciso cuarto N° 1 de la Constitución Política del Estado, éstas son materias de ley, cuya iniciativa corresponde al Presidente de la República y, por lo tanto, no son materias susceptibles de ser reguladas por medio de un reglamento.

Otra limitación que podemos mencionar es que esta disposición no establece otros instrumentos económicos como es el caso de bonificaciones o incentivos para la realización de ciertas actividades compatibles con los objetivos de conservación de estas áreas, entre las que podemos mencionar los proyectos de ecoturismo.

En definitiva, las disposiciones de la Ley N° 19.300 no desarrollan con la debida profundidad el marco conceptual de estas áreas, a lo que se debe agregar que el establecimiento de instrumentos económicos de incentivo al desarrollo de estas áreas requiere de

un texto legal expreso, como lo disponen los arts. 19 N° 22 inc. segundo y 63 N° 2 de la Constitución Política del Estado.

Las normas que regulen este instrumento de gestión, que debieran corregir las insuficiencias del art. 35 de la Ley N° 19.300 antes señaladas, están sujetas, como lo establece esta misma norma, a la dictación previa del texto que regule las AP bajo tuición estatal. En efecto, de su redacción es posible concluir que se remite la reglamentación de estas áreas a la normativa pertinente del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), en cuanto a los objetivos, derechos, obligaciones y supervigilancia de las nuevas categorías.

No obstante lo anterior, el título que regule las AP privadas debiera establecer con precisión aquellas materias que se remitirán a aquella normativa y regular otros aspectos esenciales como el régimen de utilización de los recursos existentes en estas áreas y la responsabilidad administrativa, civil y penal por hechos ilícitos cometidos en las mismas. En definitiva, mecanismos normativos que protejan en el largo plazo los objetivos de conservación de estas áreas.

Una última limitación que no podemos soslayar es la ausencia de criterios de elegibilidad para las AP Privadas que permitan evaluarlas y luego calificarlas formalmente como tales.

### 4.3. Problemas jurídicos específicos que afectan a las unidades en cada categoría

Estos problemas dicen relación con dificultades jurídicas de carácter específico que inciden en la gestión y protección de las diferentes categorías de protección que se han podido identificar producto del levantamiento de información que se ha realizado a nivel central y regional en los diferentes servicios públicos y entidades privadas vinculadas a la tuición y administración de las diferentes categorías de protección.

Como consideración previa, no podemos dejar de soslayar las dificultades que se han presentado en el proceso de recopilación de la información. En numerosos casos, las respectivas entidades no contaban con los actos administrativos creadores de las unidades protegidas. A modo meramente ejemplar, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) que está a cargo de la administración de las unidades que forman parte del SNASPE, sólo cuenta con los actos administrativos creadores de tales unidades (decretos), que en la mayoría de los casos no incluyen los deslindes ni otro antecedente adicional (inscripción de dominio, etc.).

Un primer aspecto que se ha evidenciado es la ausencia de información oficial en las distintas entidades que tienen competencia respecto de ciertas categorías de protección, como es el caso del Ministerio de Bienes Nacionales (MBN), CONAF, el Consejo de Monumentos Nacionales, entre otras.

Un segundo aspecto es la existencia de diferencias en la información que reside en las distintas entidades, como es el caso, por ejemplo, de la disponible en el MBN y aquella

obtenida en CONAF, fundamentalmente en lo referido a las categorías de protección: Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural.

Un tercer aspecto son las discrepancias de información, por ejemplo, en materia de superficie y de deslindes de las unidades, entre lo establecido en los decretos y la realidad física de la respectiva unidad, lo que se corrobora con la información recabada en regiones. Lo anterior se ve agravado por el hecho que en muchos casos el decreto de creación de la unidad no señala la superficie de la misma.

En los diferentes "Cuadros" y "Tablas" de este informe se contiene información de carácter general sobre el número de AP por categoría existentes en Chile, superficie de AP por categorías, tipos de administración de las AP por categoría, etc., como también información específica de cada una de las categorías de las AP incluídas en este estudio, identificándose, en cada caso, el nombre de la unidad, región, provincia y comuna donde se encuentra ubicada y la superficie en hectáreas de cada una de las unidades que forman parte de cada categoría, información que en este último caso debe ser tomada como referencial dadas las discrepancias de información ya mencionadas.

Se han identificado los siguientes problemas jurídicos específicos:

### *4.3.1. Problemas de dominio:*

Un primer problema relevante es la ausencia de actos de posesión por parte del Fisco en determinadas AP, lo que ha permitido que particulares hayan obtenido ciertos títulos de dominio al interior de las unidades mediante el mecanismo de la regularización o que simplemente hayan ocupado ciertas porciones de terreno de manera irregular.

En efecto, las inscripciones de dominio de ciertas unidades no se encuentran totalmente consolidadas por parte del Fisco de Chile. A modo ejemplar, el Parque Nacional Villarrica y las Reservas Forestales Alto Biobío, Villarrica y China Muerta carecen de primera inscripción fiscal, lo que resulta particularmente grave. En efecto, la ausencia de inscripción de todo o parte de un AP a nombre del Fisco de Chile configura una situación de extrema vulnerabilidad, ya que deja al Fisco de Chile en una situación desmedrada ante eventuales reclamaciones de terceros. Siempre en materia de dominio, aunque, evidentemente, menos grave, es el caso de los Bienes Nacionales Protegidos donde existen casos de litigios, como los originados en una demanda indígena en el caso Salar de Huasco y de restitución de tierras que se encuentra pendiente por parte del Fisco en los Humedales de Tongoy.

**Tabla 6**
**Problemas de dominio**

| Problemas de dominio | Área Protegida | Categoría |
|---|---|---|
| Coexiste propiedad fiscal con dominio privado, mayoritariamente de comunidades indígenas. | Lauca | Parque Nacional |
| Coexiste propiedad fiscal con dominio privado, mayoritariamente de comunidades indígenas. | Volcán Isluga | Parque Nacional |
| Existe un conflicto por la tuición de terrenos con la Comunidad Mariana de Osorio de Granizo-Olmué. | La Campana | Parque Nacional |
| Existe conflicto con comunidades indígenas sobre terrenos del AP. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Coexiste propiedad fiscal con dominio privado y la reclamación de terrenos por un tercero. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Falta modificar Decreto e inscripción de dominio. | Huerquehue | Parque Nacional |
| Falta modificar Decreto e inscripción de dominio. | Tolhuaca | Parque Nacional |
| Reclamación de terrenos por parte de un particular y una comunidad indígena. | Puyehue | Parque Nacional |
| Conflictos de dominio con particular en acceso al AP y pretensiones de dominio de particular en islote fiscal. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Reclamación de terrenos por comunidades indígenas. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Coexiste propiedad fiscal con dominio privado de comunidades indígenas. | Las Vicuñas | Reserva Nacional |
| Existe superposición de dominio con terrenos de propiedad de Fuerza Aérea de Chile. | Pampa del Tamarugal | Reserva Nacional |
| Reclamación de terrenos por parte de terceros. | Isla Mocha | Reserva Nacional |
| Coexiste propiedad fiscal con dominio privado y la reclamación de terrenos por terceros. | Ñuble | Reserva Forestal |
| Falta primera inscripción fiscal. | Alto Bíobío | Reserva Forestal |
| Falta primera inscripción fiscal. | China Muerta | Reserva Forestal |
| Existe reclamación de terrenos por parte de comunidades indígenas. | Malalcahuello | Reserva Forestal |
| Falta primera inscripción fiscal. | Villarrica | Reserva Forestal |
| Existe problema de dominio con propietarios colindantes. | Alto Huemul | Santuario de la Naturaleza |
| Propietario privado solicita corregir decreto de creación fundado en que incluye parte de superficie de predio de su propiedad. | El Morrillo | Santuario de la Naturaleza |

Fuente: Elaboración propia.

Los problemas de dominio que afectan a determinadas AP no sólo tienen que ver con la ausencia de inscripción, sino también con el hecho que en ciertas AP **no existe claridad de los deslindes** entre determinadas unidades del SNASPE, o bien con propietarios privados colindantes. Tal es el caso, por ejemplo, de los Parques Nacionales Conguillío y Hornopirén, las Reservas Forestales Malleco y Cerro Castillo, el Monumento Natural Pichasca y los Bienes Nacionales Protegidos Salar de Huasco y Laguna del Maule. Naturalmente que lo anterior configura una situación de grave incerteza jurídica.

Estos problemas de delimitación se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 7**
**Problemas de delimitación**

| Problemas de delimitación | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Falta demarcar en terreno los límites actuales del AP. | Fray Jorge | Parque Nacional |
| Decreto de creación no señala límites. | Archipiélago Juan Fernández | Parque Nacional |
| Decreto de creación no señala límites. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Problemas de deslindes con propietarios colindantes. | Conguillío | Parque Nacional |
| Imprecisión de deslindes con propietarios colindantes. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Imprecisión de deslindes con propietarios colindantes. | Villarrica | Parque Nacional |
| Pendiente de solucionar deslindes sector norte. | Puyehue | Parque Nacional |
| Imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Superposición de límites. | Alerce Andino | Parque Nacional |
| Superposición de límites. | Chiloé | Parque Nacional |
| Carencia de cercos limítrofes y desconocimiento de deslindes en terreno entre AP y propietarios colindantes. | Laguna San Rafael | Parque Nacional |
| Carencia de cercos limítrofes y desconocimiento de deslindes en terreno entre AP y propietarios colindantes. | Bernardo O'Higgins | Parque Nacional |
| Existen conflictos de límites. | Torres del Paine | Parque Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 7*

**Tabla 7**
**Problemas de delimitación**

| Problemas de delimitación | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Falta redefinir deslindes. | Ñuble | Reserva Forestal |
| Imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. | Malleco | Reserva Forestal |
| Imprecisión de deslindes. | Villarrica | Reserva Forestal |
| Imprecisión de deslindes con colindantes. | Llanquihue | Reserva Forestal |
| Imprecisión de deslindes con colindantes. | Cerro Castillo | Reserva Forestal |
| Imprecisión de deslindes con colindantes. | Magallanes | Reserva Forestal |
| Imprecisión de deslindes con colindantes. | Pampa del Tamarugal | Reserva Nacional |
| Problemas de delimitación. | Radal Siete Tazas | Reserva Nacional |
| Imprecisión de deslindes. | Isla Mocha | Reserva Nacional |
| Imprecisión de deslindes. | Ralco | Reserva Nacional |
| Imprecisión de deslindes. | Lago Jeinimeni | Reserva Nacional |
| Imprecisión de límites del AP. | Pichasca | Monumento Natural |
| CONAF reporta que los límites del AP no han sido respetados por proceso de urbanización. | Laguna El Peral | Santuario de la Naturaleza |
| Existen problemas de delimitación. | Alto Huemul | Santuario de la Naturaleza |
| Existen problemas de límites. | El Morrillo | Santuario de la Naturaleza |

Fuente: Elaboración propia.

También ligado al problema del dominio, aunque sin constituir propiamente un problema jurídico, se presentan dificultades en materia de cartografía. En efecto, no existe uniformidad en los planos de determinadas AP identificándose problemas de referenciación, como son los casos, por ejemplo, de los Parques Nacionales Fray Jorge, Conguillío, Hornopirén; de los Monumentos Naturales Pichasca, Contulmo y Salar de Surire y en los Bienes Nacionales Protegidos Laguna del Maule, Río Serrano-Milodón y Río

Robalo-Navarino. Ello puede incidir en incertidumbre respecto de los verdaderos límites y extensión de una determinada unidad de AP, lo que invariablemente incide en dificultades al ejercicio de dominio, en términos reales o potenciales.

Los problemas de cartografía se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 8**
**Problemas de cartografía**

| Problemas de cartografía | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Plano incluye 3 AP (MN Salar de Surire, RN Las Vicuñas y PN Lauca). | Lauca | Parque Nacional |
| No coincide la superficie del plano del MBN con la indicada por CONAF. | Bosque Fray Jorge | Parque Nacional |
| Plano señala superficie distinta a la descrita en el decreto y situación actual del AP. | Radal Siete Tazas | Parque Nacional |
| Plano señala una superficie distinta a la descrita en el decreto y situación actual del AP. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Plano señala una superficie distinta a la descrita en el decreto y situación actual del AP. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Plano señala una superficie distinta a la descrita en el decreto y situación actual del AP. | Isla Guamblin | Parque Nacional |
| Plano señala una superficie distinta a la situación actual. | Laguna San Rafael | Parque Nacional |
| Plano señala una superficie distinta a la situación actual. | Torres del Paine | Parque Nacional |
| Plano no señala los límites del AP. | Cabo de Hornos | Parque Nacional |
| Plano con una superficie distinta a la señalada en el decreto y la información disponible en CONAF. | Lago Peñuelas | Reserva Forestal |
| Plano con una superficie distinta a la señalada en el decreto y la información disponible en CONAF. | Ñuble | Reserva Forestal |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Malalcahuello | Reserva Forestal |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. Plano incluye 2 AP (RF Malalcahuello y RF Nalcas). | Nalcas | Reserva Forestal |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Lago Palena | Reserva Forestal |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 8*

| Tabla 8<br>Problemas de cartografía | | |
|---|---|---|
| Problemas de cartografía | Área Protegida | Categoría de Protección |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Lago Carlota | Reserva Forestal |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Cerro Castillo | Reserva Forestal |
| Plano incluye 2 AP (RF Magallanes y RF Laguna Parrillar). | Parrillar | Reserva Forestal |
| Plano incluye 2 AP (RF Magallanes y RF Laguna Parrillar). | Magallanes | Reserva Forestal |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Pampa del Tamarugal | Reserva Nacional |
| Existen 6 planos para 7 sectores de esta AP. | Los Flamencos | Reserva Nacional |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Río Blanco | Reserva Nacional |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Río Clarillo | Reserva Nacional |
| Falta cartografía oficial y modificar Decreto. | Los Cipreses | Reserva Nacional |
| Plano no da cuenta de situación actual del AP. | Radal Siete Tazas | Reserva Nacional |
| Plano con una superficie distinta a la descrita en el decreto y la informada por CONAF. | Isla Mocha | Reserva Nacional |
| Plano incluye 2 AP (MN Los Pingüinos y MN Laguna de Los Cisnes). | Los Pingüinos | Monumento Natural |
| Plano con una superficie distinta a la descrita en el decreto. Plano incluye 2 AP (MN Los Pingüinos y MN Laguna de Los Cisnes). | Laguna de Los Cisnes | Monumento Natural |
| Problemas en plano y Decreto. | Milodón-Río Serrano | Bien Nacional Protegido |
| Problemas en plano y Decreto. | Río Robalo-Navarino | Bien Nacional Protegido |
| Fuente: Elaboración propia. | | |

### *4.3.2. Problemas de cabida o superficie*

Un segundo problema dice relación con importantes discrepancias que se han detectado entre la superficie señalada en decreto de creación y lo que efectivamente abarca el AP, como es el caso, por ejemplo, de los Parques Nacionales Huerquehue y Tolhuaca; de

las Reservas Nacionales Los Cipreses y Las Nalcas; del Monumento Natural El Morado y de los Bienes Nacionales Protegidos Río Serrano-Milodón y Río Robalo-Navarino.

Los problemas de cabida o superficie se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:



**Tabla 9**
**Problemas de cabida o superficie**

| Problemas de cabida o superficie | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Decreto de creación y sus modificaciones no indican superficie. | Archipiélago Juan Fernández | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF. | Villarrica | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF. | Puyehue | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF y en la ficha técnica del MBN. | Isla Guamblin | Parque Nacional |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo informado por CONAF. | Lago Peñuelas | Reserva Forestal |
| Discrepancia en información del plano CONAF y Ficha Técnica del MBN y el decreto de creación y la información de CONAF. | Ñuble | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y sus modificaciones y lo indicado en Ficha Técnica de MBN y lo informado por CONAF. | Alto Biobío | Reserva Forestal |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 9*

| Tabla 9<br>Problemas de cabida o superficie | | |
|---|---|---|
| Problemas de cabida o superficie | Área Protegida | Categoría de Protección |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Malalcahuello | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Lago Carlota | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Lago Cochrane | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Laguna Parrillar | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Magallanes | Reserva Forestal |
| Discrepancia entre la superficie señalada en el decreto de creación y el estado actual del AP. | Radal Siete Tazas | Reserva Nacional |
| Decreto de creación no indica superficie. | Altos de Lircay | Reserva Nacional |

Fuente: Elaboración propia.

### *4.3.3. Problemas de superposición de categorías*

Se han detectado casos de superposición de categorías de protección respecto del todo o parte de la superficie de un AP, lo que evidentemente genera problemas de confusión de competencias y procedimientos. Sin embargo, algunas entidades han señalado como una fortaleza más que una debilidad, en el sentido de que la respectiva AP cuenta con mayores niveles de protección, lo que es relativo porque en realidad genera incertidumbre y falta de claridad acerca del organismo realmente responsable de la tuición o administración de la unidad.

Los problemas de superposición se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 10**
**Problemas de superposición**

| Problemas de superposición | Nombre Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Se ha declarado Reserva de la Biosfera Lauca y lugar de interés para efectos mineros. | Lauca | Parque Nacional |
| Incluye Monumento Nacional Santuario Isluga y un área de la comuna de Colchane ha sido declarada Zona de Interés Turístico Nacional (ZOIT). | Volcán Isluga | Parque Nacional |
| Ha sido declarado SN, BNP y Sitio Ramsar, además el área Pica-Salar del Huasco ha sido declarada ZOIT. | Salar del Huasco | Parque Nacional |
| Ha sido declarado lugar de interés para efectos mineros. | Llullaillaco | Parque Nacional |
| Ha sido declarado lugar de interés para efectos mineros. | Pan de Azúcar | Parque Nacional |
| Ha sido declarado Sitio RAMSAR el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa. | Nevado Tres Cruces | Parque Nacional |
| Ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad por UNESCO. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Ha sido declarada Reserva de la Biosfera "Bosque Fray Jorge", además lugar de interés científico para efectos mineros. | Fray Jorge | Parque Nacional |
| Ha sido declarada Reserva de la Biosfera "Archipiélago Juan Fernández", lugar de interés científico para efectos mineros y ZOIT. | Archipiélago Juan Fernández | Parque Nacional |
| Ha sido declarada Reserva de la Biosfera "La Campana-Lago Peñuelas" y lugar de interés científico para efectos mineros. | La Campana | Parque Nacional |
| Ha sido declarada ZOIT. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Las comunas de Pucón y Villarrica han sido declaradas ZOIT y pertenecen a las Reservas de la Biosfera "Las Araucarias" y "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | Villarrica | Parque Nacional |
| Las comunas de Pucón y Villarrica han sido declaradas ZOIT y pertenecen a las Reservas de la Biosfera "Las Araucarias". | Huerquehue | Parque Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 10*

| Tabla 10<br>Problemas de superposición | | |
|---|---|---|
| Problemas de superposición | Nombre Área Protegida | Categoría de Protección |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | Tolhuaca | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias", además, ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Conguillío | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | Puyehue | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes", además, ha sido declarado ZOIT. | Alerce Andino | Parque Nacional |
| En su interior se encuentra SN "Potrero de Anay". | Chiloé | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes" y ZOIT. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Laguna San Rafael", además, ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Laguna San Rafael | Parque Nacional |
| Ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Queulat | Parque Nacional |
| Es parte de la Reserva de la Biosfera Torres del Paine, además, ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Torres del Paine | Parque Nacional |
| Es parte de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. | Alberto de Agostini | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. | Cabo de Hornos | Parque Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera La Campana-Lago Peñuelas. | Lago Peñuelas | Reserva Forestal |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 10*

**Tabla 10**
**Problemas de superposición**

| Problemas de superposición | Nombre Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera Las Araucarias, además, ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Alto Biobío | Reserva Forestal |
| Forma parte de la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | Malalcahuello | Reserva Forestal |
| Forma parte de la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | Nalcas | Reserva Forestal |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | Malleco | Reserva Forestal |
| Las comunas de Pucón y Villarrica han sido declaradas ZOIT, además forma parte de la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | Villarrica | Reserva Forestal |
| Forma parte de la Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". | China Muerta | Reserva Forestal |
| Forma parte de la Reserva de la Biosfera Bosque Templado Lluvioso de los Andes Australes. | Llanquihue | Reserva Forestal |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera Lauca, además, ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Las Vicuñas | Reserva Nacional |
| Forma parte de los Sitios RAMSAR Salar de Pujsa, Salar de Tara y Sistema Hidrológico de Soncor, además, dentro de la misma se encuentra el SN "Valle de la Luna" y ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Los Flamencos | Reserva Nacional |
| Ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Pingüino de Humboldt | Reserva Nacional |
| Dentro de esta RN se encuentra el Sitio RAMSAR "El Yali", además, ha sido declarado Área Prohibida de Caza. | El Yali | Reserva Nacional |
| Ha sido declarado Santuario de la Naturaleza. | Laguna Torca | Reserva Nacional |
| Ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Ralco | Reserva Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 10*

**Tabla 10**
**Problemas de superposición**

| Problemas de superposición | Nombre Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosque Templado Lluvioso de los Andes Australes" y, además, la comuna de Panguipulli ha sido declarada ZOIT. | Mocho-Choshuenco | Reserva Nacional |
| Pertenece a la Reserva de la Biosfera "Bosque Templado Lluvioso de los Andes Australes", además ha sido declarado como Zona de Interés Turístico Nacional. | Futaleufú | Reserva Nacional |
| Parte de su superficie está incluida en ZOIT Lago General Carrera. | Lago Jeinemeni | Reserva Nacional |
| Pertenece a Reserva de Biosfera Lauca y Sitio Ramsar Salar de Surire. | Salar de Surire | Monumento Natural |
| Ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros. | Pichasca | Monumento Natural |
| Adyacente a Santuario de la Naturaleza Isla Cachagua. | Isla Cachagua | Monumento Natural |
| Comprende Monumento Histórico Los Pingüinos. | Los Pingüinos | Monumento Natural |
| Comprende Monumento Nacional Cueva del Milodón. | Cueva del Milodón | Monumento Natural |
| Ha sido declarado lugar de interés científico para efectos mineros, Zona de Interés Turístico Nacional y pertenece a Área Preservación Ecológica de la RM. | El Morado | Monumento Natural |
| Adyacente a Santuario de la Naturaleza Isla Cachagua. | Isla Cachagua | Monumento Natural |
| Ha sido declarado PN, BNP y Sitio Ramsar, además el área "Pica-Salar del Huasco" ha sido declarada ZOIT. | Salar de Huasco | Santuario de la Naturaleza |
| Forma parte de la RN "Los Flamencos". | Valle de la Luna | Santuario de la Naturaleza |
| Forma parte del BNP "Granito Orbicular". | Granito Orbicular | Santuario de la Naturaleza |
| Declarado Sitio RAMSAR. | Laguna Conchalí | Santuario de la Naturaleza |
| Pertenece al Parque Marino "Motu Motiro Hiva". | Islas Salas y Gómez e islotes adyacentes a Isla de Pascua | Santuario de la Naturaleza |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 10*

**Tabla 10**
**Problemas de superposición**

| Problemas de superposición | Nombre Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Declarado Monumento Natural Isla Cachagua. | Isla Cachagua | Santuario de la Naturaleza |
| Dentro del mismo se encuentra Área Prohibida de Caza. | Altos de Cantillana | Santuario de la Naturaleza |
| Se encuentra en comuna de San José de Maipo declarada ZOIT y el área ha sido declarada zona de interés científico para efectos mineros. | San Francisco de Lagunillas y Quillayal | Santuario de la Naturaleza |
| Se encuentra en comuna de San José de Maipo declarada ZOIT y el área ha sido declarada zona de interés científico para efectos mineros. | Cascada de las Ánimas | Santuario de la Naturaleza |
| Ha sido declarado Reserva Nacional. | Laguna Torca | Santuario de la Naturaleza |
| Ha sido declarada zona de interés científico para efectos mineros. | Alto Huemul | Santuario de la Naturaleza |
| Declarado Sitio RAMSAR “Carlos Andwanter”. | Río Cruces | Santuario de la Naturaleza |
| Forma parte del PN “Chiloé”. | Alerzales Potrero de Anay | Santuario de la Naturaleza |
| Ha sido declarado PN, SN y Sitio Ramsar, además el área “Pica-Salar del Huasco” ha sido declarada ZOIT. | Salar del Huasco | Bien Nacional Protegido |
| Forma parte del SN “Granito Orbicular”. | Granito Orbicular | Bien Nacional Protegido |
| Forman parte de la Reserva Forestal “Alacalufes”. | Isla Carlos III | Bien Nacional Protegido |
| Forman parte de la Reserva Forestal “Alacalufes”. | Isla Ruppert | Bien Nacional Protegido |
| Forman parte de la Reserva Forestal “Alacalufes”. | Isla Madre de Dios | Bien Nacional Protegido |
| En su interior se encuentra el Parque Marino Francisco Coloane. | Francisco Coloane | Área Marina y Costera Protegida |
| Parque Marino Motu Motiro Hiva. | Parques Submarinos Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo | Área Marina y Costera Protegida |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.4. Problemas de ocupación y de acceso

Al interior de las AP existen propiedades de particulares y ocupaciones irregulares. Tal es el caso, por ejemplo, de los Parques Nacionales Rapa Nui, Laguna Laja, Vicente Pérez Rosales y de los Bienes Nacionales Protegidos Ventisquero, Cerro Illi, Laguna Caiquenes, Valle El Frío y Río Paralelo, o dificultades de acceso.

Los problemas de ocupación y acceso identificados hasta la fecha se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 11**
**Problemas de ocupación y acceso**

| Problemas de ocupación y acceso | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Ocupantes invocando derechos ancestrales. | Lauca | Parque Nacional |
| Ocupantes invocando derechos ancestrales. | Volcán Isluga | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Morro Moreno | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares temporales. | Fray Jorge | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Ocupante irregular. | Radal Siete Tazas | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Huerquehue | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Villarrica | Parque Nacional |
| Ocupante irregular. | Alerce Costero | Parque Nacional |
| Ocupante irregular. | Puyehue | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares y problemas de acceso. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Ocupantes irregulares aislados. | Alerce Andino | Parque Nacional |
| Carencia de servidumbre para libre acceso. | Chiloé | Parque Nacional |
| Precariedad en acceso al AP. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Problema de acceso terrestre. | Corcovado | Parque Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 11*

**Tabla 11**
**Problemas de ocupación y acceso**

| Problemas de ocupación y acceso | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Ocupantes irregulares. | Ñuble | Reserva Forestal |
| Ocupantes irregulares temporales y permanentes. | Villarrica | Reserva Forestal |
| Problema de acceso terrestre por territorio nacional. | Palena | Reserva Forestal |
| Ocupantes que invocan derechos ancestrales. | Las Vicuñas | Reserva Nacional |
| Ocupantes irregulares. | Isla Mocha | Reserva Nacional |
| Ocupantes que invocan derechos ancestrales. | Ralco | Reserva Nacional |
| Ocupante irregular. | Mocho Choshuenco | Reserva Nacional |
| Conflicto por servidumbre de acceso público. | Futaleufú | Reserva Nacional |
| Limitaciones de acceso público. | Lahuen Ñadi | Monumento Natural |
| Falta de acceso y servidumbre de paso. | Laguna de los Cisnes | Monumento Natural |
| Limitaciones de acceso público. | Campo Dunar de la Punta de Concón | Santuario de la Naturaleza |
| Ocupantes irregulares. | Península Mejillones | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Isla Gaviota | Bien Nacional Protegido |
| Ocupantes esporádicos. | Laguna del Maule | Bien Nacional Protegido |
| Problemas de acceso. | Cerro Illi | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Ventisquero | Bien Nacional Protegido |
| Acceso precario, no posee servidumbre establecida. | Valle El Frío | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Ventisquero Montt | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Laguna Caiquenes | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Batchelor | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Cabo Froward | Bien Nacional Protegido |
| Ocupante irregular. | Río Paralelo | Bien Nacional Protegido |

Fuente: Elaboración propia.

### *4.3.5. Solicitudes de desafectación*

Se ha constatado la existencia de solicitudes de desafectación de diversas AP del SNASPE provenientes de diversos servicios: los Parques Nacionales Rapa Nui, Archipiélago Juan Fernández y Puyehue; las Reservas Nacionales Pampa del Tamarugal, Laguna Torca y Palena y la Reserva Forestal Lago Carlota, lo que puede eventualmente dar lugar a situaciones de conflicto entre organismos. Estas solicitudes, o más bien la materia, debe contextualizarse en el problema general planteado respecto de los mecanismos de afectación y desafectación actualmente previstos por la legislación interna (Sección 4.1.2.). Lo anterior está relacionado con los mecanismos de rango "legislativo" previstos en la Convención de Washington, por una parte, con las causales de desafectación (interés público o particular) y con la necesidad de dar estabilidad y permanencia a las AP.

Los problemas de desafectación se presentan en las AP que se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 12**
**Problemas de Desafectación**

| Problemas de Desafectación | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Solicitud de desafectación. | Rapa Nui | Parque Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Archipiélago Juan Fernández | Parque Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Puyehue | Parque Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Pampa del Tamarugal | Reserva Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Laguna Torca | Reserva Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Palena | Reserva Nacional |
| Solicitud de desafectación. | Lago Carlota | Reserva Forestal |

Fuente: Elaboración propia.

### *4.3.6. Litigios*

Los problemas de litigios se refieren a aquellas controversias referidas a las AP que han llegado a instancias judiciales, habiéndose registrado hasta la fecha las siguientes:

| Tabla 13<br>Problemas litigiosos | | |
|---|---|---|
| Problemas de litigios o controversias | Área Protegida | Categoría de Protección |
| Litigio por propiedad. | La Campana | Parque Nacional |
| Litigio por propiedad. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Litigio por uso y modificación de infraestructura. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Litigio. | Pampa del Tamarugal | Reserva Nacional |
| Litigio. | Surire | Monumento Natural |
| Litigio. | Humedales de Tongoy | Bien Nacional Protegido |
| Litigio. | Laguna del Maule | Bien Nacional Protegido |
| Litigio. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Litigio. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Controversia. | La Campana | Parque Nacional |
| Controversia. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Fuente: Elaboración propia | | |

### *4.3.7. Problemas varios*

| Tabla 13<br>Problemas varios | | |
|---|---|---|
| Problemas varios | Área Protegida | Categoría de Protección |
| Caza furtiva de vicuñas y posible uso de suelo y recursos hídricos por actividad minera. | Lauca | Parque Nacional |
| Deficiente fiscalización de borde costero por autoridad marítima, lo que facilita sustracción de recursos pertenecientes al patrimonio cultural y natural. | Morro Moreno | Parque Nacional |
| Realización de actividad minera, requerimiento de derechos de agua y caza furtiva. | Llullaillaco | Parque Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 13*

| Tabla 13<br>Problemas varios | | |
|---|---|---|
| Problemas varios | Área Protegida | Categoría de Protección |
| Ingreso furtivo para recolección de algas marinas (“huiro”), caza ilegal e ingreso de perros asilvestrados. | Pan de Azúcar | Parque Nacional |
| Extracción de agua para proyectos mineros. | Nevado Tres Cruces | Parque Nacional |
| Ingreso furtivo para recolección de algas marinas (“huiro”) y pretensiones mineros e ingreso de perros asilvestrados. | Llanos de Challe | Parque Nacional |
| Ingreso furtivo para recolección de algas marinas (“huiro”) y de animales. | Bosque Fray Jorge | Parque Nacional |
| Existencia de derechos de agua de privados, ingreso de ganado, extracción de agua, reactivación de explotación minera y crecimiento demográfico de población aledaña. | La Campana | Parque Nacional |
| Presencia de especies exóticas con potencialidad de convertirse en plaga y de ganado de la comunidad local. | Archipiélago Juan Fernández | Parque Nacional |
| Uso inadecuado por público visitante que genera contaminación y pastoreo clandestino. | Radal Siete Tazas | Parque Nacional-<br>Reserva Nacional |
| Deterioro del patrimonio natural por ganado e introducción de especies exóticas. | Laguna del Laja | Parque Nacional |
| Invasión de especies exóticas y utilización de recursos hídricos por central de pasada. | Huerquehue | Parque Nacional |
| Existencia de solicitudes de derechos de agua por privados y presencia de especies exóticas (ciervo rojo, jabalí y visón). | Villarrica | Parque Nacional |
| Aislamiento ecosistémico producto de plantaciones o monocultivo como asimismo riesgo de incendios forestales por actividad de “carboneo”. | Nahuelbuta | Parque Nacional |
| Riesgo de incendios forestales y contaminación provocada por visitantes. | Tolhuaca | Parque Nacional |
| Pérdida de la biodiversidad como consecuencia del uso de los recursos para fines comerciales (extracción de leña, plantas, etc.). | Conguillío | Parque Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 13*

**Tabla 13**
**Problemas varios**

| Problemas varios | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Existencia de pedimento minero para reactivar mina de manganeso, corta ilegal de flora nativa para fines dendroenergéticos y presencia de ganado. | Alerce Costero | Parque Nacional |
| Introducción de ganado y existencia de requerimiento de derechos de agua. | Puyehue | Parque Nacional |
| Pretensiones de derechos de agua del río Petrohué para desarrollo de proyecto hidroeléctrico. | Vicente Pérez Rosales | Parque Nacional |
| Existencia de concesión eléctrica a privado y presencia de ganado. | Alerce Andino | Parque Nacional |
| Pretensiones de uso para actividad minera. | Chiloé | Parque Nacional |
| Corte ilegal de alerce. | Hornopirén | Parque Nacional |
| Caza furtiva y esporádica de lobos marinos y pesca artesanal. | Isla Guamblin | Parque Nacional |
| Realización de actividades turísticas no autorizadas. | Laguna San Rafael | Parque Nacional |
| Ingreso ilegal de animales domésticos. | Queulat | Parque Nacional |
| Actividad ganadera ilegal, tala árboles y realización actividades turísticas no autorizadas. | Bernardo O'Higgins | Parque Nacional |
| Cortas no autorizadas. | Alerce Costero | Parque Nacional |
| Ingreso de visitantes no controlado. | Los Flamencos | Reserva Nacional |
| Errores de administración territorial. | La Chinchilla | Reserva Nacional |
| Extracción de aguas subterráneas, quemas ilegales, ingreso ilegal de vehículos, personas y animales domésticos, caza y pesca furtiva. | El Yali | Reserva Nacional |
| Realización de actividades turísticas en sector de ocupación irregular. | Mocho Choshuenco | Reserva Nacional |
| Ingreso de animales. | Futaleufú | Reserva Nacional |
| Ingreso de animales. | Lago Palena | Reserva Nacional |

*Continúa en página siguiente*

*Continuación Tabla 13*

**Tabla 13**
**Problemas varios**

| Problemas varios | Área Protegida | Categoría de Protección |
|---|---|---|
| Ingreso de ganado y pastoreo intensivo. | Lago Jeinimeni | Reserva Nacional |
| Ejecución actividad minera sin autorización. | Surire | Monumento Natural |
| Ingreso no autorizado de personas. | Las Torcazas de Pirque | Santuario de la Naturaleza |
| Introducción de ganadería y sobrepastoreo. | Salar del Huasco | Bien Nacional Protegido |
| Se debe modificar el Decreto de protección que excluya los 80 metros administrados por la Subsecretaría de Marina.. | Laguna del Maule | Bien Nacional Protegido |
| Extracción de leña y madera. | Cerro Illi | Bien Nacional Protegido |
| Extracción de leña. | Pellaifa | Bien Nacional Protegido |

Fuente: Elaboración propia.

### Propuesta de abordaje

Varios de los problemas puntuales descritos anteriormente se generan por la falta de normas que identifiquen claramente las actividades que se encuentran prohibidas dentro de las AP y que, por lo tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo, que se otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.). Ya se mencionó que se requiere crear un Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones, capacitación y régimen y condiciones de trabajo adecuadas.

Por otra parte, los problemas de dominio que afectan a varias unidades deben ser resueltos por los mecanismos judiciales (en caso de disputa) y mediante el esclarecimiento de los deslindes, cartografía, etc., saneando y esclareciendo los títulos inscritos.

## V. CONCLUSIONES

- El sistema de protección de ecosistemas y hábitats en Chile ha tenido como característica histórica carecer de un sólido basamento jurídico que establezca en forma sistemática figuras adecuadas de protección de los espacios naturales estimados como valiosos o representativos. En otras palabras, no ha existido una ley que regule integralmente la materia, aun cuando en la década de 1980 se dictó la ley N° 18.362 (creaba un "Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado") que nunca entró en vigencia, ya que quedó supeditada a la dictación de otra ley –la Ley N° 18.348 que creaba la nueva CONAF–, la que tampoco entró en vigencia.
- La suscripción y ratificación de algunos convenios internacionales que definen categorías de protección, comprometieron a Chile a su cumplimiento, lo que sirvió durante algunas décadas para otorgar fundamentos jurídicos más sólidos a la débil legislación que con timidez se vino gestando desde la década de los 50. Emblemática, por decir lo menos, fue la *Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América de 1940*, más conocida como "Convención de Washington", la que permitió en varios momentos una tutela jurisdiccional de AP, administradas por CONAF, cuya integridad y recursos se vieron varias veces amenazados, en especial por actividades mineras. Este sistema de AP públicas –el "SNASPE", como se le denomina– ha sido administrado por la CONAF, institución que como Corporación de Derecho Privado no forma parte propiamente tal de la administración del Estado.
- No obstante lo señalado, los conceptos contenidos en la Ley de Bosques, en el D.L. N° 1.939, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado, la breve referencia de la Ley 19.300 a un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas; los convenios internacionales ratificados por Chile, la administración de las AP radicada en una corporación privada –CONAF–, sumados a los esfuerzos más bien aislados de algunos organismos del Estado han logrado articular una red de AP públicas consolidada en el tiempo, respetada por usuarios y autoridades, a pesar de las debilidades mencionadas. Sin embargo, las bases institucionales, de política pública y jurídica resultan insuficientes para los tiempos que están corriendo en materia ambiental y los desafíos crecientes que impone con urgencia la conservación *in situ* de la biodiversidad. No es sostenible el esquema bajo el cual se ha funcionado durante estas décadas, particularmente en lo que concierne a las bases jurídicas del sistema de AP. La debilidad jurídica debe ceder paso a una legislación que constituya un verdadero "sistema jurídico" para la conservación *in situ* de la biodiversidad.
- En este sentido, las últimas modificaciones introducidas a la Ley N° 19.300, de 1994, por la Ley N° 20.417, de 2010, y a otros cuerpos legales, constituyen un avance en los aspectos jurídicos, aun cuando insuficiente si no se diseña un sistema de gestión de AP que pueda responder a las necesidades actuales que demanda la protección de la biodiversidad y su articulación con un desarrollo económico ambientalmente sustentable. Es así como el art. 34 de la Ley N° 19.300, modificado por la referida Ley

N° 20.417, establece que *"la administración y supervisión del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado* ***corresponderá al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas****", en tanto que el art. 36 en su inciso segundo establece que "sobre estas áreas protegidas mantendrán sus facultades los demás organismos públicos, en lo que les corresponda"*. Este es un anuncio hecho en la propia ley, lo que genera altos niveles de incertidumbre respecto de su concreción. En efecto, una de las reformas más relevantes de esta ley, en lo que concierne a las AP es la "institucionalidad para la biodiversidad". El art. 8º transitorio de la Ley N° 20.417 establece que dentro del plazo de un año desde su publicación en el Diario Oficial, esto es, el 26 de enero de 2010, *"el Presidente de la República deberá enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la Corporación Nacional Forestal en un servicio público descentralizado".*

- Otra modificación al marco regulatorio en materia de AP que no podemos soslayar lo constituye la Ley N° 20.423, de 2010, que creó el Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo, publicada en el Diario Oficial de 12 de febrero de 2010, que introdujo una serie de modificaciones al decreto ley N° 1.224, de 1975, que creó el Servicio Nacional de Turismo; a la Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales y a la Ley N° 14.171 que creó el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, hoy denominado Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
- Uno de los elementos básicos para establecer un Sistema Nacional de AP es contar con un concepto claro sobre "área protegida". La legislación chilena –especialmente considerando en ella a la CDB– nos permite visualizar un escenario orientador bastante claro: Chile cuenta con un concepto de rango legal (CDB) y uno reglamentario (SEIA) como puntos de partida para una nueva normativa. Ambos recogen los elementos esenciales de la definición recomendada por la UICN.
- En lo que concierne a los principales instrumentos de derecho internacional público recepcionados por Chile, éstos constituyen una fuerte base de compromiso para que el Estado de Chile avance en los estándares de protección de la biodiversidad. Estos instrumentos se relacionan con convenciones, resoluciones de ONU y declaraciones no vinculantes, todas ellas referidas a la conservación del medio ambiente y sus componentes. Por otra parte, la suscripción y ratificación por Chile de diversos tratados referentes a materias de libre comercio, como asimismo el ingreso a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) han reforzado la necesidad de avanzar en términos reales en el fortalecimiento de los niveles de protección ambiental. En síntesis, instrumentos internacionales de carácter ambiental y comercial han pasado a reforzar, en su conjunto, la necesidad del Estado de avanzar sustantivamente en la conservación de la diversidad biológica, y en particular de las AP.
- Chile ha ido avanzando en el cumplimiento global de los compromisos establecidos en los convenios internacionales analizados. Destaca en particular el hecho que en cumplimiento del Convenio de Biodiversidad, se dictó la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD) como documento marco para la gestión y protección de ecosistemas, especies

y recursos genéticos en nuestro país[85]. Con posterioridad se dictó el Plan de acción de país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015[86]. Ambos documentos son de febrero y abril de 2005, respectivamente. En 2005 se dictó la "Política Nacional de Áreas Protegidas", en cuya elaboración participaron 15 instituciones públicas. Apunta a la creación e implementación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el cual permitirá armonizar los objetivos de protección de ecosistemas relevantes, con el desarrollo económico del país y la mejor calidad de vida de sus habitantes, integrando eficazmente los esfuerzos públicos y privados. Esta política, además, constituye el marco orientador para la concreción de una estrategia de gestión de las AP, bajo un enfoque moderno y efectivo de conservación de la naturaleza, en un escenario de crecientes expectativas en esta materia, tanto local como internacional[87].

- Con la dictación de estos instrumentos de política y planificación vigentes, cumpliendo la CDB y otros convenios ambientales podemos afirmar que Chile ha avanzado en el diseño de directrices conceptuales que ya marcan un rumbo para el establecimiento de un Sistema de AP y dan luces orientadoras a las funciones, competencias y prerrogativas del futuro sistema institucional anunciado en la ley 20.417 que reformó la institucionalidad ambiental.
- Debe tenerse en consideración que el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental para Chile (OCDE 2005)[88] estableció siete recomendaciones asociadas a esta materia, de las cuales destacan dos: i) desarrollar una *visión estratégica* de los papeles complementarios de las áreas protegidas estatales y privadas con el fin de lograr una *red coherente de áreas núcleo-protegidas*, zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos; y ii) incrementar los *esfuerzos financieros* para satisfacer el objetivo de proteger el 10% de todos los ecosistemas significativos en Chile (incluidas las áreas costeras y marinas) y fomentar las actividades para la *aplicación de la legislación relacionada con la naturaleza.* La creación del futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas se enmarca en los esfuerzos país asociados a estas dos recomendaciones.
- La visión estratégica contenida en los instrumentos de política y planificación mencionados en este análisis, en un desglose detallado e integrado de sus contenidos, permite orientar las tareas de reforma al sistema institucional y normativo asociado a las AP, reflejando las exigencias que hoy se percibe deben ser incluidas en un nuevo sistema de gestión que integre, coordine y armonice la gestión de las distintas categorías de AP, además de racionalizarlas y homologarlas con las categorías desarrolladas por UICN y aceptadas en forma general por la comunidad internacional.

---

85 http://www.mma.gob.cl/biodiversidad/1313/w3-article-31858.html. La estrategia nacional de Biodiversidad, aprobada en Diciembre del año 2003, surge producto del Convenio sobre Diversidad Biológica suscrito y ratificado por el país en el año 1994.

86 http://www.sinia.cl/1292/articles–35223_PDA.pdf

87 http://www.sinia.cl/1292/article–35111.html

88 Disponible en http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/21252/lcl2305e.pdf

- Debe tenerse en cuenta, de todas formas, que no obstante los avances y escenarios positivos que se han mencionado para dar el paso siguiente –establecer un Sistema Nacional de AP– existen dificultades y problemas jurídicos que deben ser resueltos.
- En términos generales, se puede concluir, ratificando una percepción más o menos generalizada, que la legislación chilena es débil en muchos aspectos en cuanto al establecimiento de las distintas categorías de AP analizadas.
- Como "**problemas de carácter general**" que afectan a la legislación chilena se pueden señalar los siguientes:
- **Ausencia de una Estructura Jurídico-Institucional**. El estudio realizado ha permitido constatar que la regulación normativa de las Áreas Protegidas es muy extensa, pero al mismo tiempo, carece de la necesaria sistematicidad y coherencia. Existen alrededor de 31 categorías distintas de protección de ecosistemas, las que no forman parte de una estrategia de política pública coherente y armónica de conservación y menos, por lo mismo, de un marco jurídico armónico y complementario entre sí.
- Lo anterior tiene a la vez como corolario lógico, en los aspectos institucionales, que Chile ha carecido hasta la fecha de una estructura institucional orgánicamente establecida a cargo de las AP, caracterizándose por una administración / gestión segmentada o compartimentalizada en las distintas categorías de AP, bajo la tuición y/o administración de organismos públicos diversos: Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), Ministerio de Bienes Nacionales, Consejo de Monumentos Nacionales, Servicio Nacional de Pesca, Subsecretaría de Marina, o privados, como CONAF, entre otros, cuyas atribuciones, según sea el caso, son las de crear, supervigilar o administrar distintos tipos o categorías de AP con objetivos muchas veces complementarios de conservación, que a lo menos debieran estar administrados coordinadamente, lo que la mayoría de las veces no ocurre. En consecuencia, la convergencia de competencias de diversos organismos del Estado respecto de una misma categoría de protección acentúa la difusa responsabilidad del Estado sobre estas áreas, a pesar de las obligaciones asumidas por éste sobre la materia.
- **En Chile tampoco se han creado organismos o designado una autoridad que se haga cargo de la tuición o administración de determinadas áreas protegidas, por ej., los sitios Ramsar**. Esta circunstancia sitúa a estas áreas en un plano de incertidumbre y desigualdad frente a otras categorías que cuentan con autoridades responsables y con cierto presupuesto para su funcionamiento, circunstancia que atenta contra la necesaria planificación sostenible de los recursos presentes en estas áreas.
- En este sentido, el mandato al Estado de administrar un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, expresamente establecido en el art. 34 de la Ley N° 19.300, en la práctica, se ha cumplido deficientemente.
- **Para subsanar los problemas indicados**, resulta fundamental la creación de una nueva institucionalidad que se haga cargo de las funciones de administración de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, redefiniendo y coordinando competencias entre

diferentes organismos sectoriales con un rol relevante en la regulación, administración o tuición de las diferentes categorías de protección. La futura creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe considerar un rol de liderazgo de este organismo en la materia, asumiendo también la transversalidad con otros organismos sectoriales, debiendo privilegiarse, a nuestro juicio, un rol gestor y articulador que privilegie un modelo de administración eficiente de las distintas categorías de protección y cuya gestión debiera tener un alto grado de autonomía política y financiera.

- **Un segundo problema que afecta a la normativa actualmente vigente dice relación con los Mecanismos de Afectación y Desafectación de ciertas categorías de AP**. Esta materia se relaciona con la base regulatoria de ciertas áreas en tratados internacionales de carácter ambiental. El más emblemático es la "Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas de América" (Convención de Washington de 1940). Aparte de la evidente importancia del artículo 1° que define los parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales y reservas de regiones vírgenes, el artículo 3° regula dos grandes temas asociados. El primero, es la AFECTACIÓN y la DESAFECTACIÓN de estas áreas. Se señala que *"los Gobiernos Contratantes convienen en que los límites de los Parques Nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos, sino por acción de la autoridad legislativa competente"*. Esta "función legislativa" corresponde a la expresión jurídica de actos propios del Poder Legislativo. De esta forma, la alteración de la cabida de una unidad de manejo o la modificación de sus deslindes, o bien la enajenación a cualquier título deben ser autorizados por una "ley".
- La gran mayoría de los parques nacionales, reservas nacionales y reservas forestales han sido afectados o desafectados mediante decretos supremos y no a través de un acto del legislador. Lo anterior, dado su extendido uso a través del tiempo, ha generado una proliferación de decretos supremos mucha veces poco claros en sus delimitaciones, o bien simplemente sin señalar claramente deslindes, o bien estos han devenido en datos históricos que no se avienen con la información de delimitación actual.
- Adicionalmente la **Convención de Washington contempla una expresa prohibición en relación con la explotación comercial de las riquezas contenidas en las AP**. Lo anterior ha tenido como eje de conflicto la **legislación minera** –aunque la aplicación del concepto es más amplia–, que permite la exploración y explotación de recursos minerales sin restricción alguna, incluyendo actividades de esta naturaleza en AP. En este sentido, en forma complementaria el "Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste", en su artículo V obliga a las partes a establecer una gestión ambiental integrada, incluyendo entre los lineamientos a ser considerados *Prohibir las actividades relacionadas con la exploración y explotación minera del suelo y subsuelo del área protegida;* **prohibición de carácter absoluto que en Chile no está contemplada**. La legislación chilena solo contempla un mecanismo de exclusión, cual es la "declaración para efectos mineros" de ciertas AP.

- **En conclusión,** las obligaciones internacionales contraídas por Chile, que deben cumplirse e interpretarse de buena fe (Convención de Viena sobre derecho de los Tratados, Art. 31) no se avienen con la normativa interna dictada en nuestro país, en especial la legislación minera, la que a nuestro juicio debe ser revisada y compatibilizada con los objetivos del sistema de AP que se tiene previsto crear. A nuestro juicio, la futura ley que cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debe fortalecer los requisitos que restrinjan las actividades extractivas en AP, en parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, entre otros, pudiendo recurrirse a criterios restrictivos –razones urgentes de interés nacional y mecanismos compensatorios–, como aquellos previstos en la Convención de Ramsar
- En lo que concierne a las **áreas marino-costeras protegidas,** éstas incluyen a las reservas marinas, parques marinos y áreas marino-costeras de múltiples usos. Las dos primeras tienen un estatuto jurídico reglamentario que se apoya en la Ley de Pesca, el cual está operando –desde una perspectiva jurídica– en forma adecuada. El punto más crítico es la **falta de un estatuto jurídico que permita corregir el carácter en cierta medida inorgánico que ha tenido el proceso de creación, tuición y administración de las áreas marino-costeras de múltiples usos** que forman parte de estas AP. Este estatuto debe regular, entre otros aspectos, el instrumento de gestión de las diferentes categorías de protección, la autoridad con responsabilidad sobre las mismas, las actividades permitidas, los medios de fiscalización y sanción, etc.
- Igualmente este marco normativo debiera integrarse y correlacionarse con las regulaciones a actividades efectuadas en tierra y explicitar las relaciones entre las AP marino-costeras y las terrestres
- En relación con áreas de conservación privadas, el gran déficit es la ausencia de regulaciones reglamentarias que permitan incorporar formalmente iniciativas privadas al Sistema Nacional de AP. En efecto, es evidente la ausencia de un marco regulatorio que promueva, impulse e incentive la conservación de ecosistemas y hábitats de especies por agentes privados y la adscripción de territorios privados a actividades de conservación. Al respecto, no resiste análisis el hecho que la Ley N° 19.300 haya establecido conceptualmente las AP privadas, integrándolas a un sistema de AP de carácter nacional, sin que hasta la fecha, 16 años después de su entrada en vigencia en marzo de 1994, se haya dictado el reglamento para hacer operativo dicho sistema.
- **Es urgente dar cumplimiento al mandato establecido en el artículo 35 de la Ley N° 19.300 en orden a que el Estado debe fomentar e incentivar la creación de AP privadas**, cuya supervisión estará a cargo del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Para tal efecto, se requiere REGULAR los requisitos, plazos y limitaciones de aplicación general que se deberán cumplir para gozar de las franquicias, ejercer los derechos y dar cumplimiento a las obligaciones y cargas a las cuales estarán afectas estas áreas. Asimismo, resulta fundamental el reconocimiento formal y oficial de las AP privadas, ya que al no existir actualmente en Chile, su categorización obedece sólo a las intenciones o deseos del propietario y, por tanto, no son resultado de la

aplicación de criterios técnicos de elegibilidad por algún organismo regulador. Por consecuencia lógica de la necesidad de establecer el marco regulatorio para el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, entendemos que será esta ley aquella que establecerá el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y, en definitiva, incluirá las disposiciones pertinentes que regulen a las "áreas privadas".

- Otra circunstancia relevada como problema de carácter general es la Superposición de competencias de protección de determinadas AP. En efecto, la identificación de las competencias institucionales en materia de creación, tuición y administración de las AP, ha permitido constatar la existencia de duplicidad de normas aplicables a un territorio en el que coexisten diversas categorías de protección (superposición de estatutos y competencias), lo que genera casos en que una misma unidad protegida está bajo la tuición, administración o supervigilancia por más de un organismo. Se concluye que el modo más directo para subsanar este problema es dar cumplimiento al mandato establecido en el Art. Octavo Transitorio de la Ley N° 20.417 en orden a que el Poder Ejecutivo debe enviar al Congreso Nacional uno o más proyectos de ley por medio de los cuales se cree el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, y se transforme la CONAF en un servicio público descentralizado, lo que se materializó el 26 de enero de 2011. El proyecto necesariamente debe resolver la convergencia de instituciones, sus competencias y superposición de categorías respecto de una misma área.
- En el **ámbito de las infracciones y su respectivo marco sancionador**, se requiere de normas que identifiquen claramente qué actividades dentro de las AP se encuentran prohibidas y, por tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo, que otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.). Así, por ejemplo, se sugiere otorgar un reconocimiento legal del Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones, capacitación y régimen y condiciones de trabajo adecuadas.
- En relación con los **problemas específicos que se detectan en el marco jurídico asociado a las distintas categorías de AP** se pueden agregar los siguientes:
- Resulta evidente la falta de disposiciones en la legislación interna que establezcan o definan **objetivos de conservación** para los parques nacionales, reservas nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, reservas de regiones vírgenes (estas últimas no han sido ni siquiera creadas), sitios RAMSAR (humedales de importancia internacional) y Reservas de la Biosfera.
- Por otra parte, **los sitios RAMSAR y las Reservas de la Biosfera** carecen de regulaciones internas que asignen competencias institucionales para su administración, aunque respecto de las Reservas de la Biosfera en la práctica su administración la ejecuta la autoridad administradora del área cuya categoría se suma a la de Reserva de

la Biosfera (generalmente CONAF). Adicionalmente las Reservas de la Biosfera pueden voluntariamente ser desafectadas por el Estado de tal calidad. En definitiva, se trata de dos categorías, en especial la segunda, muy débiles en su basamento jurídico.

- Respecto de las **reservas y parques marinos** se presentan algunas dicotomías puntuales entre el marco reglamentario que las regula y la Ley de Pesca, reiterando que la gran ausencia es un marco regulatorio para las **áreas marino-costeras de múltiples usos**.
- Respecto de las **AP privadas,** nos remitimos a lo mencionado en la sección de problemas generales.
- En relación con los "Problemas jurídicos específicos que afectan a las unidades en cada categoría, se pudo establecer lo siguiente:
- **Falta de información o información contradictoria**. La tarea de recopilación de información respecto de cada unidad se vio dificultada por la FALTA DE INFORMACIÓN o DIFERENCIAS DE INFORMACIÓN, lo que constituyó un problema no sólo para el avance oportuno de la consultoría, sino que pasó a ser un problema en sí mismo. Un primer aspecto que quedó en evidencia es la ausencia de información oficial en las distintas entidades que tienen competencia respecto de ciertas categorías de protección, como es el caso del Ministerio de Bienes Nacionales, CONAF, el Consejo de Monumentos Nacionales, entre otras.
- Un segundo aspecto es la existencia de diferencias en la información que reside en las distintas entidades, como es el caso, por ejemplo, de la disponible en el Ministerio de Bienes Nacionales y aquella obtenida en CONAF, fundamentalmente en lo referido a las categorías de Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural.
- Un tercer aspecto son las discrepancias de información, por ejemplo, en materia de superficie y de deslindes de las unidades, entre lo establecido en los decretos y la realidad física de la respectiva unidad, lo que se corrobora con la información recabada en regiones. Lo anterior se ve agravado por el hecho que en muchos casos el decreto de creación de la unidad no señala la superficie de la misma.
- Recabada toda la información disponible, lograron identificarse como problemas jurídicos específicos que afectan a las distintas unidades, consideradas individualmente, las siguientes categorías.
- *Problemas de dominio:* ***Un primer problema relevante es la ausencia de actos de posesión por parte del Fisco en determinadas unidades, lo que ha permitido que particulares hayan obtenido mediante el mecanismo de la regularización de ciertos títulos de dominio al interior de las unidades o que simplemente, hayan ocupado ciertas porciones de terreno de manera irregular.***
- Por otra parte, las inscripciones de dominio de ciertas unidades no se encuentran totalmente consolidadas por parte del Fisco de Chile. A modo ejemplar, el Parque Nacional Villarrica y las Reservas Nacionales de Alto Biobío y China Muerta carecen de primera inscripción fiscal, lo que resulta particularmente grave. En efecto, **la ausencia**

**de inscripción de todo o parte de una unidad a nombre del Fisco de Chile, configura una situación de extrema vulnerabilidad**. En efecto, el Fisco de Chile al carecer de la evidencia jurídica para justificar su derecho sobre tales terrenos queda en una situación desmedrada ante eventuales reclamaciones de terceros. Siempre en materia de dominio, aunque, evidentemente, menos grave es el caso de los Sitios Protegidos del Patrimonio Nacional donde existen **casos de litigios**, como el originado en una demanda indígena en el caso del Salar de Huasco y de restitución de tierras que se encuentra pendiente por parte del Fisco en el caso de Humedales de Tongoy (Ver Tabla 6, Sección 4.3.1.)

- Los problemas de dominio que afectan a determinadas unidades no sólo tienen que ver con la ausencia de inscripción, sino también con **problemas de delimitación.** En efecto, se constató que **no existe claridad de los deslindes** entre determinadas unidades del SNASPE, o bien con propietarios privados colindantes (Ver Tabla 7. Resumen problemas de delimitación Sección 4.3.1.)
- Sin constituir propiamente un problema jurídico, se presentan **dificultades en materia de cartografía**. No existe uniformidad en los planos de determinadas unidades identificándose problemas de referenciación. Ello puede incidir en incertidumbre respecto de los reales límites y extensión de una determinada unidad de AP, lo que invariablemente incide en dificultades al ejercicio de dominio, en términos reales o potenciales (Ver Tabla 8. Resumen problemas de cartografía, Sección 4.3.1.).
- Problemas de cabida o superficie. Un segundo problema dice relación con importantes discrepancias detectadas entre la superficie señalada en decreto de creación y lo que efectivamente abarca la unidad. Los problemas de cabida o superficie que se ha logrado identificar se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en Tabla 9: resumen problemas de cabida o superficie, Sección 4.3.2.).
- **Problemas de superposición de categorías de protección**. Se han detectado casos de superposición de categorías de protección respecto de todo o parte de la superficie de un Área Protegida, lo que evidentemente genera problemas de superposición de competencias y procedimientos. Sin embargo, algunas entidades la han señalado como una fortaleza, más que una debilidad en el sentido de que la respectiva Área Protegida cuenta con mayores niveles de protección, lo que es relativo porque en realidad genera incertidumbre y falta de claridad acerca del organismo realmente responsable de la tuición o administración del área. Los problemas de superposición identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en Tabla 10: resumen problemas de superposición, Sección 4.3.3.
- Problemas de ocupación y de acceso: Al interior de las unidades existen propiedades de particulares y ocupaciones irregulares. Los problemas de ocupación y acceso identificados se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la Tabla 11: Problemas de ocupación y acceso, Sección 4.3.4.

- Solicitudes de desafectación. Se ha constatado la existencia de solicitudes de desafectación de algunas unidades del SNASPE provenientes de diversos servicios: los Parques Nacionales Rapa Nui, Juan Fernández y Puyehue; las Reservas Nacionales Pampa Tamarugal, Laguna Torca y Palena y la Reserva de Bosques o Forestal Lago Carlota, lo que puede eventualmente dar lugar a situaciones de conflicto entre organismos. Los problemas de desafectación identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la Tabla 12: Problemas de Desafectación, Sección 4.3.5. Estas solicitudes, o más bien la materia, debe contextualizarse en el problema general planteado respecto de los mecanismos de afectación y desafectación actualmente previstos por la legislación interna (Sección 4.1.2.). Lo anterior está relacionado con los mecanismos de rango "legal" previstos en la Convención de Washington, por una parte, con las causales de desafectación (interés público o particular) y con la necesidad de dar estabilidad y permanencia a las AP.
- Problemas de Litigios o controversias. Los problemas de litigios o controversias identificados hasta la fecha se presentan en las Áreas Protegidas que se indican en la Tabla 13: Problemas litigiosos, Sección 4.3.6.
- Adicionalmente a estos problemas que afectan en forma individual a las unidades –o más bien a ciertas unidades– se suman **cuestiones puntuales**, calificables también como problemas, pero no parecen ser de carácter estructural, sino que temas que deben ser solucionados mediante mecanismos normales de gerenciamiento y buena administración. Se trata de temas como Extracción no autorizada de leña y madera, errores de administración territorial, recolección de huiro, uso ilegal de ganadería y tala de árboles no autorizada, ejecución actividad minera sin autorización (Ver Tabla 13: Problemas varios, Sección 4.3.7.).

**Propuesta de Abordaje.** Varios de los problemas puntuales descritos anteriormente se producen por la falta de normas que identifiquen claramente qué actividades dentro de las AP se encuentran prohibidas y, por tanto, tipifiquen y sancionen determinadas conductas, como asimismo, que otorguen competencias específicas a los encargados de la vigilancia y control de estas AP (expulsión de visitantes indeseados, decomiso de productos determinados como armas, redes de pesca, etc.). Ya se mencionó que se requiere crear un Cuerpo de Guardaparques como agentes del Estado, dotados de atribuciones para la fiscalización efectiva y denuncia de infracciones a la normativa en materia de protección ambiental, profesionalizándolo, con remuneraciones y capacitación adecuada.

Por otra parte, los problemas de dominio que afectan a varias unidades deben ser resueltos por los mecanismos judiciales (en caso de disputa) y mediante el esclarecimiento de los deslindes, cartografía, etc., saneando, esclareciendo los títulos inscritos.

# VI. DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA DE RESPALDO

## Bibliografía Consultada


- CPPS, Plan de Acción, Pág. 3. http://cpps-int.org/spanish/planaccion/docs2010/Plan%20de%20Accion%20PSE.pdf
- Diego Méndez Macías, "Las Áreas Protegidas Privadas: una estrategia para el desarrollo sustentable", disponible en http://cmsdata.iucn.org/downloads/cel10_mendez.pdf
- Espinoza et al. 2009. "Caracterización y Análisis de las Capacidades Institucionales para un Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Chile", en Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Global Environment Facility (GEF), Comisión Nacional del Medio Ambiente-Chile (eds.), Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Documentos de Trabajo. Santiago, Chile, pp. 281-359.
- Estrategia Nacional de Biodiversidad.
- Informes de la OCDE-Estudio Territorial Chile (OCDE 2009).
- Informes de la OCDE-Evaluaciones del Desempeño Ambiental para Chile (OCDE 2005).
- Plan de acción de país para la implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2004-2015).
- Política Nacional de Áreas Protegidas, aprobada el 27 de Diciembre del año 2005.
- Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República, aprobada mediante D.S. N° 475, de 1994.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004) Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB) Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 34 p.
- Sepúlveda, C. (1997) "Incentivos para la creación y manejo de Áreas Silvestres Protegidas Privadas en Chile". Ambiente y Desarrollo 13(3):38-46.
- UICN, "Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas", UICN, Editado por Dudley Nigel, Publicaciones Gland, Suiza, 2008, Pág. 10.
- UNESCO, Declaración de Madrid, (2008), III Congreso Mundial de Reservas de Biosfera y XX sesión del Consejo Internacional de Coordinación (CIC).


## Páginas Webs y sitios consultados


- http://www.directemar.cl/spmaa/MedioAmbiente(Internet)/download/Estrategia_Nacional_de_Biodiversidad.
- http://www.sinia.cl/1292/articles–35223_PDA.pdf
- http://www.sinia.cl/1292/article–35111.html
- http://www.cpps-int.org/index.php/component/content/article/45-areas-marinas-y-costeras-protegidas/104-introduccion-a-las-areas-protegidas-marinas-y-costeras.html
- http://www.directemar.cl/dai/dai-esp/convenios_int/conv_cpps.htm#convenio5

- http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_15.shtml
- http://www.formaselect.com/areas-formativas/pdf/la-agenda-21.pdf
- http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/age15.htm
- http://www.cpps-int.org/spanish/planaccion/areasprotegidaspa.htm
- http://portal.unesco.org/science/es/ev.php–URL_ID=4801&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- http://www.unesco.org/mab/doc/brs/S_MadridDeclaration.pdf
- http://www.bcn.cl/carpeta_temas/temas_portada.2005–11–29.5590492629/area_2.2005-12-01.2439583052
- http://www.conama.cl/chilecanada/1288/propertyvalue–12257.html
- http://www.sinia.cl/1292/articles-35111_pol_areasprotegidas.pdf
- http://www.sinia.cl/1292/articles-31858_EstrategiaNAcionalBiodiversidad.pdf
- http://www.sinia.cl/1292/articles-31858_PlanAccionPais2004_2015.pdf
- http://www.ardpvalparaiso.cl/wp-content/uploads/2009/08/Estudio-Territorial-OCDE-Chile.pdf
- http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/21252/lcl2305e.pdf
- http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp?zn=ramsar&cp=1^7715_4000_2__


## Textos legales y reglamentarios consultados


- Acuerdo por el que se establece una Asociación entre la Comunidad Europea y sus Estados miembros, por una parte, y la República de Chile por la otra y sus anexos, apéndices, protocolos y notas, suscritos en Bruselas, el 18 de noviembre de 2002.
- Agenda XXI.
- Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural.
- Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América.
- Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas (RAMSAR).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- D.L. N° 1.939, de 1977, del Ministerio de Tierras y Colonización, sobre Adquisición, Administración y Disposición de Bienes del Estado.
- D.S. N° 95, de 2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- D.S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, General de Pesca y Acuicultura.
- D.S. N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA).

- D.S. N° 4.363, de 1931, del Ministerio de Tierras y Colonización, Ley de Bosques.
- D.S. N° 238, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas.
- Ley N° 17.288, de 1970, del Ministerio de Educación, sobre Monumentos Nacionales.
- Ley N° 19.300, de 1994, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley N° 19.473, nueva Ley de Caza.
- Ley N° 19.606, que estableció incentivos para el desarrollo económico de las Regiones de Aysén y de Magallanes, y de la Provincia de Palena, "Ley Austral".
- Ley N° 20.283, sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal.
- Ley N° 20.417, de 2010, que crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Fiscalización Ambiental.
- Ley N° 20.423, de 2010, referida al "Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo"
- Plan de Acción de la Convención para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste.
- Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas de la COP 7 de la Convención sobre Diversidad Biológica.
- Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste.
- Resolución 28 C/2.4 de la Conferencia General de la UNESCO (1995), Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera.
- Tratado de Libre Comercio con el Gobierno de la República Popular China. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de libre comercio con los Estados Miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de Libre Comercio con el Gobierno de la República de Corea. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos de América. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de Libre Comercio entre Chile y Centroamérica, adoptado entre los gobiernos de las Repúblicas de Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de Libre Comercio, sus anexos y apéndices, suscrito entre la República de Chile y los Estados Unidos Mexicanos el 17 de abril de 1998. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Tratado de Libre Comercio y sus anexos, apéndices y notas, suscrito el 5 de diciembre de 1996 entre el Gobierno de la República de Chile y el Gobierno de Canadá. Ministerio de Relaciones Exteriores.

# Anexo N° 1
# Ficha de Cada Unidad en las Distintas Categorías de Áreas Protegidas

# ÍNDICE


| | | |
|---|---|---|
| Ficha N° 1. | Parque Nacional Lauca | 176 |
| Ficha N° 2. | Parque Nacional Volcán Isluga | 177 |
| Ficha N° 3. | Parque Nacional Salar del Huasco | 178 |
| Ficha N° 4. | Parque Nacional Morro Moreno | 179 |
| Ficha N° 5. | Parque Nacional Llullaillaco | 180 |
| Ficha N° 6. | Parque Nacional Pan de Azúcar | 181 |
| Ficha N° 7. | Parque Nacional Nevado Tres Cruces | 182 |
| Ficha N° 8. | Parque Nacional Llanos de Challe | 183 |
| Ficha N° 9. | Parque Nacional Bosque Fray Jorge | 184 |
| Ficha N° 10. | Parque Nacional La Campana | 185 |
| Ficha N° 11. | Parque Nacional Las Palmas de Cocalán | 186 |
| Ficha N° 12. | Parque Nacional Rapa Nui | 187 |
| Ficha N° 13. | Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández | 188 |
| Ficha N° 14. | Parque Nacional Radal Siete Tazas | 189 |
| Ficha N° 15. | Parque Nacional Laguna del Laja | 190 |
| Ficha N° 16. | Parque Nacional Huerquehue | 191 |
| Ficha N° 17. | Parque Nacional Villarrica | 192 |
| Ficha N° 18. | Parque Nacional Nahuelbuta | 193 |
| Ficha N° 19. | Parque Nacional Tolhuaca | 194 |
| Ficha N° 20. | Parque Nacional Conguillío | 195 |
| Ficha N° 21. | Parque Nacional Alerce Costero | 196 |
| Ficha N° 22. | Parque Nacional Puyehue | 197 |
| Ficha N° 23. | Parque Nacional Vicente Pérez Rosales | 198 |
| Ficha N° 24. | Parque Nacional Alerce Andino | 199 |
| Ficha N° 25. | Parque Nacional Chiloé | 200 |
| Ficha N° 26. | Parque Nacional Hornopirén | 201 |
| Ficha N° 27. | Parque Nacional Isla Guamblín | 202 |
| Ficha N° 28. | Parque Nacional Corcovado | 203 |
| Ficha N° 29. | Parque Nacional Laguna San Rafael | 204 |
| Ficha N° 30. | Parque Nacional Queulat | 205 |
| Ficha N° 31. | Parque Nacional Isla Magdalena | 206 |
| Ficha N° 32. | Parque Nacional Bernardo O'Higgins | 207 |
| Ficha N° 33. | Parque Nacional Torres del Paine | 208 |
| Ficha N° 34. | Parque Nacional Pali Aike | 209 |
| Ficha N° 35. | Parque Nacional Alberto de Agostini | 210 |
| Ficha N° 36. | Parque Nacional Cabo de Hornos | 211 |
| Ficha N° 37. | Reserva Forestal Lago Peñuelas | 212 |
| Ficha N° 38. | Reserva Forestal Federico Albert | 213 |
| Ficha N° 39. | Reserva Forestal Ñuble | 214 |
| Ficha N° 40. | Reserva Forestal Alto Biobío | 215 |
| Ficha N° 41. | Reserva Forestal Malalcahuello | 216 |
| Ficha N° 42. | Reserva Forestal Nalcas | 217 |
| Ficha N° 43. | Reserva Forestal Malleco | 218 |

Ficha N° 44. Reserva Forestal Villarrica ..... 219
Ficha N° 45. Reserva Forestal China Muerta ..... 220
Ficha N° 46. Reserva Forestal Llanquihue ..... 221
Ficha N° 47. Reserva Forestal Lago Palena ..... 222
Ficha N° 48. Reserva Forestal Lago Rosselot ..... 223
Ficha N° 49. Reserva Forestal Las Guaitecas ..... 224
Ficha N° 50. Reserva Forestal Cerro Castillo ..... 225
Ficha N° 51. Reserva Forestal Coyhaique ..... 226
Ficha N° 52. Reserva Forestal Lago Carlota ..... 227
Ficha N° 53. Reserva Forestal Lago las Torres ..... 228
Ficha N° 54. Reserva Forestal Katalalixar ..... 229
Ficha N° 55. Reserva Forestal Lago Cochrane ..... 230
Ficha N° 56. Reserva Forestal Alacalufes ..... 231
Ficha N° 57. Reserva Forestal Laguna Parrillar ..... 232
Ficha N° 58. Reserva Forestal Magallanes ..... 233
Ficha N° 59. Reserva Nacional Las Vicuñas ..... 234
Ficha N° 60. Reserva Nacional Pampa del Tamarugal ..... 235
Ficha N° 61. Reserva Nacional La Chimba ..... 236
Ficha N° 62. Reserva Nacional Los Flamencos ..... 237
Ficha N° 63. Reserva Nacional Pingüino de Humboldt ..... 238
Ficha N° 64. Reserva Nacional Las Chinchillas ..... 239
Ficha N° 65. Reserva Nacional Río Blanco ..... 240
Ficha N° 66. Reserva Nacional El Yali ..... 241
Ficha N° 67. Reserva Nacional Río Clarillo ..... 242
Ficha N° 68. Reserva Nacional Río de Los Cipreses ..... 243
Ficha N° 69. Reserva Nacional Roblería de Cobre de Loncha ..... 244
Ficha N° 70. Reserva Nacional Radal Siete Tazas ..... 245
Ficha N° 71. Reserva Nacional Laguna Torca ..... 246
Ficha N° 72. Reserva Nacional Los Ruiles ..... 247
Ficha N° 73. Reserva Nacional Altos de Lircay ..... 248
Ficha N° 74. Reserva Nacional Los Queules ..... 249
Ficha N° 75. Reserva Nacional Los Bellotos del Melado ..... 250
Ficha N° 76. Reserva Nacional Isla Mocha ..... 251
Ficha N° 77. Reserva Nacional Los Huemules de Niblinto ..... 252
Ficha N° 78. Reserva Nacional Ralco ..... 253
Ficha N° 79. Reserva Nacional Altos de Pemehue ..... 254
Ficha N° 80. Reserva Nacional Nonguén ..... 255
Ficha N° 81. Reserva Nacional Mocho Choshuenco ..... 256
Ficha N° 82. Reserva Nacional Futaleufú ..... 257
Ficha N° 83. Reserva Nacional Trapananda ..... 258
Ficha N° 84. Reserva Nacional Río Simpson ..... 259
Ficha N° 85. Reserva Nacional Lago Jeinimeni ..... 260
Ficha N° 86. Monumento Natural Salar de Surire ..... 261
Ficha N° 87. Monumento Natural Quebrada de Cardones ..... 262
Ficha N° 88. Monumento Natural La Portada ..... 263
Ficha N° 89. Monumento Natural Pichasca ..... 264
Ficha N° 90. Monumento Natural Isla Cachagua ..... 265

Ficha N° 91. Monumento Natural El Morado..... 266
Ficha N° 92. Monumento Natural Contulmo ..... 267
Ficha N° 93. Monumento Natural Cerro Ñielol ..... 268
Ficha N° 94. Monumento Natural Islotes de Puñihuil ..... 269
Ficha N° 95. Monumento Natural Lahuen Nadi ..... 270
Ficha N° 96. Monumento Natural Dos Lagunas ..... 271
Ficha N° 97. Monumento Natural Cinco Hermanas ..... 272
Ficha N° 98. Monumento Natural Cueva del Milodón ..... 273
Ficha N° 99. Monumento Natural Los Pingüinos ..... 274
Ficha N° 100. Monumento Natural Laguna de los Cisnes ..... 275
Ficha N° 101. Santuario de la Naturaleza de Desembocadura del Río Lluta ..... 276
Ficha N° 102. Santuario de la Naturaleza Quebrada Chacarilla ..... 277
Ficha N° 103. Santuario de la Naturaleza Salar de Huasco..... 278
Ficha N° 104. Santuario de la Naturaleza Cerro Dragón ..... 279
Ficha N° 105. Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna..... 280
Ficha N° 106. Santuario de la Naturaleza Granito Orbicular ..... 281
Ficha N° 107. Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí ..... 282
Ficha N° 108. Santuario de la Naturaleza Laguna el Peral ..... 283
Ficha N° 109. Santuario de la Naturaleza Las Petras de Quintero ..... 284
Ficha N° 110. Santuario de la Naturaleza Acantilados Federico Santa María..... 285
Ficha N° 111. Santuario de la Naturaleza Campo Dunar de la Punta de Concón .... 286
Ficha N° 112. Santuario de la Naturaleza Palmar el Salto..... 287
Ficha N° 113. Santuario de la Naturaleza Islotes Adyacentes a la Isla de Pascua e Isla Oceánica Salas y Gómez ..... 288
Ficha N° 114. Santuario de la Naturaleza Islotes Pájaros Niños..... 289
Ficha N° 115. Santuario de la Naturaleza Isla Cachagua ..... 290
Ficha N° 116. Santuario de la Naturaleza Peñón Peñablanca..... 291
Ficha N° 117. Santuario de la Naturaleza Roca Oceánica..... 292
Ficha N° 118. Santuario de la Naturaleza Serranía El Ciprés..... 293
Ficha N° 119. Santuario de la Naturaleza Yerba Loca ..... 294
Ficha N° 120. Santuario de la Naturaleza Los Nogales..... 295
Ficha N° 121. Santuario de la Naturaleza Altos de Cantillana..... 296
Ficha N° 122. Santuario de la Naturaleza Las Torcazas de Pirque..... 297
Ficha N° 123. Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal .. 298
Ficha N° 124. Santuario de la Naturaleza Cascada de Las Ánimas ..... 299
Ficha N° 125. Santuario de la Naturaleza Cerro El Roble..... 300
Ficha N° 126. Santuario de la Naturaleza Laguna Torca..... 301
Ficha N° 127. Santuario de la Naturaleza Alto Huemul ..... 302
Ficha N° 128. Santuario de la Naturaleza El Morrillo ..... 303
Ficha N° 129. Santuario de la Naturaleza Rocas de Constitución ..... 304
Ficha N° 130. Santuario de la Naturaleza Humedal de Reloca ..... 305
Ficha N° 131. Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén ..... 306
Ficha N° 132. Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocomayo ..... 307
Ficha N° 133. Santuario de la Naturaleza Los Huemules de Niblinto..... 308
Ficha N° 134. Santuario de la Naturaleza Lobería de Cobquecura..... 309
Ficha N° 135. Santuario de la Naturaleza Alerzales Potrero de Anay ..... 310
Ficha N° 136. Santuario de la Naturaleza Bosque Fósil Punta de Pelluco..... 311

Ficha N° 137. Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín ..... 312
Ficha N° 138. Santuario de la Naturaleza Capilla de Mármol ..... 313
Ficha N° 139. Santuario de la Naturaleza Estero Quitralco ..... 314
Ficha N° 140. Bien Nacional Protegido Quebrada de Chaca ..... 315
Ficha N° 141. Bien Nacional Protegido Cerro Poconchile ..... 316
Ficha N° 142. Bien Nacional Protegiado Patache ..... 317
Ficha N° 143. Bien Nacional Protegido Salar del Huasco ..... 318
Ficha N° 144. Bien Nacional Protegido Desembocadura del Río Loa ..... 319
Ficha N° 145. Bien Nacional Protegido Caserones ..... 320
Ficha N° 146. Bien Nacional Protegido Península de Mejillones ..... 321
Ficha N° 147. Bien Nacional Protegido Isla Santa María ..... 322
Ficha N° 148. Bien Nacional Protegido Isla Laguna Lejía ..... 323
Ficha N° 149. Bien Nacional Protegido Morro Desembocadura Río Copiapó ..... 324
Ficha N° 150. Bien Nacional Protegido Quebrada Leones ..... 325
Ficha N° 151. Bien Nacional Protegido Isla Grande de Atacama ..... 326
Ficha N° 152. Bien Nacional Protegido Granito Orbicular ..... 327
Ficha N° 153. Bien Nacional Protegido Desierto Florido ..... 328
Ficha N° 154. Bien Nacional Protegido Isla Gaviota ..... 329
Ficha N° 155. Bien Nacional Protegido Humedales de Tongoy ..... 330
Ficha N° 156. Bien Nacional Protegido Laguna del Maule ..... 331
Ficha N° 157. Bien Nacional Protegido Potrero Lo Aguirre ..... 332
Ficha N° 158. Bien Nacional Protegido Humedales Isla Raqui ..... 333
Ficha N° 159. Bien Nacional Protegido Ranchillo Alto ..... 334
Ficha N° 160. Bien Nacional Protegido Villa las Araucarias ..... 335
Ficha N° 161. Bien Nacional Protegido Llancahue ..... 336
Ficha N° 162. Bien Nacional Protegido Pellaifa ..... 337
Ficha N° 163. Bien Nacional Protegido Cerro Illi ..... 338
Ficha N° 164. Bien Nacional Protegido Ventisquero ..... 339
Ficha N° 165. Bien Nacional Protegido Valle el Frío ..... 340
Ficha N° 166. Bien Nacional Protegido Isla Quilán ..... 341
Ficha N° 167. Bien Nacional Protegido Palena Costa ..... 342
Ficha N° 168. Bien Nacional Protegido Bahía Mala ..... 343
Ficha N° 169. Bien Nacional Protegido Santa Lucía ..... 344
Ficha N° 170. Bien Nacional Protegido Laguna Vera ..... 345
Ficha N° 171. Bien Nacional Protegido Mosco ..... 346
Ficha N° 172. Bien Nacional Protegido Nalcayec ..... 347
Ficha N° 173. Bien Nacional Protegido Lago Copa ..... 348
Ficha N° 174. Bien Nacional Protegido Cerro Rosado ..... 349
Ficha N° 175. Bien Nacional Protegido Ventisquero Montt ..... 350
Ficha N° 176. Bien Nacional Protegido Laguna Cauquenes ..... 351
Ficha N° 177. Bien Nacional Protegido Río Azul ..... 352
Ficha N° 178. Bien Nacional Protegido Cerro San Lorenzo ..... 353
Ficha N° 179. Bien Nacional Protegido Ruppert ..... 354
Ficha N° 180. Bien Nacional Protegido Batchelor ..... 355
Ficha N° 181. Bien Nacional Protegido Omora ..... 356
Ficha N° 182. Bien Nacional Protegido Isla Carlos III ..... 357
Ficha N° 183. Bien Nacional Protegido Río Serrano Milodón ..... 358

Ficha N° 184. Bien Nacional Protegido Río Robalo Navarino ..... 359
Ficha N° 185. Bien Nacional Protegido Punta Sedger..... 360
Ficha N° 186. Bien Nacional Protegido Cabo Froward ..... 361
Ficha N° 187. Bien Nacional Protegido Isla Madre de Dios ..... 362
Ficha N° 188. Bien Nacional Protegido Isla Diego Ramírez..... 363
Ficha N° 189. Bien Nacional Protegido Islas San Idelfonso ..... 364
Ficha N° 190. Bien Nacional Protegido Humedal Tres Puentes..... 365
Ficha N° 191. Bien Nacional Protegido Río Paralelo ..... 366
Ficha N° 192. Bien Nacional Protegido Río Olivares ..... 367
Ficha N° 193. Ramsar Salar de Surire ..... 368
Ficha N° 194. Ramsar Salar del Huasco ..... 369
Ficha N° 195. Ramsar Salar de Pujsa ..... 370
Ficha N° 196. Ramsar Salar de Aguas Calientes ..... 371
Ficha N° 197. Ramsar Salar de Tara..... 372
Ficha N° 198. Ramsar Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama..... 373
Ficha N° 199. Ramsar Complejo Lacustre del Negro Francisco y Santa Rosa ..... 374
Ficha N° 200. Ramsar Laguna Conchalí..... 375
Ficha N° 201. Ramsar El Yali..... 376
Ficha N° 202. Ramsar Parque Andino Juncal ..... 377
Ficha N° 203. Ramsar Carlos Andwanter ..... 378
Ficha N° 204. Ramsar Bahía Lomas ..... 379
Ficha N° 205. Reserva de Biosfera Lauca ..... 380
Ficha N° 206. Reserva de Biosfera Bosque Fray Jorge..... 382
Ficha N° 207. Reserva de Biosfera Juan Fernández..... 383
Ficha N° 208. Reserva de Biosfera La Campana Lago Peñuelas..... 384
Ficha N° 209. Reserva de Biosfera Las Araucarias ..... 385
Ficha N° 210. Reserva de Biosfera Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes ..... 386
Ficha N° 211. Reserva de Biosfera Laguna San Rafael ..... 387
Ficha N° 212. Reserva de Biosfera Torres del Paine ..... 388
Ficha N° 213. Reserva de Biosfera Cabo de Hornos ..... 389
Ficha N° 214. Área Marina y Costera Protegida Punta Morro e Isla Grande de Atacama..... 390
Ficha N° 215. Área Marina y Costera Protegida Las Cruces ..... 391
Ficha N° 216. Área Marina y Costera Protegida Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo ..... 392
Ficha N° 217. Área Marina y Costera Protegida Fiordo Comau ..... 393
Ficha N° 218. Área Marina y Costera Protegida Lafken Mapu Lahual..... 394
Ficha N° 219. Área Marina y Costera Protegida Francisco Coloane..... 395
Ficha N° 220. Reserva Marina La Rinconada ..... 396
Ficha N° 221. Reserva Marina Isla Chañaral ..... 397
Ficha N° 222. Reserva Marina Isla Choro Damas..... 398
Ficha N° 223. Reserva Marina Ostrícola Pullinque ..... 399
Ficha N° 224. Reserva Marina Choro Zapato Putemún..... 400
Ficha N° 225. Parque Marino Motu Motiro Hiva..... 401
Ficha N° 226. Parque Marino Francisco Coloane..... 402

## Ficha N° 1. Parque Nacional Lauca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lauca | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 137.883 | Ubicación: | Comuna de Putre, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Coexiste propiedad del Fisco de Chile y propiedades privadas que representan superficie mayoritaria de la unidad | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de agosto de 1970 |
| Normativa del Área: | D.S. 284, del 20/04/65, del Ministerio de Agricultura, declara RF los terrenos fiscales que indica. D.S. 270, del 11/08/70 del Ministerio de Agricultura, desafecta calidad de RF los terrenos llamados RF Lauca y los declara Parque Nacional de Turismo "Lauca". D.S. 29, del 08/03/83 del Ministerio de Agricultura, fija nuevos límites al PN Lauca, y desafecta los terrenos no incluidos en tales límites. D.S. 36, del 11/04/86 del Ministerio de Minería, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. D.S. 12, del 13/02/89, del Ministerio de Minería, concede permiso para efectuar labores mineras en el lugar que señala. | | |
| Características de Importancia: | De las especies presentes en esta unidad, las más importantes por su fragilidad son, en mamíferos, el quirquincho de la puna (*Euphractus nationi*), el chinchillón (*Chinchillula sahamae*) y el puma (*Puma concolor*). En cuanto a las aves, la especie presente es el suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*) y en peces el bagrecito del Chungará (*Trichomycterus chungarensis*), bagrecito del Lauca (*Trichomycterus laucaensis*) y el bagrecito o suche (*Trichomycterus rivulatus*). Pertenece a la unidad que fue declarada como Reserva de la Biosfera Lauca, en conjunto con el RN Las Vicuñas y el MN Salar de Surire. | | |
| Régimen de dominio: | Mixto, propiedad fiscal coexiste con propiedad privada, sea de personas naturales o comunidades. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 25 vta. N° 60 del Registro de Propiedad de 1935 (Inscripción Global) del C.B.R. de Arica. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 29, del 08/03/83, del Ministerio de Agricultura, publicado en el D.O., de 12/05/83. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que la detentación de derechos por parte de particulares, al interior de las AP, es propio de la realidad regional, por lo que la gestión en dichas áreas se ejerce en reconocimiento de múltiples títulos de propiedad de particulares (indígenas aymaras, mayoritariamente), que a la fecha de hoy conforman importantes sucesiones (comunidades). Lo anterior ha obligado a realizar un trabajo de protección y cuidado en base a políticas de relación, cooperación y logro de acuerdos o consensos de largo aliento con las comunidades sucesoriales que detentan derechos sobre dichos lugares, situación que dificulta, en cierto grado, la capacidad de gestión y toma de decisiones. Sin embargo lo anterior no implica, en todos los casos, que dichas comunidades o las personas que las integran, realicen usos ajenos de dichas tierras al objetivo de protección del área, lo que se puede manifestar por ejemplo en el éxito de las políticas sobre manejo sustentable y sostenibilidad productiva de la vicuña, ejecución de planes sociales de desarrollo comunitario, como el Proyecto de Gestión Territorial y el Programa Orígenes, para ayudar a mejorar la calidad de vida de las comunidades del lugar, además de otros programas como los de educación ambiental y extensión forestal, este último, fuera de las AP. Sin perjuicio de todo esto, existe la amenaza de sectores productivos, en especial minería, que podrían entablar negociaciones con los propietarios por el uso del terreno y de los recursos hídricos. Asimismo, se ha informado la existencia de caza furtiva de vicuñas.<br>Observación: Plano de CONAF Escala 1:100.000, Incluye la Reserva Nacional Las Vicuñas y el Monumento Natural Salar de Surire. | | |

## Ficha N° 2. Parque Nacional Volcán Isluga

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Volcán Isluga | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 174.744 | Ubicación: | Comunas de Huara, Camiña y Colchane, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Coexiste propiedad del Fisco de Chile y propiedades privadas que representan superficie mayoritaria de la unidad. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 07 febrero de 1967. |
| Normativa del Área: | D.S. 04, del 03/01/67, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Volcán Isluga". D.S. 277, del 14/08/70, del Ministerio de Agricultura, modifica en la forma que señala el D.S.04 de 1967. D.S. 680, del 25/08/75, del Ministerio de Educación, declara Monumento Nacional el Santuario de Isluga, y declara Santuario de la Naturaleza a la Laguna Torca. D.S. 97, del 21/03/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica D.S. 277 de 1970, desafecta de su calidad de tal parte del PN Volcán Isluga y fija nuevos límites. D.S. 151, del 26/11/85, del Ministerio de Agricultura, complementa decretos de creación y fijación de deslindes del PN. Resolución Ex. N° 560, del 20/05/2008, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico un área de la Comuna de Colchane. | | |
| Características de Importancia: | Tiene como valor ecológico la preservación de especies como el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*) y el puma (*Puma concolor*). En las aves el suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*) y en los peces el bagrecito o suche (*Trichomycterus rivulatus*). Iglesia del pueblo de Isluga es SN y el pueblo es Zona Típica, ambos bajo tuición del Consejo de Monumentos Nacionales. | | |
| Régimen de dominio: | Mixto, propiedad fiscal coexiste con propiedad privada, sea de personas naturales o comunidades. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en Fjs. 72 vta. N° 308, del Registro de Propiedad del año 1919, en el C.B.R. de Pisagua; Fjs. 75 N° 194, del Registro de Propiedad del año 1919, en el C.B.R. de Iquique; Fjs. 36 vta. N° 29 del Registro de Propiedad del año 1971, en el C.B.R. de Pisagua; Fjs. 625 vta. N° 839, del Registro de Propiedad del año 1979, en el C.B.R. de Iquique; Fjs. 1.380 N° 1.364, del Registro de Propiedad del año 1983, en el C.B.R. de Pozo Almonte; Fjs. 78 N° 77, del Registro de Propiedad del año 1985, del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 151, del 26/11/85, del Ministerio de Agricultura, publicado en el D.O., de 10/03/86. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a tenencia de la tierra y a caza furtiva de fauna silvestre. | | |

## Ficha N° 3. Parque Nacional Salar del Huasco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar del Huasco | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 110.962,46 | Ubicación: | Comuna de Pica, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 05 de junio de 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 07, del 02/02/10, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional "Salar del Huasco". **Resolución Ex. N° 1.248**, de 11/11/2005, del SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico, área Pica-Salar del Huasco. | | |
| Características de Importancia: | Ecosistemas Altoandinos con presencia de formaciones vegetales poco representadas en el SNASPE (Formación del Desierto); elementos de flora y fauna silvestre relevantes, rasgos geológicos y geomorfológicos particulares, destacando la falta de unidades de paisaje sin intervención antrópica y de gran atractivo y potencial para el establecimiento de actividades de recreación y los recursos culturales y arqueológicos propios del sector, entre otros aspectos de interés que hacen necesaria su incorporación al SNASPE. Asimismo, existen recursos naturales de gran importancia que las características del uso actual y potencial del territorio hacen que converjan diferentes intereses y actores en la protección y manejo del área protegida. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Propiedad fiscal inscrita en mayor cabida a Fjs. 1.388 vta. N° 1.365, del Registro de Propiedad del año 1983, del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 07, del 02/02/10, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., de 05/06/2010. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. | | |

## Ficha N° 4. Parque Nacional Morro Moreno

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Morro Moreno | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 7.314 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta. |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 15 de abril de 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 5, de 28/01/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara PN "Morro Moreno". | | |
| Características de Importancia: | Existe una diversidad de ambientes continentales, marinos e insulares que poseen importantes y variados recursos faunísticos, vegetacionales, geológicos-geomorfológicos, paisajísticos y arqueológicos únicos en Chile, algunos de los cuales no están representados ni protegidos en el SNASPE. Así también en ella se encuentra la formación vegetal del "Desierto Costero de Tocopilla", la que está inadecuadamente protegida y mal representada en el mismo SNASPE. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida, a Fjs. 635 N° 754 del Registro de Propiedad de 1965, del C.B.R. de Antofagasta. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 5, del 28/01/10, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado falta de fiscalización del borde costero por autoridad marítima, lo que posibilita la extracción de recursos pertenecientes al patrimonio natural (flora, algas, guano, etc.) y cultural (sitios arqueológicos). | | |

## Ficha N° 5. Parque Nacional Llullaillaco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Llullaillaco | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 268.671 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 9 de diciembre de 1995 |
| Normativa del Área: | D.S. 856, de 03/08/95, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional "Llullaillaco" y declárase "Lugar de Interés Científico, para los Efectos Mineros", los terrenos que conforman el PN. | | |
| Características de Importancia: | En el área del Parque existen diversos paisajes y recursos con gran valor escénico, destacando por su altura el volcán Llullaillaco. Desde este punto se domina el paisaje hasta el Salar de Aguas Calientes ubicado por fuera del borde sur del Parque. Las características ecológicas de la unidad están dadas por la presencia de variadas especies de fauna como la chinchilla andina (*Chinchilla brevicaudata*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el guanaco (*Lama guanicoe*), el puma (*Puma concolor*), las cuales conviven con especies de aves como el suri (Pteronecmia pennata tarapacensis), la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*), el parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) y el piuquén (*Chloephaga malanoptera*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida, a Fjs. 850 vta. N° 1.003 en el Registro de Propiedad de 1965, del C.B.R. de Antofagasta. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 856, del 03/08/95, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa la existencia de actividad minera, de requerimientos de derechos de agua y la existencia de caza furtiva. | | |

## Ficha N° 6. Parque Nacional Pan de Azúcar

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pan de Azúcar | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 43.754 | Ubicación: | Comuna de Chañaral, Región de Atacama. |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 6 de mayo de 1986 |
| Normativa del Área: | D.S. 7, del 01/06/84, del Ministerio de Bienes Nacionales, concede en uso gratuito a CONAF por 5 años. D.S. 527, del 07/10/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara el Parque "Nacional Pan de Azúcar" y declara "Lugar de Interés Científico" a dichos 36 terrenos fiscales en la II y III Región. D.S. 21, del 03/03/86 del Ministerio de Minería, autoriza labores mineras en un islote del PN. D.S. 585, del 18 /11/87 del Ministerio de Bienes Nacionales, rectifica D.S. 527 de 1985, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | El valor de esta zona está dado por la presencia de variadas especies vegetales como el cachiyuyo (*Atriplex deserticola*) y el allaval (*Adesmia atacamensis*), en la parte más desértica de la unidad. En el lado costero es posible apreciar grama salada (*Distichlis spicata*) y cacho de cabra (*Skytanthus acutus*). En cuanto a la fauna, existen una variedad de especies, como el guanaco (*Lama guanicoe*), la yaca (*Thylamis elegans*), el piuchén (*Desmodus rotundus*), el chungungo (*Lontra felina*). En aves destaca el piquero (*Sula variegata*), el águila pescadora (*Pandion halieatus*), la fardela blanca (*Puffinus creatopus*) y el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos, en mayor cabida, a Fjs. 46 N° 53 en el Registro de Propiedad de 1940, del C.B.R. de Chañaral; a Fjs. 41 vta. N° 44, del año 1977, del C.B.R. de Taltal, que se individualiza en el plano N° III-1-458 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 527, del 07/10/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado al norte de la unidad la existencia de recolección de huiro, uso ancestral por parte de recolectores del borde costero de la Comunidad de Las Collajas, como asimismo el ejercicio de caza ilegal y la presencia de manadas de perros "asilvestrados" que cazan guanacos. | | |

## Ficha N° 7. Parque Nacional Nevado Tres Cruces

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Nevado Tres Cruces | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 59.081,87 | Ubicación: | Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 08 de noviembre de 1994 |
| Normativa del Área: | D.S. 947, del 29/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional "Nevado Tres Cruces". | | |
| Características de Importancia: | Debido a su configuración geográfica, esta área cuenta con vegetación muy escasa. De estas especies las más representativas son los cachiyuyos (*Atriplex deserticola*), calpiche (*Lycium minutifolium*), tola vaca (*Parestrephia lepidopylla*) y brea (*Tessaria absinthioides*). Entre las especies de fauna se encuentran las vicuñas (*Vicugna vicugna*), el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), la chinchilla de cola corta (*Chinchilla brevicaudata*), el puma (*Puma concolor*). Como avifauna se encuentra el pato cuchara (*Anas platalea*), el cóndor (*Vultur gryphus*), la gaviota andina (*Larus serranus*), el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*). Esta unidad también ha sido declarada Sitio Ramsar bajo la denominación de "Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa". Asimismo, ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación denominado "Nevado Tres Cruces" con casi 120.000 ha que pasa a ser el área de amortiguamiento del Parque Nacional Nevado Tres Cruces y del Sitio Ramsar que son las áreas núcleos de mayor restricción desde el punto de vista de la preservación y conservación de la naturaleza. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del fisco, en mayor cabida, a Fjs. 527 vta. N° 500 en el Registro de Propiedad de 1964, del C.B.R. de Copiapó; individualizado en los Planos N° III-2-3361 CR y III-2-3362 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 947, del 29/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No obstante que no se han reportado problemas, y dificultades jurídicas específicas, se ha informado la existencia de proyectos mineros, los cuales realizan extracción de agua de la cuenca que alimenta las lagunas. | | |

## Ficha N° 8. Parque Nacional Llanos de Challe

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Llanos de Challe | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 45.708 | Ubicación: | Comuna de Huasco, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 8 de noviembre de 1994 |
| Normativa del Área: | D.S. 946, del 29/07/94 Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional "Llanos de Challe". | | |
| Características de Importancia: | En esta área se encuentra una gran variedad de flora y fauna, dentro del ámbito desértico costero. Las especies de flora más relevantes son cachiyuyo (*Atriplex coquimbana*), churco (*Oxalis gigantea*), coronilla de fraile (*Encelia tomentosa*) y rabo de zorro (*Ophryosporus triangularis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida, a Fjs. 73 N° 58, a Fjs. 192 N° 178 y a Fjs. 336 N° 257 en el Registro de Propiedad de 1940, de los C.B.R. de Freirina, Vallenar y Copiapó, respectivamente; individualizado en el Plano N° III-3-3493 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D.S. 946, del 29/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que recolección de huiro por parte de la comunidad Los Pozos, comunidad recolectora, debe ser estudiado, ya que actualmente existe un comodato que permite su permanencia en esta unidad mientras dure su actividad productiva. Además, se informa de la existencia de pretensiones mineras y presencia de perros "asilvestrados". | | |

## Ficha N° 9. Parque Nacional Bosque Fray Jorge

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bosque Fray Jorge | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 9.959 | Ubicación: | Comuna de Ovalle, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 20 de junio de 1941 |
| Normativa del Área: | D.S. 399, del 15/04/41, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional Bosque Fray Jorge. D.S. 732, del 06/06/41, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara expropiación de 6.000 ha del fundo Fray Jorge. D.S. 897, del 02/07/41, del Ministerio de Tierras y Colonización, expropiación de 114 ha de la Hacienda Talinay D.S. 728, del 29/03/45, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara el Parque Nacional de Talinay. D.S. 326, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara parques nacionales de turismo los terrenos fiscales que individualizan los que formarán parte de los Parques Nacionales denominados Fray Jorge y Cerro Ñielol. D.S. 318, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara el Parque Nacional Punta del Viento en los terrenos fiscales que indica. D.S. 867, del 30/12/81, del Ministerio de Bienes Nacionales, fusiona los Parques Nacionales Talinay y Punta del Viento y los anexa al PN Bosque Fray Jorge. D.S. 132, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | La conservación de esta área se debe, principalmente, a que en ella se presenta un bosque tipo valdiviano a 1.200 km de distancia del lugar donde está actualmente localizado. Esto hace que existan especies higrófitas, como canelos (*Drimys winteri*), olivillos (*Proustia baccharoides*), tepas (*Laurelia philppiana*) y gran variedad de helechos (*Blechnum sp.*). Entre la fauna existente podemos citar al ratón topo de matorral (*Chelemys megalonyx*), la yaca (*Thylamys elegans*), el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) y el quique (*Galictis cuja*). En las aves se presenta el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), la garza cuca (*Ardea cocoi*) y la gaviota garuma (*Larus modestus*). Esta área fue declarada como Reserva de la Biosfera en 1977. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 242 N° 269, del año 1942, 280 N° 387, del año 1945 y 619, del año 1966, todas del Registro de Propiedad del C.B.R. de Ovalle. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 867, del 30/12/81, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., con fecha 12 de febrero de 1982. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que falta demarcar en terreno los límites actuales de la propiedad. Asimismo, se reporta presión importante por la actividad de pescadores artesanales para la extracción de algas marinas ("huiro"), ejerciendo cierto furtivismo para su ingreso e intervención, como también de animales.<br>OBSERVACIÓN: Existe plano N° 20 del Ministerio de Tierras y Colonización, pero no coincide la superficie con la indicada por CONAF. Plano de CONAF escala 1:20.000 señala una superficie de 9.845 ha. Existen además dos decretos anteriores, el decreto N° 2.501 del 06/10/1938, en que nombra una comisión de hombres buenos para tasar 845 ha del bosque Fray Jorge, declarando este bosque de utilidad pública y ordena la expropiación de esos terrenos boscosos. El decreto N° 1.167 del 19/07/1940, aprueba la tasación y ordena el pago del Bosque Fray Jorge. | | |

## Ficha N° 10. Parque Nacional La Campana

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | La Campana | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 8.000 | Ubicación: | Comunas de Hijuelas y Olmué, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 03 de noviembre de 1967 |
| Normativa del Área: | Ley N° 16.699, del 03/11/67, que en su artículo 2 declara el Parque Nacional La Campana. D.S. 451, del 07/11/80, del Ministerio de Bienes Nacionales, establece límites del sector Ocoa del PN La Campana. D.S. 652, del 06/10/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, venta directa inmueble fiscal en la V Región de Valparaíso a Don Mario Eugenin G. D.S. 266, del 10/05/85, del Ministerio de Agricultura, acepta donación del bien raíz Hacienda las Palmas de Ocoa y autoriza al Subsecretario de Agricultura para que suscriba la respectiva escritura pública. D.S. 228, del 14/06/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, amplia el PN La Campana en la V Región de Valparaíso y fija sus límites. Dictamen 17.892, del 02/08/85, de la Contraloría General de la República, cursa con alcance D.S. 228, del 14/06/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". La Reserva de la Biosfera La Campana - Peñuelas, con fecha 26 de Mayo de 2009 (SC-09/CONF.207/INF.3), fue considerada por UNESCO para ampliar sus fronteras. | | |
| Características de Importancia: | Se divide en tres grandes sectores: sector Ocoa, sector Granizo y sector Cajón Grande, con características ecológicas específicas. Desde el punto de la diversidad biológica esta área es una representación de la vegetación propia de la zona central antes de la intervención del hombre, perteneciendo a ésta la palma chilena (*Jubaea chilensis*). Esta especie es posible verla asociada con otras especies del bosque esclerófilo como el peumo (*Cryptocarya alba*), el boldo (*Peumus boldus*), el litre (Litera caustica), el molle (*Schinus latifolius*), el maitén (*Maytenus boaria*), el huingan (*Schinus polygamus*), el espino (*Acacia caven*) y el quillay (*Quillaja saponaria*). Las especies de fauna presentes en el área son, en los mamíferos, el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*) y la güiña (*Oncefelis guigna*); en las aves, el halcón peregrino (*Falco peregrinus*); en los reptiles, la lagartija (*Liolaemus gravenhorsti*); y en los anfibios, el sapo arriero (*Alsodes nodosus*). Este Parque fue declarado Reserva Mundial de la Biosfera por la UNESCO en 1985, en conjunto con la Reserva Nacional Lago Peñuelas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción a Fjs. 998 N° 1.030, del Registro de Propiedad del año 1968, del C.B.R. de Quillota. | | |
| Deslindes: | Los deslindes de este Parque Nacional están descritos en el D.S. 228, del 14/06/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Existe un conflicto por la tuición de terrenos con la Comunidad Mariana de Osorio de Granizo - Olmué. Individualización: Juzgado de Letras de Limache. Materia: Formación Comunidad Agrícola. Rol 7.646 Voluntaria - 2006. Partes "Formación de Comunidad Agrícola Granizo-Olmué Mariana de Osorio". Procedimiento voluntario en el cual se hizo parte el Fisco por intermedio del Consejo de Defensa del Estado.<br>Al interior del PN La Campana se encuentran constituidos 2 derechos de aguas superficiales de uso consuntivo, ambos inscritos en el C. B. R. de Limache, durante los años 1987 y 1993. Asimismo, se informa la presencia de ganado, crecimiento demográfico, extracción de agua y reactivación de explotación minera. | | |

## Ficha N° 11. Parque Nacional las Palmas de Cocalán

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Palmas de Cocalán | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 3.709 | Ubicación: | Comuna de Las Cabras, Región del Libertador Bernardo O'Higgins |
| Propietario: | Privado | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privado | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 14 de agosto de 1972 |
| Normativa del Área: | Ley N° 17.699, del 01/08/72, en su Art. N° 53 declara Parque Nacional Las Palmas de Cocalán. D.S. N° 26, del 11/01/89, del Ministerio de Bienes Nacionales, fija superficie y límites del Parque Nacional Palmas de Cocalán. | | |
| Características de Importancia: | En esta área se presenta la segunda mayor extensión de bosques de palma chilena (*Jubaea chilensis*), después de las ubicadas en el Parque Nacional La Campana. Además, presenta bellotos del norte (*Beilschmiedia miersii*), pataguas (*Crinodendron patagua*), hualos (*Nothofagus glauca*) y litre (*Lithrea caustica*). | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción a Fjs. 438 vta. N° 309, del Registro de Propiedad del año 1982, del C.B.R. Peumo; Fjs. 124 vta. N° 91, del Registro de Propiedad del año 1969, del C.B.R. de Cachapoal. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 26, del 11/01/89, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., con fecha 27 de abril de 1989. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se cuenta con información de esta AP. | | |

## Ficha N° 12. Parque Nacional Rapa Nui

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Rapa Nui | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 7.130,0 | Ubicación: | Comuna de Rapa Nui, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de febrero de 1935 |
| Normativa del Área: | D.S. 103, del 16/01/35, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parques Nacionales Islas Archipiélago Juan Fernández e Isla de Pascua. D.S. 148, del 18/03/66, del Ministerio de Agricultura, declara el Parque Nacional de Turismo Isla de Pascua. D.S. 285, del 03/06/66, del Ministerio de Agricultura, modifica D.S. 148, del 18/03/66. D.S. 520, del 25/10/68, del Ministerio de Agricultura, deroga D.S. 285, del 03/06/66 y modifica D.S. 148, del 18/03/66. D.S. 1203, del 20/12/73, del Ministerio de Tierras y Colonización, entrega a CONAF uso gratuito por 10 años. D.S. 213, del 21/07/76, del Ministerio de Agricultura, modifica límite y cambia nombre al Parque Nacional Isla de Pascua, en adelante Parque Nacional Rapa Nui, modifica Decreto Supremo del Ministerio de Agricultura N° 148 de 1966 y deroga los números dos y tres del Decreto Supremo N° 520 de 1968, de esa Secretaría de Estado. D.S. 781, del 21/12/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica límites del Parque Nacional Rapa Nui. D.S. 72, del 20/03/95, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica límites y actualiza cabida del Parque Nacional Rapa Nui. | | |
| Características de Importancia: | De las especies de vegetación que existen en la actualidad en la isla, muchas de ellas son gramíneas (*Axonopus paschalis, Danthonia paschalis*) y helechos: los Nehe Nehe (*Asplenium adiantoides, A. obtusatum*), Matu'a Pu'a (*Polypodium scolopendria*) y Tia pito (*Ophioglossum coriaceum, Ophioglossum reticulatum*). Debido a sus características, la isla no presenta fauna importante, sólo las aves poseen cierta magnitud. De estas últimas, las más importantes son la fardela negra de Juan Fernández (*Pterodroma neglecta*), la fardela de Pascua (*Puffinus nativitatis*), el ave del trópico de cola roja (*Peatón rubricauda*) y el ave fragata (*Fregata minor*). Por otra parte, los lagartos están representados por dos especies Moko uru uru kahu (*Lepidodactylus lugribus*) y Moko Uriuri (*Ablepharus boutoni*). La isla fue declarada como sitio del Patrimonio de la Humanidad en categoría de Bien Cultural el 8/12/95 por la UNESCO. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1 N° 1 del Registro de Propiedad del año 1966, del C.B.R. de Isla de Pascua. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están descritos en el D.S. 72, del 20/03/95, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado conflictos y ocupación irregular con comunidades indígenas sobre terrenos del PN. | | |

## Ficha N° 13. Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/13 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Archipiélago Juan Fernández | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 9.571 | Ubicación: | Comuna de Juan Fernández, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de febrero de 1935 |
| Normativa del Área: | D.S. 103, del 16/01/35, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara parques nacionales Islas Archipiélago Juan Fernández e Isla de Pascua. D.S. 399, del 30/06/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de parque nacional el área urbana de la Isla Róbinson Crusoe, que forma parte del Parque Nacional Archipiélago de Juan Fernández. D.S. 799, del 30/12/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal parte de los terrenos que conforman el PN Juan Fernández y los destina al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Aviación. D.S. 606, del 16/08/89, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de parque nacional terrenos que forman parte del Parque Nacional Archipiélago de Juan Fernández. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". Resolución Ex. N° 956 del 16/10/2006, del SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico el área del Archipiélago Juan Fernández-Isla Róbinson Crusoe. | | |
| Características de Importancia: | Comprende la isla Alejandro Selkirk, y la mayor parte de la isla Róbinson Crusoe y el islote Santa Clara. Dentro de la variedad de especies de vegetación endémicas de la isla figuran col de Juan Fernández (*Dendroseris litoralis*), resino (*Robinsonia gayana*), resino hembra (*Robinsonia berteroi*) y tomatillo de Juan Fernández (*Solanum robinsonianum*). Entre las especies de fauna, destaca el lobo marino de dos pelos de Juan Fernández (*Arctocephalus philippi*) y la gran cantidad de especies de aves presentes como la fardela blanca de Juan Fernández (*Pterodroma externa*), la fardela blanca de Más a Tierra (*Pterodroma cooki defi lippiana*) y el picaflor de Juan Fernández (*Sephanoides fernandesis*). Esta unidad tiene las categorías de Parque Nacional y Reserva de la Biosfera. El documento mediante el cual UNESCO hace la declaración de Reserva de la Biosfera hace expresa mención a "Reserva de la Biosfera Parque Nacional Archipiélago de Juan Fernández". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos en mayor cabida a Fjs. 506 N° 1.361, en el Registro de Propiedad de 1911, del C.B.R. de Valparaíso; individualizados en el Plano N° V-6-1120-CR. | | |
| Deslindes: | En los D.S. 399 y 799, están descritos los deslindes de las zonas desafectadas del PN Archipiélago Juan Fernández. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a la falta de claridad de superficie y límites de la propiedad fiscal de la cual forma parte este Parque Nacional. Asimismo, se ha informado de la presencia de especies exóticas con potencialidad de convertirse en plagas, además, de ganado que la comunidad local mantiene en el AP. | | |

## Ficha N° 14. Parque Nacional Radal Siete Tazas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/14 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Radal Siete Tazas | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 4.138,24 | Ubicación: | Comuna de Molina, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de agosto de 2008 |
| Normativa del Área: | D.S. 89, del 20/03/96, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara RN Radal Siete Tazas. D.S. 15, del 27/03/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parcialmente Reserva Nacional Radal Siete Tazas y declara Parque Nacional "Radal Siete Tazas". | | |
| Características de Importancia: | La presencia de bosques de Nothofagus, en su distribución más septentrional dentro de Chile, además de tener ocho especies de este género de las 11 presentes en nuestro país. Alguna de estas son: roble (*Nothofagus obliqua*), hualo (*Nothofagus glauca*), huala (*Nothofagus leonii*). Otras especies presentes son ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), lirio de campo (*Alstromeria spathulata*), añañuca (*Phycella ignea*), cardón (*Puya chilensism*), maitén de Chubut (*Maytenus chubutensis*) y hullipatagua (*Citronella mucronata*). De la fauna presente los más importantes son: el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), la güiña (*Oncifelis guigna*), el pudú (*Pudu pudu*), el puma (*Puma concolor*) el quique (*Galictis cuja*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*) el chingue (*Conepatus chinga*), el loro tricahue (*Cyanoliseus patagonus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), la torcaza (*Columba araucana*), el cóndor (*Vultur gryphus*), la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*), la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*), el lagarto llorón (*Liolaemus chiliensis*), las lagartijas (*Liolaemus lemniscatus* y *L. Fuscus*) y el sapo de rulo (*Bufo spinicatus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos a nombre del Fisco, en mayor cabida a Fjs. 17, N° 17, del Registro de Propiedad de 1996 del C.B.R. de Molina, individualizado en el Plano N° VII-1-4088 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 3 del D.S. 15, del 27/03/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha informado de ocupación irregular consistente en una construcción de un particular entre el camino público y camping. También se ha informado de riesgos de incendios forestales, uso inadecuado por parte del público visitante que genera contaminación y pastoreo clandestino.<br>OBSERVACIÓN MBN: Plano de CONAF, escala 1: 50.000, superficie = 5.325 ha.<br>Plano MBN escala 1:10.000 laminas N° 1 y 2, con hidrografía y cotas. Reserva de CORFO 139,77 ha. Hijuela 1 lotes a,b,c,d y e donación al fisco 5.147,58 ha. Hijuela 2 lotes a, b, c, d, e y f superficie total del plano 5.287,35 ha. | | |

## Ficha N° 15. Parque Nacional Laguna del Laja

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/15 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Laguna del Laja | **Categoría AP:** | Parque Nacional |
| **Superficie (ha):** | 11.600 | **Ubicación:** | Comuna de Antuco, Región del Biobío |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | CONAF | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 25 de junio de 1958 |
| **Normativa del Área:** | D.S. 652, del 25/06/58, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Lago Laja". **Resolución N° 738**, del 02/07/2008, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional el área Cordillera de Chillán-Laguna del Laja. | | |
| **Características de Importancia:** | De las especies de flora presentes en el área, las más significativas son el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y la araucaria (*Araucaria araucana*). Otras especies presentes son la lenga (*Nothofagus pumilio*), el ñirre (*Nothofagus antarctica*), el chacay (*Discaria chacaye*), el maitén chico (*Maytenus disticha*), entre otras. De los mamíferos podemos mencionar el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el quique (*Galictis cuja*), el puma (*Puma concolor*) y los zorros culpeo y chilla (*Pseudalopex culpaeus* y *P. griseus*). En cuanto a las aves están presentes especies como el cóndor (*Vultur gryphus*), la bandurria (*Theristicus caudatus*) y el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), el peuquito (*Accipiter bicolor*), la perdicita cordillerana (*Attagis gayi*) y la gaviota andina (*Larus serranus*). En los reptiles están presentes la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*) y la culebra de cola larga (*Phylodrias chamissonis*). Los anfibios presentes en esta área son el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaui*), el sapo de rayas (*Bufo variegatus*) y el sapo (*Bufo papilosus*). | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Inscrito a Fjs. 346 vta. N° 416 año 1958; Fjs. 542 N° 714 año 1970; Fjs. 2.339 N° 3.029 año 1987, todas del Registro de Propiedad del C.B.R. de Los Ángeles. | | |
| **Deslindes:** | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 652, del 25/06/58, del Ministerio de Agricultura. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Se han reportado los siguientes problemas: a) Imprecisiones de Deslindes: Se debe corregir la cabida real del PN, ya que al crearse, a pesar de tener deslindes más amplios que los actuales tenía menos superficie (11.600 ha). Realizado el estudio de límites y cartografía se excluyó del territorio del PN el Fundo La Cueva (en su límite suroriente), y un retazo junto al río Trubunleo (límite noroeste) pues eran propiedad particular. Por tanto se debe modificar D.S. de creación en sus deslindes y superficie: Se debe reformular el D.S. de creación a fin de definir y zanjar problemas de interpretación legal, de acuerdo a lo señalado en punto anterior. b) Ocupación: Superficie de Ocupación por Terceros: 90 ha, número total de ocupantes: aproximadamente 35 casas particulares y 5 instituciones (Chile Deportes; Endesa, Ejército de Chile, Club de Esquí, Carabineros), tipos de ocupantes (Comunidades Indígenas, pescadores, privados, otros), varios privados y organismos públicos y privados (club de Esquí Los Ángeles, Ejército, Municipio Los Ángeles, U. De Concepción, etc.), y superficie reclamada por terceros: 4.890 ha, c) Tenencia: Superficie Fiscal: 11889,5 ha con inscripción a nombre del Fisco, Superficie Propiedad Privada: 11,65 ha, propiedad de Municipalidad de Los Ángeles, constituye predio inserto El Refugio, Superficie de Indefinida o Dudosa: 90 ha. Club de Esquí y 4.800 ha de Suc. Claro Lagarrigue (son superposición de superficies), Superficie Total: 12.000,15 ha y superficie Bajo Administración = 11.889,5 ha. En definitiva, el PN Laguna del Laja queda así constituido por 5 retazos que abarca una superficie total de 11.889,5 ha por lo que es necesario reformular el decreto de creación, modificando los deslindes este y sur y la cabida predial. Asimismo, se ha informado de deterioro de patrimonio natural por agentes externos (ganado e introducción de especies exóticas), como también aumento significativo de visitas derivado del proyecto Camino Internacional.<br>OBSERVACIONES MBN: Plano de CONAF, escala 1:50.000 con una superficie de 11.500 ha. Plano actual, con una superficie de 11.889,5 ha. | | |

## Ficha N° 16. Parque Nacional Huerquehue

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/16 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Huerquehue | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/01 | 12.500 | Ubicación: | Comuna de Pucón, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 31 de julio de 1967 |
| Normativa del Área: | D.S. 347, del 09/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Huerquehue". D.S. 82, del 02/03/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, amplia PN Huerquehue. Resolución N° 547, del 10/04/2003, del SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional Comunas de Pucón y Villarrica. | | |
| Características de Importancia: | Podemos encontrar 17 lagunas, entremedio de bosques en desarrollo de coigüe (*Nothofagfus dombeyi*), mañío de hojas cortas (*Sexegothaea conspicua*), lenga (*Nothofagus pumilio*) y araucaria (*Araucaria araucana*). Entre su fauna más destacada podemos mencionar el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), el cóndor (*Vultur gryphus*), la tagua (*Fulica sp.*), el pato anteojillo (*Anas specularis*) y el chucao (*Scelorchilus rubecula*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 467 N° 361, del Registro de Propiedad del año 1996, C.B.R. de Pucón. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en D.S. 82, del 02/03/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que debe modificarse D.S. e inscripción de dominio. Asimismo, se ha reportado invasión de especies exóticas y la utilización de recurso agua por centrales hidroeléctricas de paso. Como también ocupantes irregulares. | | |

## Ficha N° 17. Parque Nacional Villarrica

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/17 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Villarrica | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 53.000 | Ubicación: | Comunas de Pucón, Curarrehue y Panguipulli, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de enero de 1941 |
| Normativa del Área: | D.S. 2.236, del 28 de noviembre de 1940, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara PN los terrenos colindantes al volcán Villarrica. D.S. 398, del 30/06/1983, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parte del PN Villarrica. Resolución N° 547, del 10/04/2003, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional Comunas de Pucón y Villarrica. Resolución N° 661, del 10/07/2006, de SERNATUR declara Zona de Interés Turístico Nacional el área de la Comuna de Panguipulli. | | |
| Características de Importancia: | El paisaje montañoso del área está dominado por bosques de araucarias (*Araucaria araucana*), lenga (*Nothofagus pumilio*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*) en las partes más bajas. Entre la fauna podemos mencionar al monito del monte (*Dromiciops gliroides*), el coipo (*Myocastor coypus*), los zorros chilla y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*), el quique (*Galictus cuja*), chingue (*Conepatus chingue*) el puma (*Puma concolor*) y los pudúes (*Pudu pudu*). La avifauna acuática exhibe especies como la huala (*Podiceps major*), el caiquén (*Chloephaga picta*), el pato real (*Anas sibilatrix*), el cortacorriente (*Merganetta armata*), el rinconero (*Heteronetta atricapilla*) y la tagua (*Fulica sp.*). Es parte de las Reservas de la Biosfera Las Araucarias y Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción a Fjs. 607 N° 1.042 del Registro de Propiedad del año 1948, C.B.R. Loncoche; Fjs. 579 N° 459 del Registro de Propiedad del año 1993 C.B.R. Pucón (3,98 ha); Fjs.1.628 N° 960 del Registro de Propiedad del año 2003 C.B.R. Pucón; Fjs. 545 vta. N° 566 del Registro de Propiedad del año 2009 C.B.R. Panguipulli; Fjs. 3.270 N° 1.873 del Registro de Propiedad del año 2008 C.B.R. Villarrica. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que no existe claridad de deslindes entre el PN y particulares colindantes, discrepancias entre superficie señalada en decreto de creación y lo que efectivamente abarca la unidad y existencia de predios particulares al interior de la unidad y ocupaciones irregulares. Asimismo, se ha informado la existencia de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas por parte de privados, como también la presencia de especies exóticas (ciervo rojo, jabalí, visón, etc.). Ocupantes irregulares en el AP. | | |

## Ficha N° 18. Parque Nacional Nahuelbuta

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/18 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Nahuelbuta | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 6.832 | Ubicación: | Comuna de Angol, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 4 de enero de 1939 |
| Normativa del Área: | D.S. 15, del 04/01/39, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara el Parque Nacional "Nahuelbuta". D.S. 677, del 02/04/51, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara anexada La Hijuela N° 47 del fundo fiscal Vegas Blancas al PN Nahuelbuta. D.S. 185, del 13/04/81, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de anexada al PN Nahuelbuta a la Hijuela N° 47 del predio fiscal Vegas Blancas. D.S. 882, del 12/05/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, fija nuevos límites. | | |
| Características de Importancia: | Fue creado con el objetivo de proteger los bosques de araucarias (*Araucaria araucana*) que se encuentran en las altiplanicies y cumbres de la cordillera de Nahuelbuta. Se pueden encontrar bosques de roble (*Nothofagus obliqua*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y ñirre (*Nothofagus antarctica*). En cuanto a la fauna, podemos mencionar la presencia del puma (*Puma concolor*), la güiña (*Oncefelis guigna*), el pudú (*Pudu pudu*), y los zorros chilla y culpeo (*Psedalopex griseus* y *P. culpaeus*). En las aves se observa la presencia de bandadas de choroyes (*Enicognatus leptorhynchus*), cachañas (*Encognatus ferrugineus*) y carpinteros negros (*Campephilus magellanicus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 39 vta. N° 121, del año 1936; Fjs. 404 N° 658, del año 1986, ambas del Registro de Propiedad del C.B.R. de Angol. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 882, del 12/05/83, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa del aislamiento ecosistémico producto de plantaciones o monocultivo en sus alrededores, como asimismo, riesgo de incendios forestales como consecuencia de actividad de "carboneo". | | |

## Ficha N° 19. Parque Nacional Tolhuaca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/19 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Tolhuaca | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 6.374 | Ubicación: | Comuna de Victoria, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 31 de octubre de 1935 |
| Normativa del Área: | D.S. 1540, del 30/09/1907, del Ministerio de Industria y Obras Públicas, declara Reserva de Bosques en la Provincia de Malleco. D.S. 2489, del 16/10/35, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional "Tolhuaca" a partir de los terrenos de la Reserva Forestal Malleco. D.S. 28, del 23/01/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parte de los terrenos de la Reserva Forestal Malleco y los incorpora al PN Tolhuaca, fija superficie y deslindes. | | |
| Características de Importancia: | En este Parque es posible encontrar bosques puros de araucaria (*Araucaria araucana*). En las zonas más bajas, en las cercanías de la laguna de Malleco, se desarrollan especies de bosque siempreverde como tineo (*Wienmannia trichosperma*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*), olivillo (Aextoxicon punctata) y tepa (*Laurelia philippiana*); y caducifolias como el raulí (*Nothofagus alpina*) y el roble (*Nothofagus obliqua*). Junto a las cascadas, en los alrededores de la laguna Malleco, se desarrolla una vegetación de ambiente húmedo con presencia abundante de nalcas (*Gunnera scombro*) y fucsias (*Fuschia magellanica*). Entre las especies de fauna se encuentran el pudú (*Pudu pudu*), los zorros gris y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*), quiques (*Galictis cuja*), chingues (*Conepatus chingue*), en las zonas boscosas, y coipos (*Myocastor coypus*), en la laguna de Malleco. Además, es posible observar aves como torcazas (*Columba araucana*) y cóndores (*Vultur gryphus*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 99 N° 146, del Registro Propiedad del año 1909, en el C.B.R. de Collipulli; y Fjs. 91 vta. N° 36, del Registro Propiedad del año 1958, C.B.R. de Curacautín. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 28, del 23/01/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que falta modificar D.S. e inscripción de dominio. Asimismo, se han informado riesgos de incendios forestales y contaminación por residuos dejados por visitantes. | | |

## Ficha N° 20. Parque Nacional Conguillío

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/20 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Conguillío | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 60.832 | Ubicación: | Comunas de Melipeuco y Vilcún, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de agosto de 1970 |
| Normativa del Área: | D.S. 1682, del 21/08/40 del Ministerio de Tierras y Colonización, declara el Parque Nacional los Paraguas en Llaima. D.S. 1117, 26/05/50, del Ministerio de Tierras y Colonización, se declara como Reserva Forestal Conguillío. D.S. 271, del 11/08/70, del Ministerio de Agricultura, desafecta calidad de reserva forestal los terrenos fiscales denominados Conguillío y los declara Parque Nacional de Turismo. D.S. 131, del 15/04/87, del Ministerio de Bienes Nacionales, dispone ampliación del PN Conguillío y fija nuevos deslindes: se fusionan el PN Conguillío y el PN Los Paraguas en un solo PN denominado Conguillío y se agregan terrenos de la RF Malalcahuello. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | En las zonas más altas abundan los matorrales de ñirre (*Nothofagus antartica*) que, por debajo, dan paso a los bosques de araucaria (*Araucaria araucana*). Más abajo conviven el coigüe (*Nothofagus dombeyi*), la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el roble (*Nothofagus oblicua*). En cuanto a la fauna, podemos mencionar la presencia del puma (*Puma concolor*), el pudú (*Pudu pudu*), el monito de monte (*Dromiciops gliroides*) y el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*). En las aves se observa la presencia del chuncho (*Glaucidium nanum*), la cachaña (*Enicognathus ferrugineus*) y el concón (*Strix rufipes rufipes*). En las araucarias anidan la bandurria (*Theristicus melanopis*) y distintas aves de presa como el cernícalo (*Falco sparverius*), el aguilucho (*Buteo polyosoma*) y el tiuque (*Falconidae sp.*). En los ambientes acuáticos abundan los sapos de rulo (*Bufo chilensis*) y diversas especies de patos y gansos, así como el cormorán pescador (*Phalacroxorax atriceps*), además de especies de peces como el tollo de agua dulce (*Diplimystes chilensis*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1.401 N° 1.371 del año 1974; y Fjs. 451 N° 766, del año 1987, ambas del Registro de Propiedad del C.B.R. de Temuco. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 131, del 15/04/87, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado tanto problema de deslindes con propietarios colindantes como apropiación por éstos de terrenos del PN. Asimismo, se informa de pérdida de biodiversidad como consecuencia del uso de recursos con fines comerciales. | | |

## Ficha N° 21. Parque Nacional Alerce Costero

| Ficha Técnica Áreas Protegidas-PN/21 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alerce Costero | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 13.974,56 Ha | Ubicación: | Comunas de Corral y La Unión, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de noviembre de 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 679, del 11/12/64, del Ministerio de Agricultura, declara PN los Alerzales Carlos Skottsberg. D.S. 19 del 21/01/87, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal terreno del "Parque Nacional los Alerzales - Carlos Skottsberg" y declara MN "Alerce Costero". D.S. N° 47, del 28/01/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara "RF Valdivia". D.S. N° 9, del 03/02/2010, desafecta de su calidad de tal terreno que indica y declara PN "Alerce Costero". | | |
| Características de Importancia: | Existe una muestra representativa de las formaciones vegetacionales Bosque Laurifolio de Valdivia y Bosque Siempreverde de la Cordillera Pelada, las que no se encuentran suficientemente representados en el SNASPE y constituyen un nicho ecológico para diversas especies endémicas, de las cuales algunas se encuentran en peligro de extinción.<br>Se hace necesario proteger oficialmente la ecorregión de los Bosques Templados Lluviosos del tipo Valdiviano que corresponde a una de las 200 ecorregiones priorizadas a nivel mundial, que por su singularidad y elevado riesgo para la Biodiversidad a escala global y ecológica requieren una mayor protección en el SNASPE. Además, el área contiene presencias de formaciones vegetales, elementos de flora y fauna silvestre, rasgos geológicos y geomorfológicos, cuencas hidrográficas, unidades de paisaje sobresalientes y elementos patrimoniales, tanto naturales como culturales. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos a nombre del Fisco a Fjs. 196 N° 255; a Fjs. 580 N° 815 y a Fjs. 85 vta. N° 113 en el Registro de Propiedad de 1944, 1982 y 1986, respectivamente, del C.B.R. de La Unión. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 9, del 03/02/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En el sector de esta unidad, constituido por la actual Reserva Nacional Valdivia, se reporta la presencia esporádica de un ocupante solitario en casa rústica. Existe también un pedimento minero para reactivar una anterior mina de manganeso. Se encuentra pendiente la incorporación al D.S. de creación de este PN la declaratoria de reserva de interés minero o Área de Interés Científico. En el sector Quitaluto se han producido cortas no autorizadas de bosque nativo para fines dendroenergéticos, por parte de las comunidades aledañas de Chaihuin y Corral. Además, se informa la presencia de ganado y actividad minera potencial. | | |

## Ficha N° 22. Parque Nacional Puyehue

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/22 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Puyehue | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 107.000 | Ubicación: | Comunas de Río Bueno y Puyehue, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 30 de mayo de 1941 |
| Normativa del Área: | D.S. 447, del 29/07/14, del Ministerio de Relaciones Exteriores, declara Reserva Forestal Puyehue. D.S. 4751, 07/11/29, del Ministerio de Fomento, destina 100.000 ha de la RF Puyehue a la Caja de Colonización. D.S. 374, del 08/04/41, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara el Parque Nacional Puyehue, originalmente con una superficie de 65.000 ha. D.S. 338, del 27/02/50, del Ministerio de Tierras y Colonización, amplía límites de los Parques Nacional Puyehue y Vicente Pérez Rosales. D.S. 792, del 07/09/61, del Ministerio de Tierras y Colonización, expropia e incorpora terrenos al Parque. D.S. 348, del 09/07/67, del Ministerio de Agricultura, compra predio "EL Toro". D.S. 71, del 15/02/80, del Ministerio de Tierras y Colonización, desafecta colonia agrícola Rupanco. D.S. 113, del 17/04/80, del Ministerio de Tierras y Colonización, incorpora lote fiscal denominado Gol-Gol, al PN Puyehue D.S. 445, del 05/08/81, del Ministerio de Bienes Nacionales fija los deslindes actuales del PN. D.S. 369, del 07/03/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, actualiza los límites del PN. D.S. 277, del 05/10/00, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta sector de "Villa Pajaritos". | | |
| Características de Importancia: | Está inserto en las regiones vegetacionales del bosque laurifolio y del bosque andino-patagónico. Entre las especies más representativas se encuentran el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), el ciprés de las guaitecas (*Pilgerodrendron uvifera*), la lenga (*Nothofagus pumilio*), el ulmo (*Eucryphia cordifolia*), la tepa (*Laurelia philippiana*), entre otras. De la avifauna encontramos especies como el cisne de cuello negro (*Cygnus malanocorypha*), la becasina (*Gallinago gallinago*), la torcaza (*Columba araucana*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), el halcón peregrino austral (*Falco peregrinus cassini*), entre otras especies. Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 615 N° 921, del año 1930; Fjs. 514 N° 730, del año 1953; Fjs. 51 N° 63, del año 1959; Fjs. 375 N° 403 del año 1962; Fjs. 354 N° 524 del año 1967, todas de los Registros de Propiedad del C.B.R. de Osorno.; Fjs. 54 vta. N° 85, del año 1968; Fjs.138 N° 190, del año 1971; Fjs. 80 vta. N° 118, del año 1972 y Fjs. 171 N° 327, del año 1990, todas de los Registros de Propiedad respectivos del C.B.R. de Río Bueno. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 3 del D.S. 445, del 05/08/81, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., de 01/09/81. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Está pendiente resolver los límites del área norte, parte de la Región de Los Ríos, del PN Puyehue, producto de la ocupación ilegal del propietario colindante. En el sector incluido en la Región de Los Ríos de esta unidad no existe claridad respecto a los límites legales de esta unidad. Asimismo, se informa la introducción de ganado de predios privados aledaños y la existencia de requerimientos de derechos de agua. Existe reclamación de terrenos de parte de un particular y comunidades indígenas.<br>OBSERVACIÓN MBN: Por decreto 277 del 05/10/2000 se desafectan 14,91 ha del PN sector pajaritos, según plano x-2-6323 CR, bajando la superficie de 106.772 ha a 106.757,09 ha. Hay discrepancia entre lo señalado por CONAF (107.000) y el MBN (106.757 ha). | | |

## Ficha N° 23. Parque Nacional Vicente Pérez Rosales

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/23 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Vicente Pérez Rosales | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 253.780 | Ubicación: | Comuna de Puerto Varas, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de agosto de 1926 |
| Normativa del Área: | D.S. 552, del 17/08/26, del Ministerio de Tierras y Colonización, creado sobre parte de la RF Llanquihue preexistente. D.S. 338, del 27/02/50, del Ministerio de Tierras y Colonización, amplía límites de los Parques Nacionales Puyehue y Vicente Pérez Rosales. D.S. 30, del 14/01/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal sector del PN Vicente Pérez Rosales. D.S. 369, 07/03/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, actualiza deslindes. | | |
| Características de Importancia: | En el Parque están insertos los bosques laurifolio, andino-patagónico y siempreverde y las turberas. Existen variadas especies predominantes como el alerce (*Fitzroya cupressoides*), el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodrendron uvifera*). En la fauna del área podemos encontrar a la güiña (*Oncefelis guigna*), la comadrejita trompuda (*Rhyncholestes raphanurus*), el huillín (*Lontra provocax*), el quique (*Galictis cuja*), el huroncito (*Lyncodon patagonicus*), los zorros chilla y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*). En las aves podemos encontrar el cisne de cuello negro (*Cygnus melancorypha*), la torcaza (*Columba araucana*), la garza cuca (*Ardea cocoi*), el huairavillo (*Ixobrychus involucris*), el aguilucho chico (*Buteo albigula*) y el pato cuchara (*Anas platalea*), entre muchas otras especies. Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 130 N° 104, del Registro de Propiedad del año 1909, del C.B.R. de Puerto Montt; Fjs. 387 N° 447, del Registro de Propiedad del año 1943, del C.B.R. de Puerto Varas (global) y Fjs. 13 N° 20, del Registro de Propiedad del año 1980, del C.B.R. de Osorno. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 369, 07/03/94, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Ocupaciones Irregulares: Existencia de 12 ocupaciones identificadas como irregulares, que han estado en un proceso especial de reconocimiento por parte de CONAF y BBNN. Realizan actividades de turismo y, en algunos casos, de agricultura de subsistencia.<br>Ocupaciones Ilegales: Al interior del PN subsiste un gran número de ocupaciones ilegales, algunas de carácter histórico.<br>Acceso a los Saltos del Petrohué: Conflicto de dominio del área de estacionamientos con Turística Los Saltos S.A. que compromete el acceso a la unidad.<br>Pretensiones de dominio de Islote Fiscal, por parte de propietario de Isla Mar.<br>Asimismo, se han reportado pretensiones de derecho de agua del Río Petrohué con fines de desarrollo de proyecto hidroeléctrico. | | |

## Ficha N° 24. Parque Nacional Alerce Andino

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/24 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alerce Andino | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 39.255 | Ubicación: | Comunas de Puerto Montt y Cochamó, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 03 de enero de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 735, del 17/11/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional Alerce Andino en la comuna de Puerto Montt. **Resolución Ex. N° 567**, 05/06/2007, de SERNATUR, declara Zona de Interes Turístico Cuencas de los ríos Puelo y Cochamó. | | |
| Características de Importancia: | En esta unidad cabe destacar la presencia del alerce (*Fitzroya cupressoide*) y otras especies como olivillo (*Aextoxicon punctatum*), ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y tepú (*Tepualia stipularis*). Las especies de fauna más representativas son el monito del monte (*Dromiciops gliroides*), el pudú (*Pudu pudu*), la güiña (*Oncefelis guigna*) y el chinque (*Conepatus chinga*). La avifauna es abundante, siendo los más representativos los cisnes de cuello negro y coscoroba (*Cygnus melanocorypha* y *Coscoroba coscoroba*), el carpintero (*Campephilus magellanicus*), la cachaña (*Enicognathus ferruginosus*), el chucao (*Scelorchilus rebecula*) y el huet huet (*Pteroptochos tarnii*). Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 130 N° 104, del Registro de Propiedad del año 1904, del C.B.R. de Puerto Montt (a mayor cabida). | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 735, del 17/11/82, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la presencia de ocupantes irregulares aislados y problemas de superposición de límites. Asimismo, se ha informado del otorgamiento de concesión eléctrica a privado y presencia de ganado vacuno. | | |

## Ficha N° 25. Parque Nacional Chiloé

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/25 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Chiloé | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 42.567,68 | Ubicación: | Comuna de Castro, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 03 de enero de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 279, del 13/05/17, del Ministerio de Agricultura, declara la Reserva Forestal de Gamboa y Alcadeo de Rauco en la Provincia de Chiloé. D.S. 54, del 22/03/76, del Ministerio de Agricultura, declara Área de Protección en la isla grande de Chiloé. D.S. 79 del 14/03/78, Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal Chepu. D.S. 734, del 17/11/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal RF que indica y declara el Parque Nacional "Chiloé". D.S. 368, del 27/12/2000, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta y afecta terrenos como Parque Nacional en la Región de Los Lagos. | | |
| Características de Importancia: | Está conformado por dos sectores denominados Cucao y Chepu, y por una isla ubicada frente al sector de Chepu, llamada Isla Metalqui. El Parque se ubica sobre una vertiente occidental de la cordillera de la Costa, que en la isla se denomina cordillera de Piuché, y en las planicies litorales. Las especies más representativas son el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*), el mañío (*Podocarpus nubigena*), la luma (*Amomyrtus luma*), el maqui (*Aristotelia chilensis*), entre otras. En el bosque siempreverde destaca el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uvifera*), el tepú (*Tepualia stipularis*), el canelo (*Drimys winteri*), además de la presencia de alerce (*Fitzroya cupressoide*). De la fauna podemos mencionar a la güiña (*Felis guigna*), el huillín (*Lontra provocax*), el pudú (*Pudu pudu*), el zorro chilote (*Pseudalopex fulvipes*), entre otras. La avifauna es abundante, con especies como el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*), la torcaza (*Columba araucana*), el choroy (*Enicognathus leptorhynchus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), el quetru volador (*Tachyeres patachonicus*). Esta unidad tiene además la categoría de Santuario de la Naturaleza "Potrero de Anay". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 203 N° 281 del Registro de Propiedad del año 1936, del C.B.R. de Ancud; Fjs. 219 vta. N° 341 del año 1936; Fjs. 243 vta. N° 246 año 1948; Fjs. 153 N° 206 del año 1971, todos del Registro de Propiedad del C.B.R. Castro a mayor cabida; Fjs. 173 N° 213, del Registro de Propiedad del año 1982, del C.B.R. de Ancud (específicamente ampara sector isla Metalqui). | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 734, del 17/11/82, del Ministerio de Agricultura, publicado en el D.O., con fecha 03/01/83. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas de superposición de límites y carencia de servidumbre para libre acceso a los diversos sectores. Asimismo, se ha informado de pretensiones de uso de terrenos del AP y de actividad minera. | | |

## Ficha N° 26. Parque Nacional Hornopirén

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/26 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Hornopirén | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 48.232 | Ubicación: | Comunas de Hualaihué y Cochamó, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de diciembre de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 884, del 19/10/88, del Ministerio de Bienes Nacionales. Resolución N° 567, del 05/06/2007, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional el área de las cuencas de los ríos Puelo y Cochamó. | | |
| Características de Importancia: | El PN Hornopirén está inserto en las regiones vegetacionales del bosque laurifolio, del bosque andinopatagónico y del bosque siempreverde y de las turberas. Esta unidad presenta una gran cantidad de asociaciones vegetacionales, siendo las especies más representativas el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*) el mañío macho (*Podocarpus nubigena*), el ulmo (*Eucryphia cordifolia*), el tineo (*Weinmannia ticosperma*), el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el alerce (*Fitzroya cupressoides*). Entre la fauna podemos encontrar la güiña (*Oncefelis guigna*), el huillín (*Lontra provocax*), el pudú (*Pudu pudu*), el quique (*Galictis cuja*), el puma (*Puma concolor*), el chungungo (*Lontra felina*), los zorros chilla y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*). La avifauna también es abundante y se observa la presencia de cisnes de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*), cóndores (*Vultur gryphus*), choroyes (*Enicognathus leptorhynchus*), carpinteros negros (*Campephilus magellanicus*), entre otros. Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco, en mayor cabida a Fjs. 128 N° 146 en el Registro de Propiedad del año 1899, del C.B.R. de Calbuco; a Fjs. 79 N° 112, a Fjs. 230 N° 354 Fjs. 231 N° 355 en el Registro de Propiedades del año 1958 y 1959 respectivamente, del C.B.R. de Llanquihue. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 884, del 19/10/88, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O. de 22/12/88. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado imprecisión de deslindes con propietarios colindantes y pretensiones de comunidades indígenas. Actualmente el volcán Hornopirén está fuera de los límites de la unidad, lo que ha generado una presión por parte de las comunidades huilliches sobre el alerce. También existe precariedad de acceso a la unidad, se está en conversaciones con los siete propietarios que están a lo largo del camino de acceso para resolver esta situación. Además, se ha detectado corta de alerce.<br>OBSERVACIÓN MBN: plano X-5-206-CR bis indica una superficie de 49.837 ha al que se debe restar 1.605 ha de los lotes a1 y a2 quedando la superficie indicada en el D.S. N° 884 de 1988, es decir, 48.232 ha. | | |

## Ficha N° 27. Parque Nacional Isla Guamblín

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/27 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Isla Guamblín | **Categoría AP:** | Parque Nacional |
| **Superficie (ha):** | 10.625 | **Ubicación:** | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | CONAF | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 03 de julio de 1970 |
| **Normativa del Área:** | **D.S. 321**, del 01/06/67, de Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional "Isla Guamblín". | | |
| **Características de Importancia:** | Las especies de vegetación características de esta unidad son el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodrendon uvifera*), el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*) y el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*). Algunas de las especies representantes de la fauna en esta zona son el chucao (*Scelorchilus rubecula*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*), el huillín (*Lontra provocax*), el lobo fino austral (*Arctocephalus australis*), entre otras muchas. Las porciones de mar asociadas a esta unidad están consideradas como Zonas Preferentes para la Preservación de la Zonificación del Borde Costero de la Región de Aysén. Esta unidad también está considerada Sitio Prioritario para la Biodiversidad. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Inscrito a Fjs. 30 N° 68 del Registro de Propiedad de 1941 del C.B.R. de Aysén; Fjs. 225 N° 358, del año 1989 del C.B.R. Puerto Aysén, y Fjs. 22 N° 21, del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. de Puerto Cisnes. | | |
| **Deslindes:** | Información no disponible. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa caza furtiva esporádica de lobos marinos y pesca artesanal. Se observa inconsistencia en la cabida informada y la señalada con la página web de CONAF.<br>OBSERVACIÓN MBN: plano de CONAF escala 1: 50.000, con una superficie de 15.915 ha. | | |

## Ficha N° 28. Parque Nacional Corcovado

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/28 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Corcovado | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 293.986,44 | Ubicación: | Comuna de Chaitén, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de julio de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 2, del 07/01/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Parque Nacional "Corcovado". D.S. 12, del 26/01/2007, Ministerio de Bienes Nacionales, modifica el D.S. 2 del 2005. | | |
| Características de Importancia: | En esta área es donde los bosques templados lluviosos son más representativos, como son los siempreverdes de Puyuhuapi y matorrales caducifolios altomontanos. En estas zonas podemos encontrar especies de fauna como el huillín (*Lontra provocas*), la güiña (*Felis guigna*) el chungungo (*Lontra felina*) la becacina (*Gallinago paraguaiae*) y el puma (*Puma concolor*), entre otros. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos a nombre del Fisco de Chile a Fjs. 181 N° 163; Fjs. 182 N° 164; fs 183 N° 165; Fjs. 184 vta. N° 166 y Fjs. 185 vta. N° 167, del Registro de Propiedad del C.B.R. de Chaitén, todas del año 2006. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 02, del 07/01/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas de acceso terrestre. | | |

## Ficha N° 29. Parque Nacional Laguna San Rafael

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/29 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna San Rafael | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 1.742.000 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 28 de julio de 1959 |
| Normativa del Área: | D.S. 475, del 17/06/59, del Ministerio de Agricultura. Declara Parque Nacional de Turismo "Laguna San Rafael". D.S. 60, del 04/02/69, del Ministerio de Agricultura. D.S. 396, del 27/10/70, del Ministerio de Agricultura, amplia PN Laguna San Rafael. D.S. 420, del 13/07/83, del Ministerio de Bienes Nacionales. D.S. 737, del 23/11/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parte del PN Laguna San Rafael, incorpora nuevos terrenos y fija los nuevos deslindes de la unidad. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | Este parque es el más extenso de la XI Región y el segundo más grande de Chile. La gran variedad de ambientes permite la existencia de diversas especies de flora y fauna, muchas de las cuales sólo es posible observarlas en esta zona, numerosos ventisqueros como el San Rafael, San Quintín, Hueles y Steffens. Se pueden realizar actividades como montañismo, excursionismo, canotaje y camping; cuenta además con miradores para observar la fauna y flora del área. Declarado Reserva Nacional de la Biosfera por la UNESCO y además como Lugar de Interés Científico para Efectos Mineros. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941, en mayor cabida, del C.B.R. de Aysén. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 3 del D.S. 737, del 23/11/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., de 21/01/84. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. En ocasiones menos frecuentes ello puede ser conducente a la tala de árboles argumentando el desconocimiento del límite. Asimismo, se ha informado que no existe control sobre embarcaciones e ingreso terrestre por zonas aledañas al AP. Se ha reportado que existen sectores del AP que son utilizados para el desarrollo de actividades turísticas (excursiones) sin formalización con CONAF al respecto.<br>OBSERVACIÓN MBN: El D.S. 133 del año 1989 sólo menciona en el encabezamiento al Parque Nacional Queulat, faltando una descripción de los límites como se indica para las otras unidades mencionadas en este decreto. | | |

## Ficha N° 30. Parque Nacional Queulat

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/30 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Queulat | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 154.093 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de noviembre de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 63, del 04/02/69, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal Puerto Cisnes. D.S. 64, del 04/02/69, del Ministerio Agricultura, declara Reserva Forestal Puyuhuapi. D.S. 553, del 01/09/82, del Ministerio Bienes Nacionales, desafecta de su condición de tal a sector de la RF Puyuhuapi. D.S. 640, del 13/10/83, del Ministerio de Bienes Nacionales declara Parque Nacional "Queulat" sobre los terrenos de las ex Reservas Forestales Puerto Cisnes y Puyuhuapi. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | El bosque caducifolio de Aysén es la formación dominante en esta unidad. Presenta especies como coihues de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), radal (*Lomatia hirsuta*), ñirre (*Nothofagus antarctica*) y lenga (*Nothofagus pumilio*). Entre las especies de fauna características de esta región se encuentran mamíferos menores como el piche (*Euphractus pichiy*), el quirquincho patagónico (*Euphractus villosus*), el cuy chico (*Microcavia australis*) y la vizcacha del sur (*Lagidium wolffshni*), además del guanaco (*Lama guanacoe*) y el huemul (*Hippocamelus bisulcus*). La avifauna presente en la unidad incluye el pitío (*Colaptes pitius*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*), el traro (*Poliborus plancus*) y el aguilucho (*Buteo polyosoma*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941 del C.B.R. Aysén; en mayor cabida a Fjs. 22 N° 21, del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. de Cisnes. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 4 del D.S. 640, del 13/10/83, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa regularmente ingreso ilegal de animales domésticos y ganado por carretera austral. OBSERVACIÓN MBN: El decreto 133 del año 1989 sólo menciona en el encabezamiento al Parque Nacional Queulat, faltando una descripción de los límites como se indica para las otras unidades mencionadas en este decreto. | | |

## Ficha N° 31. Parque Nacional Isla Magdalena

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/31 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Magdalena | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 157.616 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 25 de mayo de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 36 del 10/01/67, del Ministerio de Agricultura. Declara Reserva Forestal Isla Magdalena en los terrenos fiscales que indica. D.S. 301, del 25/05/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal Reserva Forestal y declara Parque Nacional Isla Magdalena. | | |
| Características de Importancia: | El objetivo de esta reserva natural es proteger la avifauna del lugar como pingüinos, cormoranes (*Phalacrocorax sp.*), gaviotas (*Larus sp.*). En el lugar se encuentran una de las mayores pingüineras de Chile austral, cuya población se ha estimado en 60 mil parejas de pingüinos magallánicos (*Spheniscus magellanicus*), lo que constituye más del 95 por ciento de la biomasa avifaunística. En la isla más de 60 mil parejas de pingüinos vuelven a anidar año tras año en las mismas cuevas que construyen. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 50 N° 68, en mayor cabida en el Registro de Propiedad del año 1941 del C.B.R. Aysén; Fjs. 22 N° 21, en mayor cabido en el Registro de Propiedad del año 2003 del C.B.R. de Cisnes. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D.S. 301, del 25/05/83, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa existencia de residuos provenientes de la deriva marítima. | | |

## Ficha N° 32. Parque Nacional Bernardo O'Higgins

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/32 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bernardo O'Higgins | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 3.525.901 | Ubicación: | Comunas de Natales, Tortel y O'Higgins, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de agosto de 1969 |
| Normativa del Área: | D.S. 207, del 22/04/66, del Ministerio de Agricultura, declara PN de Turismo Laguna de Los Cisnes, Los Pingüinos y Monte Balmaceda. D.S. 264, del 22/07/69, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional Bernardo O'Higgins en la Provincia de Magallanes y deroga decreto que indica. D.S. 135, del 24/04/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal parte de la RF Alacalufes, incorpora parte de la Reserva Forestal Alacalufes y el PN Monte Balmaceda al PN Bernardo O'Higgins, ubicado en la XI y XII regiones. D.S. 392, del 14/06/89, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta sector del PN Bernardo O'Higgins. | | |
| Características de Importancia: | Está rodeado por los PN Laguna San Rafael, Los Glaciares (Argentina) y Torres del Paine, y las RF Alacalufes y Katalalixar. Es el PN más grande del país. Sin duda, una de sus principales atracciones es el glaciar Pío XI, del que se desprenden bloques de hielo de aproximadamente 30 pisos. El murallón que forma es de aproximadamente 75 m de altura y al caer forma olas de más de diez metros de altura. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 225 vta. N° 810, del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R., de Punta Arenas (global); 144 vta. N° 87 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. Ultima Esperanza; Fjs. 2 vta. N° 2, en mayor cabida del Registro de Propiedad del año 1980, del C.B.R. Cochrane. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 135, del 24/04/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., de 26/06/85. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. En ocasiones menos frecuentes ello puede ser conducente a la tala de árboles argumentando el desconocimiento del límite. En un ámbito menos impactante, pero igualmente válido para el propósito, existen sectores del AP que son utilizados para el desarrollo de actividades turísticas (excursiones) sin formalización con CONAF al respecto. Asimismo, se ha informado sobre la presencia de animales "asilvestrados" que afectan a los animales nativos. | | |

## Ficha N° 33. Parque Nacional Torres del Paine

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/33 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Torres del Paine | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 181.414 | Ubicación: | Comuna de Torres del Paine, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 25 de junio de 1959 |
| Normativa del Área: | D.S. 383, del 13/05/59, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Torres del Paine". D.S. 1050, del 05/12/61, del Ministerio de Agricultura, amplía extensión del PN de Turismo Lago Grey y declara que en lo sucesivo se denominará Parque Nacional de Turismo Torres del Paine. D.S. 148, del 30/04/70, del Ministerio de Agricultura, modifica clasificación del lote fiscal N° 7 y lo incorpora al PN Torres del Paine. D.S. 90, del 13/03/75, del Ministerio de Agricultura, modifica límites del PN Torres del Paine. D.S. 315, del 05/11/79, del Ministerio de Agricultura, modifica límites del PN Torres del Paine. D.S. 131, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de Interés Científico para efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | El área del parque está cubierto por un complejo sedimentario de elementos como pizarra oscura, arenisca, arenisca calcárea, caliza y margas, que se alternan comúnmente en capas delgadas. Las rocas más antiguas de la unidad están expuestas en la zona del Cerro Zapata y el Lago Pingo y corresponden al período del Jurásico superior, mientras las rocas sedimentarias, más jóvenes, corresponden al período del Cretácico superior, que se remonta a aproximadamente 60 millones de años. También están presentes tres regiones ecológicas: la del bosque andino patagónico, con la formación vegetacional del bosque caducifolio de Magallanes, la del bosque siempreverde y de las turberas, con la formación vegetacional del matorral periglaciar, y la del matorral y de la estepa patagónica, con la formación vegetacional de la estepa patagónica de Magallanes. Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Torres del Paine". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 133 vta. N° 86 en mayor cabida del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. Última Esperanza; Fjs. 144 vta. N° 87 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. de Última Esperanza (global); Fjs. 45 N° 36, en mayor cabida del Registro de Propiedad del año 1977, del C.B.R. Puerto Natales. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 315, del 05/11/79, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Existen conflictos respecto a límites que no han llegado a las instancias judiciales (ej. Estancia Lazo - PN Torres del Paine). Está el caso de la Estancia Cerro Paine, que se encuentra al interior del PN Torres del Paine, pero que no ha producido hasta la fecha conflictos de ninguna índole. Asimismo, se informa el riesgo de incendios forestales y contaminación como consecuencia de actividad turística deficientemente regulada y presión ganadera de propietarios colindantes.<br>OBSERVACIONES MBN: Plano CONAF Escala 1:100.000, Actualizado a mayo de 1986, con una superficie de 242.242 ha. En ningún plano o decreto se estipula la superficie que comprende el Parque Nacional Torres del Paine. | | |

## Ficha N° 34. Parque Nacional Pali Aike

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/34 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pali Aike | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 5.030 | Ubicación: | Comuna de San Gregorio, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de noviembre de 1970 |
| Normativa del Área: | D.S. 378, del 23/10/70, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional "Pali Aike". D.S. 900, del 21/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica límites y deslindes del PN Pali Aike. | | |
| Características de Importancia: | Los terrenos del Parque corresponden a un extenso campo volcánico, activo desde el Plioceno hasta nuestros días. En el Parque se pueden diferenciar tres eventos volcánicos posteriores a la última glaciación, el primero de los cuales generó lahares, en tanto que los dos eventos más recientes generaron conos, lavas y extensos escoriales. Al parecer, el último episodio volcánico, ocurrido hace menos de 15.000 años, dio origen al Cerro Diablo, ubicado en el límite del Parque con la República Argentina. El Parque está inserto en su totalidad en el matorral y la estepa patagónica y, dentro de ésta, en la formación vegetacional de la estepa patagónica de Magallanes, caracterizada por precipitaciones inferiores a los 500 mm anuales, lo que determina un paisaje vegetal de arbustos, hierbas cespitosas y gramíneas en champas, donde predominan variadas especies de coirones. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 2.537 N° 2.049 en mayor cabida del Registro de Propiedad del año 1989, del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | NORTE: línea fronteriza con la República Argentina. ESTE, SUR Y OESTE con terrenos del Asentamiento Campesino Bernardo O´Higgins. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa la existencia de caza furtiva e ingreso de ganado de propietarios aledaños. | | |

## Ficha N° 35. Parque Nacional Alberto de Agostini

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/35 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alberto de Agostini | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 1.460.000 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de febrero de 1965 |
| Normativa del Área: | D.S. 80, 22/01/65, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Alberto de Agostini". D.S. 330, del 02/06/67, del Ministerio Agricultura, modifica parte resolutiva del D.S.80. D.S. 252, del 11/07/69, del Ministerio de Agricultura, deroga el D.S.330, de 1967, y modifica el D.S. 80, de 1965 que creó el PN de Turismo Alberto de Agostini. D.S. 262, del 22/07/69, del Ministerio de Agricultura, declara PN de Turismo Hernando de Magallanes. D.S. 397, del 27/10/70, del Ministerio de Agricultura, declara las RF Isla Riesco y Holanda. D.S. 136, del 24/04/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica. D.S. N° 397 de 1970 del Ministerio de Agricultura, desafecta de su calidad de tal RF Holanda y parte del Parque Nacional Hernando de Magallanes, para incorporarlos al PN Alberto de Agostini. | | |
| Características de Importancia: | Es el tercer parque más grande del país. Tiene un gran número de glaciares y ventisqueros que se descuelgan por las laderas de sus montañas hacia los distintos fiordos, senos y canales. Se encuentran en la zona diversas especies, como lobos marinos (*Otaria flovescens*) y nutrias de mar o chungungo (*Lontra felina*). Llama la atención su exuberante vegetación, compuesta esencialmente de coigües (*Nothofagus dombeyi*) y canelos (*Drimys winteri*). Al interior de la cordillera de Darwin podemos encontrar una colonia de elefantes marinos (*Mirounga leonina*). Además, se encuentra el glaciar de Agostini, que está protegido en sus costados por altas barreras de montañas y donde se puede desembarcar sobre los hielos y la pampa Guanaco, donde frecuentemente se encuentran manadas de esta especie (*Lama guanicoe*). Parte de la superficie de este PN está declarado como Reserva de la Biosfera "Cabo de Hornos". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 221 vta. N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 3 del D.S. 136, del 24/04/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa de deficiencias de regulación de actividad turística en zonas de nidificación y reproducción de especies vulnerables, como de pesca artesanal y sus consecuencias. | | |

## Ficha N° 36. Parque Nacional Cabo de Hornos

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PN/36 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cabo de Hornos | Categoría AP: | Parque Nacional |
| Superficie (ha): | 63.093 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 25 de julio de 1945 |
| Normativa del Área: | D.S. 995, del 26/04/45, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional "Cabo de Hornos". | | |
| Características de Importancia: | Comprende el grupo de las islas Wollaston y el grupo de islas Hermite, en el extremo sur del continente americano, con una altitud que no sobrepasa los 220 m, excepto el cerro Pirámide, ubicado en el Cabo de Hornos (406 m). En cuanto a su vegetación, esta se caracteriza por ser de tipo bajo y denso, con predominio de turbales. Además el bosque se caracteriza por la presencia de coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y canelo (*Drimys winteri*), con pequeños sectores donde se encuentra leña dura (*Maytenus magellanica*) y ñirre (*Nothofagus antarctica*). Por otra parte, el Parque es hábitat de un importante número de mamíferos marinos y aves marinas. Parte de la superficie de esta unidad ha sido declarada Reserva de la Biosfera "Cabo de Hornos". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrita a Fjs. 24 N° 40, del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Porvenir. | | |
| Deslindes: | Norte, con Golfo de Nassau; Este, con el Océano Atlántico; Sur, con el Océano Antártico, y Oeste, con el Océano Pacífico y canal de Franklin. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado del ejercicio de pesca artesanal. | | |

## Ficha N° 37. Reserva Forestal Lago Peñuelas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Peñuelas | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 9.094 | Ubicación: | Comuna de Valparaíso, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de julio de 1952 |
| Normativa del Área: | D.S. 859, del 04/06/52, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara como Reserva Forestal del mismo nombre. D.S. 652, del 18/08/59, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo del mismo nombre. D.S. N° 284, de 20/08/70, del Ministerio de Agricultura, desafecta RF Lago Peñuelas y declara RF del mismo nombre. D.S. 07, del 10/01/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal parte de la RF Lago Peñuelas. D.S. 133, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara lugar de interés científico para efectos mineros RF Lago Peñuelas. | | |
| Características de Importancia: | El componente más importante del sistema hidrográfico de la Reserva lo constituye el lago Peñuelas, embalse artificial creado por gestión de don Federico Errázuriz, con el objeto de abastecer de agua potable a los sectores altos de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Los bosques presentan especies de quillay (*Quillaja saponaria*), peumo (*Cryptocarya alba*) y litre (*Lithrea caustica*), entre otras, los que albergan a una gran cantidad de aves y animales entre los que destacan, los zorros chilla y culpeo (*Pseudalopex griseus*, *Pseudalopex culpaeus*), el coipo (*Myocastor coypus*), el cururo (*Spalacopus cyanus*), el ratón chinchilla de Bennett (*Abrocoma bennetti*), la garza (*Egretta sp.*), el pato huala (*Podiceps major*), el peuco (*Parabuteo unicinctus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y, muy ocasionalmente, el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*). Declarada Reserva de la Biosfera en 1984 en conjunto con el Parque Nacional La Campana. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 444 vta. N° 1.120, del Registro de Propiedad del año 1903,C.B.R. Valparaíso; 197 N° 1.008, del Registro de Propiedad del año 1917 del C.B.R. Valparaíso; 226 N° 1.054, del Registro de Propiedad del año 1917 C.B.R. Valparaíso; 8725 N° 10.206, del año 1981 del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 8.722 N° 10.200, del Registro de Propiedad del año 1981 del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 8.794 N° 10.288, del Registro de Propiedad del año 1981 C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 8.727 N° 12.210, del año 1981 del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 8.721 N° 10.199, del año 1981 C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 8.660 N° 10.124, del Registro de Propiedad del año 1981 del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 10.741 N° 12.606, del Registro de Propiedad del año 1981, del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 1.0742 N° 12.608, del Registro de Propiedad del año 1981 del C.B.R. Valparaíso Particular (ESVAL); 180 vta. N° 328, del Registro de Propiedad del año 1983 del C.B.R. Casablanca Particular (ESVAL). | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 652, del 18/08/59, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se han informado situaciones como caza furtiva, hurto de leña, incendios forestales, pesca ilegal, captura de aves, expansión inmobiliaria y extracción de agua.<br>OBSERVACIÓN MBN: superficie original 9095 ha según decreto de creación. Por decreto N° 7, se desafectan 1,02 ha para el acceso a la Caleta Quintay. | | |

## Ficha N° 38. Reserva Forestal Federico Albert

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Federico Albert | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 145 | Ubicación: | Comuna de Chanco, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de julio de 1981 |
| Normativa del Área: | D.S. 257, del 25/05/81, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Reserva Forestal "Federico Albert". | | |
| Características de Importancia: | Superficie de bosque compuesto principalmente por eucaliptus (*Eucalyptus globulus*), pinos (*Pinus radiata*), cipreses (*Austrocedrus chilensis*) alcornoques (*Quercus suber*) y aromos (*Acacia farnesiana*). La Reserva presenta gran interés científico, ya que es el resultado de las plantaciones efectuadas a fines del siglo XIX por el doctor alemán Federico Albert para detener el avance de las dunas que estaban cubriendo extensos terrenos agrícolas y amenazaban con sepultar el pueblo. En el dosel de este bosque se pueden encontrar especies nativas que han crecido ayudadas por las condiciones del suelo, como el boldo (*Peumus boldus*), el peumo (*Cryptocarya alba*), el maitén (*Maytenus boaria*) y el litre (*Lithrea caustica*). Aunque la fauna es escasa, se pueden encontrar ejemplares de quique (*Galictis cuja*) y chingue (*Conepatus chinga*). Otras especies de fauna son las de los zorros culpeo y la chilla (*Pseudalopex culpaeus culpaeus* y *P. griseus*, respectivamente). De las aves existen dos especies: la torcaza (*Columba araucana*) y la becacina (*Gallinago y gallinago*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 56 N° 94; 39 vta. N° 71 y 31 vta. N° 40, en los Registros de Propiedad de los años 1904, 1907 y 1956, respectivamente, todos del C.B.R. de Chanco. | | |
| Deslindes: | Norte: Predio de Oscar Badilla; Este: Parte del predio de Oscar Badilla, predio de Esperanza Lavín viuda de Hurtado, Pueblo de Chanco, predios de Mario del Río, Alfredo Andaur y otros y Ricardo Valdés. Sur: Dunas de Chanco; y Oeste: Bosque Adulto Mixto, Dunas de Chanco y Bosque Adulto Mixto separado por cerco. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas y dificultades asociadas al fenómeno de expansión forestal de predios aledaños que se ha traducido en la disminución de la franja de amortiguación del AP. Asimismo, se ha informado de la presión de la comunidad aledaña en orden a realizar al interior del AP actividades incompatibles con los objetivos de conservación de la misma. Asimismo, se han reportado actividades como caza furtiva, extracción de leña, incendios forestales, etc. | | |

## Ficha N° 39. Reserva Forestal Ñuble

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ñuble | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 55.948 | Ubicación: | Comunas de Pinto y Antuco, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de enero de 1979 |
| Normativa del Área: | D.S. 384, del 24/11/78, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "Ñuble". | | |
| Características de Importancia: | En esta área se presentan bosques andinos de lenga (*Nothofagus pumilio*) y roble (*Nothofagus obliqua*); además, existe presencia de raulí (*Nothofagus alpina*), colihue (*Chusquea coleu*), Chaura (*Gaultheria phyllyreaefolia*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*), vautro (*Baccharis odovata*), copihue (*Lapageria rosea*), radal (*Lomatia hirsuta*) y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). De la fauna presente en la Reserva, existen especies como el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), la güiña (*Oncifelis guigna*), el huemul (*Hippocamelus bisulcus*). En aves existen el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), la becacina pintada (*Nycticryphes semicollaris*) y el cuervo del pantano (*Plegadis chihi*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 240 N° 231, del Registro de Propiedad del año 1969, del C.B.R. de Yungay. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el numeral 1, del D.S. 384, 24 de noviembre de 1978 del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la necesidad de reformular el decreto de creación; al revisar las escrituras se establece como parte del AP el predio El Trumao, esta tarea está pendiente por parte del Ministerio de Bienes Nacionales para efectuar los estudios o la tramitación para anexar este predio de 2.467 ha. También nuevo decreto debiera excluir 12.500 ha de propiedad de ENDESA (Alto Polcura), redefiniendo los límites de la RF que actualmente lo incluyen como propiedad inserta.<br>Perímetro con falta de precisión de los deslindes en los sectores; El Trumao (13 km), Las Catalinas (5 km), Alto Polcura (40 km). Además, se reporta problemas con el propietario vecino del sector Las Catalinas, Fundo El Cupón, quien alega que es dueño de parte del valle del mismo nombre. Según CONAF, está señalado claramente el deslinde entre su propiedad y el AP, por lo cual no hay problemas de interpretación.<br>Se reporta el ingreso de ganado por los vecinos colindantes, lo que contraviene aspectos ambientales en relación a la protección del hábitat del huemul, produciendo además daños al paisaje y a la vegetación nativa de la zona, lo que perjudica claramente a las poblaciones de huemules que habitan en áreas cercanas.<br>Superficie de Ocupación de terreno por Terceros: 50 ha sector Las Catalinas, 30 ha sector El Fuerte.<br>Tipo de Ocupantes (Comunidades Indígenas, pescadores, privados, otros) privado empresario, Superficie Reclamada por Terceros: 50 ha sector Las Catalinas y 30 ha sector El Fuerte.<br>Situación de Superficie según Propiedad y Tenencia: Superficie Fiscal: 62.575 ha, Superficie Propiedad Privada: 12.500 ha de ENDESA en predio inserto Alto Polcura. Superficie indefinida o dudosa: 50 ha en conflicto en sector Las Catalinas, 2467 ha aproximadas de predio EL Trumao, superficie Total: 77.542 ha y superficie bajo administración = 77.542 ha.<br>En otro orden de cosas, se ha informado de ocupación de veranadas por lugareños y la instalación de centrales hidroeléctricas aledañas.<br>OBSERVACIÓN MBN: según la planimetría la superficie es de 76.715 ha pero según el decreto y la información de CONAF la superficie es de 55.948 ha. | | |

## Ficha N° 40. Reserva Forestal Alto Biobío

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alto Biobío | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 33.050 | Ubicación: | Comuna de Lonquimay, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 6 de noviembre de 1912 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.935, del 06/11/12, del Ministerio de Relaciones Exteriores, declara Reserva Forestal "Alto Biobío". D.S. N° 10.342 y 4.969 del Ministerio de Tierras y Colonización de 25/11/29, se desafecta parte de su superficie. D.S. N° 133, del Ministerio de Agricultura, de 29/08/89, declara lugar de Interés Científico para Efectos Mineros. | | |
| Características de Importancia: | Esta unidad se encuentra inserta en la cuenca alta del río Biobío, parte en la cual es predominante la estepa fría. En los sectores de mejor suelo y mayor protección existen bosques de araucaria (*Araucaria araucana*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Sector Norte: NORTE, limita en partes con el río Tralilhue y límite internacional con la República Argentina. SUR, en partes con predio "Casa de Piedra" de propiedad de Manuel Segundo Catalán Lema; con predio de la señora Alejandrina Lema Mellado; en partes con propiedad sin nombre de Eleuterio Nahuelcheo Huemul; con predio denominado "Los Coigües" de propiedad de Elisardo García Fonseca y camino internacional que separa del predio denominado "Pinares", Rol 63x29 de propiedad de Angel María Méndez y que divide en dos sectores a la reserva. ESTE, en gran parte con el límite internacional con la República Argentina. OESTE, con predio "Los Coigües", de propiedad de Elisardo García Fonseca; en partes con propiedad sin nombre de Eleuterio Nahuelcheo Huemul y predio "Casa de Piedra", de propiedad de Manuel Segundo Catalán Lema, y río Tralilhue. Sector Sur: NORTE, con el predio denominado "Pinares", Rol 63x29 de propiedad de Ángel María Méndez; en partes con comunidad indígena Quiñelevi Meliqueo por estero Piedra Colorada. SUR, límite internacional con la República Argentina. ESTE, límite internacional con la República Argentina. OESTE, predio denominado "Piedra Colorada" de propiedad de Baldomero Silva Guerrero; en partes con el predio denominado "Entre Río", Rol 63x35 de propiedad de Anacleto Córdova Estrada y río Liucura que separa del predio del mismo nombre de propiedad de la Sucesión Palma Ríos. Sector Administración: NORTE, con predio denominado "Virgen del Carmen", de propiedad de Facundo Campos Barros; SUR con río Pino Solo, que separa de las propiedades denominadas "Pino Solo" de Ernesto Alfonso Palma-Río y predio "Las Pizarras" de propiedad de Hipólito Contreras Riquelme y con propiedad de Arístides Contreras Jara. ESTE, con propiedad denominada "Virgen del Carmen" de Facundo Campos Barros y predio "Las Pizarras" de Hipólito Contreras Riquelme. OESTE, con río Tralilhue. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Falta primera inscripción fiscal. Asimismo, se ha reportado la existencia de sobrepastoreo, veranadas, introducción de especies exóticas y problemas de tenencia de la tierra sin especificar. | | |

## Ficha N° 41. Reserva Forestal Malalcahuello

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Malalcahuello | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 12.789 | Ubicación: | Comunas de Curacautín y Lonquimay, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 31 de marzo de 1931 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.670, del 31/03/31, del Ministerio de la Propiedad Austral. Originalmente creado como Reserva Forestal, con una superficie inicial de 29.530 ha. D.S. N° 1.770 del mismo año 1931, se destinan 16.000 ha de terrenos de esta unidad a la colonización. Ley N° 12.020, del 14/04/56, destina 50 ha de terrenos de la RF. Ley N° 11.034, del 07/10/53, destina 200 ha aprox. de terrenos de la RF. D.S. N° 131, del 15/04/87, se anexan 620 ha de la Reserva Forestal al Parque Nacional Conguillío, en el sector Sierra Nevada. | | |
| Características de Importancia: | Como valor escénico en la Reserva está presente el volcán Lonquimay, el cual ocupa toda la sección norte. En la parte más baja se encuentra un bosque dominado por roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*), con un sotobosque compuesto por especies como radal (*Oristes myrtoidea*) y colihue (*Chusquea coleu*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 41 vta. N° 36, del Registro de propiedad del año 1958, del C.B.R. de Curacautín. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas derivados de fusión y posterior modificación de Decretos. Asimismo, se ha informado la existencia de presión de comunidades indígenas que invocan derechos ancestrales, las que además realizan uso extractivo de recursos existentes en el AP.<br>OBSERVACIÓN MBN: Superficies: según planimetría 12.770 ha, según CONAF 17.530 ha, según decreto 29.530 ha. El decreto 131 desafecta 620 ha y las incorpora al Parque Nacional Conguillío, con lo cual Malalcahuello quedaría con una superficie de 28.910 ha. | | |

## Ficha N° 42. Reserva Forestal Nalcas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Nalcas | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 17.530 | Ubicación: | Comuna de Lonquimay, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 6 de octubre de 1967 |
| Normativa del Área: | D.S. 2909, del 03/12/36, del Ministerio de Tierras y Colonización, venta de los fundos Contrato y Nalcas. D.S. 604, del 6/10/67, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "Nalcas". | | |
| Características de Importancia: | Esta área se encuentra dominada por bosques de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 25 N° 49, del Registro de Propiedad del año 1937, del C.B.R. de Victoria y Fjs. 468 N° 383, del Registro de Propiedad del año 1963, del C.B.R. de Curacautín. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas derivados de fusión y modificación de Decreto de creación. Asimismo, se ha informado de la existencia de sobrepastoreo.<br>OBSERVACIÓN MBN: existe plano de CONAF, escala 1:50.000, con una superficie de 21.545 ha que no concuerda con la indicada por CONAF. (Este plano incluye la RF Malalcahuello). | | |

## Ficha N° 43. Reserva Forestal Malleco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Malleco | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 16.625 | Ubicación: | Comuna de Collipulli, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 30 de septiembre de 1970 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.540, del 30/09/07, del Ministerio de Relaciones Exteriores, con una superficie original de 33.640 ha, declara RF Malleco. D.S. 2489, del 16/10/35, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional Tolhuaca con terrenos de la RF Malleco. D.S. 28, del 23/01/85, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | La superficie de la Reserva está cubierta de bosques nativos en un 80%, correspondiendo el 54% a bosques adultos y el 26% a renovales. La reserva está inserta en las regiones ecológicas del bosque caducifolio y bosque andino-patagónico. En la región del bosque andino-patagónico está presente la subregión de la cordillera de la Araucanía, donde se manifiesta la formación vegetacional del bosque caducifolio altoandino de araucaria (*Araucaria araucana*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Se encuentra inscrita a Fjs. 99 N° 146, del Registro de Propiedad del año 1909, del C.B.R. de Collipulli. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. Asimismo, se ha informado del ingreso de ganado al AP y riesgo de incendios forestales.<br>Observación MBN: existe plano de CONAF, escala 1:50.000, con una superficie de 16.625 ha. | | |

## Ficha N° 44. Reserva Forestal Villarrica

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Villarrica | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 72.462 | Ubicación: | Comunas de Melipeuco, Cunco, Pucón y Curarrehue, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | Información no disponible |
| Normativa del Área: | D.S. 1.722, del Ministerio de Industrias y Obras Públicas, de 18/10/12, declara la Reserva Forestal Villarrica. D.S. 2.230 del 08/11/13, del Ministerio de Industrias y Obras Públicas, se destinan terrenos a colonización (20.000 ha). D.S. 1.082, del 13/11/17, del Ministerio de Industrias y Obras Públicas, se desafectan terrenos de la Reserva (5 lotes, 127.480 ha). D.S. 378, del 21/06/25, del Ministerio de Tierras y Colonización, se declara el PN Benjamín Vicuña Mackenna, de 71.600 ha, formado en gran parte por terrenos pertenecientes a la Reserva. Este Parque Nacional constituyó el primero en su género en el país y tuvo una corta duración de 4 años. D.S. N° 8.129/3.654 del Ministerio de Tierras y Colonización del 22/07/29 se desafecta la RF y el PN, corrige superficie, define límites y se resuelve en definitiva los terrenos que conformarán la Reserva Forestal de Villarrica. D.S. N° 2.789 del Ministerio de la Propiedad Austral de 29/05/1931 se desafectan terrenos para la Aduana de Puesco y Reigolil. D.S. N° 1.435 del Ministerio de Tierras y Colonización de 14/07/1937 se anexa terreno de RF Llafenco de 226 ha. Resolución N° 547, del 10/04/2003, del SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional Comunas de Pucón y Villarrica. | | |
| Características de Importancia: | Es representativa de los bosques de araucaria (*Araucaria araucana*) y lenga (*Nothofagus pumilio*), presentes en la cordillera de los Andes. Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la fragmentación del área sin límites definidos, pretensiones mineras, amenazas provenientes de la instalación de las centrales hidroeléctricas de paso y la solicitud de terrenos pertenecientes al AP por parte de comunidades indígenas. | | |

## Ficha N° 45. Reserva Forestal China Muerta

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/09 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | China Muerta | **Categoría AP:** | Reserva Forestal |
| **Superficie (ha):** | 12.825 | **Ubicación:** | Comuna de Melipeuco, Región de La Araucanía |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | CONAF | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 27 de julio de 1968 |
| **Normativa del Área:** | **D.S. 330**, del 28/06/68, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "China Muerta". | | |
| **Características de Importancia:** | En esta área se encuentran mejor preservados los bosques de araucaria (*Araucaria araucana*), en asociación con matorrales de ñirre (*Nothofagus antarctica*) y en menor medida con bosques de coigüe (*Nothofagus dombeyi*), lenga (*Nothofagus pumilio*) y roble (*Nothofagus obliqua*). Especies de fauna presente son los zorros chilla y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*) y el puma (*Puma concolor*). Es parte de la Reserva de la Biosfera Las Araucarias. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Información no disponible. | | |
| **Deslindes:** | Están señalados en el D.S. 330, del 28/06/68, del Ministerio de Agricultura. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Falta primera inscripción fiscal. Se han reportado amenazas de incendio y corta ilegal de especies forestales. | | |

## Ficha N° 46. Reserva Forestal Llanquihue

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Llanquihue | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 33.972 | Ubicación: | Comuna de Puerto Varas, Puerto Montt y Cochamó, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de Mayo de 1912 |
| Normativa del Área: | D.S. 750, de 18/05/12; 1.256, de 08/08/12, y 1.662, de 15/09/14, todos del Ministerio de Relaciones Exteriores, por medio de los cuales se creó y amplió, respectivamente, la Reserva Forestal Llanquihue. D.S. 735, del 17/11/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal parte de la RF "Llanquihue" y declara PN Alerce Andino. D.S. 883, del 19/10/88, del Ministerio de Bienes Nacionales, fija deslindes definitivos y desafecta de su calidad de tal lote que indica de la RF "Llanquihue". Esta unidad tiene además la categoría de Reserva de la Biosfera "Bosques Templados lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Características de Importancia: | Se extiende sobre un macizo montañoso andino, que se encuentra separado del resto de la cordillera de los Andes por el lago Chapo al sur, por el estuario Relinchaba al este y por el río Petrohué al noreste. Destaca el cono del volcán Calbuco con una altura de 2.015 m.s.n.m., el cual registra su última erupción en marzo de 1961. La vegetación corresponde al tipo forestal siempreverde en el que destacan especies como tepas (*Laureliopsis philipiana*), mañíos (*Podocarpus nibigena*), coigües (*Nothofagus dombeyi*), tiacas (*Caldcluvia paniculata*) y lumas (*Amomyrtus luma*). En el estrato inferior predomina la quila (*Chusquea quila*). Entre los mamíferos se encuentran pumas (*Puma concolor*), güiñas (*Oncefelis guigna*), pudúes (*Pudu pudu*) y el gato montés (*Oreailirus jacobita*), entre otros. Entre las aves predominan los peucos (*Parabuteo unicinctus*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*) y el cóndor (*Vultur gryphus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripciones a nombre del Fisco, de mayor cabida, a Fjs. 130 N° 104, a Fjs. 71 vta. N° 99 y a Fjs. 31 vta. N° 48 en el Registro de Propiedad de 1909, 1958 y 1966, respectivamente, del C.B.R. de Llanquihue, individualizado en el plano No. X-3-4005 CR. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D.S. 883, del 19/10/88, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Indefinición de límites. Existe hasta la fecha una superposición de deslindes en un sector de la unidad, el cual no se ha resuelto. Asimismo, se ha reportado corta ilegal de especies forestales y, en menor medida, la introducción de actividades ganaderas en el AP. | | |

## Ficha N° 47. Reserva Forestal Lago Palena

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Palena | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 49.415 | Ubicación: | Comuna de Futaleufú, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 30 de marzo de 1965 |
| Normativa del Área: | D.S. 159, del 26/02/65, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal Lago Palena. D.S. 278, del 14/08/70, del Ministerio de Agricultura, desafecta parte de su superficie. | | |
| Características de Importancia: | Presenta especies como coihues de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), radal (*Lomatia hirsuta*), ñirre (*Nothofagus antarctica*) y lenga (*Nothofagus pumilio*). Entre las especies de fauna características de esta región están los mamíferos menores como el piche (*Euphractus pichiy*), el quirquincho patagónico (*Euphractus villosus*), el cuy chico (*Microcavia australis*) y la vizcacha del sur (*Lagidium wolffshni*), además del guanaco (*Lama guanacoe*) y el huemul (*Hippocamelus bisulcus*). En la avifauna presente en la unidad encontramos el pitío (*Colaptes pitius*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*), el traro (*Poliborus plancus*) y el aguilucho (*Buteo polyosoma*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrita (global) a Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941 del C.B.R. Aysén; Fjs. 105 N° 42, del Registro de Propiedad del año 1973 del C.B.R. Chaitén; en Mayor Cabida a Fjs. 332 N° 38, del Registro de Propiedad del año 1974 del C.B.R. Chaitén y en mayor cabida a Fjs. 250 N° 332 del Registro de Propiedad año 2004 del C.B.R. Cisnes. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 159, del 26/02/65, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado el ingreso de animales a la RF debido a la inexistencia de cierre perimetral, y la fuerte limitación de acceso terrestre por territorio nacional. Esto último se ha traducido en escasa presencia institucional en la unidad.<br>OBSERVACIÓN MBN: Existe plano elaborado por CONAF con una superficie de 41.380 ha, escala 1:100.000 falta descontar 24 ha destinadas al Retén de Carabineros de Chile. Según decreto y CONAF la superficie sería de 49.415 ha, pero al trazar los límites según el decreto de creación, la superficie queda de 35.556 ha. | | |

## Ficha N° 48. Reserva Forestal Lago Rosselot

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Rosselot | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 12.725 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de noviembre de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 524, del 31/10/68, del Ministerio de Agricultura, declara PN Lago Rosselot. D.S. 640, del 13/10/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal, y declara Reserva Forestal Lago Rosselot. | | |
| Características de Importancia: | La vegetación predominante es el tipo siempreverde, donde destacan el coihue de Chiloé y magallánico (*Nothofagus nitida* y *N. betuloides*), el canelo (*Drimys winteri*), el notro (*Embothrium coccineum*) y el chilco (*Fuchsia magellanica*). Entre las especies de fauna, son comunes el zorro (*Pseudalpex culpaeus*), el coipo (*Myocastor coypus*), el pudú (*Pudu pudu*). Entre las aves es posible observar el cóndor (*Vultur gryphus*), el martín pescador (*Ceryle torcuata*) y el chucao (*Scelorchilus rubecula*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | En Mayor Cabida a Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941 del C.B.R. Puerto Aysén; En Mayor Cabida a Fjs. 24 N° 22, del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. Puerto Cisnes. | | |
| Deslindes: | Norte, propiedad de Pablo Leal Peña y Sucesión Juan Hepp; Este, ribera oeste del Lago Rosselot, terrenos ocupados por Francisco Peralta, ribera oeste del Lago Rosselot hasta la desembocadura del Estero El Rosado; Sur, propiedad de José Luis Loebel; y Oeste, propiedad de la Sucesión Helmut Hopperdietzel; Walter Hopperdietzel; terrenos ocupados por Audilio Gómez; propiedad de Luis Schilling Rosas; de Juan Emir Schilling Rosas; de la Sucesión Alfredo Schilling Rosas y Área Protección Forestal Poblado La Junta. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas, se ha informado sobre la introducción de animales domésticos a la unidad.<br>OBSERVACION MBN: Existe plano elaborado por el Ministerio de Agricultura (SAG), con una superficie de 12.390 ha de julio de 1968, escala 1:40.000. | | |

## Ficha N° 49. Reserva Forestal las Guaitecas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/13 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Las Guaitecas | **Categoría AP:** | Reserva Forestal |
| **Superficie (ha):** | 1.097.975 | **Ubicación:** | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | CONAF | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 28 de octubre de 1938 |
| **Normativa del Área:** | D.S. 2.612, de 28/10/38 del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Reserva Forestal "Las Guaitecas". **D.S. 536**, del 13/05/41, del Ministerio de Agricultura, agrega terrenos que se indican a la RF Las Guaitecas. **D.S. 1.270**, del 07/06/45, del Ministerio de Tierras y Colonización, deja sin efecto D.S. 536. **D.S. 47**, de 16/01/62, del Ministerio de Agricultura. **D.S. 68**, del 11/02/80, del Ministerio de Bienes Nacionales. **D.S. 420**, 13/07/83, del Ministerio de Agricultura, desafecta de su calidad de tal Reserva Forestal "Taitao", parte de la RF "Las Guaitecas" e incorpora a ésta nuevos terrenos. | | |
| **Características de Importancia:** | Las especies de vegetación características de esta unidad son el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodrendon uvifera*), el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*) y el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*). Algunas de las especies de fauna en esta zona son el chucao (*Scelorchilus rubecula*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*), el huillín (*Lontra provocax*) y el lobo fino austral (*Arctocephalus australis*), entre otras muchas. Las porciones de mar asociadas a esta unidad están consideradas como Zonas Preferentes para la Preservación en la Zonificación del Borde Costero de la Región de Aysén. Además, algunos sectores de esta unidad están también considerados como Zonas de Conservación de Extracción de Recursos Bentónicos o para la Acuicultura. Algunas islas como Ipún, la Bahía Anna Pink de esta unidad y sectores vecinos a ella están consideradas como Sitios Prioritarios para Biodiversidad, iniciativa que coordina el Ministerio del Medio Ambiente. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Mayor Cabida a Fjs. 50 N° 68 del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. Aysén; Mayor Cabida a Fjs. 22 vta. N° 21 del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. de Puerto Cisnes. | | |
| **Deslindes:** | Están señalados en el numeral 4, del D.S. 420, 13/07/83, del Ministerio de Agricultura. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de extracción de leña para calefacción y de riesgos asociados al otorgamiento de concesiones marítimas y acuícolas en sectores de la unidad. | | |

## Ficha N° 50. Reserva Forestal Cerro Castillo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/14 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Castillo | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 179.550 | Ubicación: | Comuna de Coyhaique y General Carrera, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de julio de 1970 |
| Normativa del Área: | D.S. 201, 19/06/70, de Ministerio de Agricultura, crea Reserva Forestal "Cerro Castillo". | | |
| Características de Importancia: | El árbol nativo predominante de la reserva es la lenga (*Nothofagus pumilio*), que es posible encontrar formando bosques puros entre los 600 y los 1.200 m.s.n.m. Entre la fauna y avifauna que vive en ella, están los huemules (*Hippocamelus bisulcus*), los guanacos (*Lama guanacoe*), los zorros (*Pseudalopex sp.*), los pumas (*Puma concolor*), los cóndores (*Vultur gryphus*) y las cachañas (*Enicognathus ferrugineus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | En Mayor Cabida a Fjs. 194 vta. N° 162 del Registro de Propiedad del año 1960, del C.B.R. Coyhaique. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 201, del 19/06/70, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Imprecisión de deslindes con propietarios colindantes. La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento de los deslindes en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. En ocasiones menos frecuentes ello puede ser conducente a la tala de árboles argumentando el desconocimiento del límite. En un ámbito menos impactante, pero igualmente válido para el propósito, existen sectores del AP que son utilizados para el desarrollo de actividades turísticas (excursiones) sin formalización, como asimismo, se da frecuentemente el atropello de huemules. | | |

## Ficha N° 51. Reserva Forestal Coyhaique

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/15 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Coyhaique | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 2.150 | Ubicación: | Comuna de Coyhaique, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 mayo de 1948 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.155, del 13/05/48, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara la Reserva Forestal Coyhaique. D.S. 198, del 02/04/68, del Ministerio de Agricultura, agrega terrenos a la RF. D.S. 88, del 10/02/77, del Ministerio de Agricultura, desafecta parte de su superficie. D.S. 112, del 17/04/80, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | El basamento geológico de la reserva consiste en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, propias de la cordillera de los Andes. Existe, además, un importante aporte de cenizas volcánicas, las que, junto con el material proveniente de la intemperización de las rocas, han generado un suelo muy delgado en los lugares de pendientes fuertes y más gruesos en las partes bajas y fondos de valles. Gran parte de la vegetación de la RF consiste en plantaciones de especies exóticas como el pino contorta (*Pinus contorta*) y alerce europeo (*Larix decidua*), las que, entre otras especies, forman un conjunto que corresponde a 717 ha, ubicadas de preferencia en las partes más bajas de la unidad. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | En Mayor Cabida a Fjs. 194 vta. N° 162, del Registro de Propiedad del año 1960, del C.B.R. de Coyhaique. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, ha informado de la introducción de especies exóticas de flora y fauna sin un plan de manejo. | | |

## Ficha N° 52. Reserva Forestal Lago Carlota

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/16 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Carlota | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 18.060 | Ubicación: | Comuna de Lago Verde, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de julio de 1965 |
| Normativa del Área: | D.S. 391, del 08/06/65, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "Lago Carlota". D.S. 329, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, amplía Reserva Forestal del mismo nombre. D.S. 204, del 23/06/70, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | La RF está inserta en su totalidad en la región del bosque andino patagónico y, dentro de la subregión de las cordilleras patagónicas, con representación de la formación vegetacional denominada bosque caducifolio de Aysén. Este tipo de bosque es muy homogéneo en su composición florística y estructura. Su dosel está ampliamente dominado por la lenga (*Nothofagus pumilio*), la que suele acompañarse de coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) y, en las partes más altas, de ñirre (*Nothofagus antarctica*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Puerto Aysén; Fjs. 194 vta. N° 162, del Registro de Propiedad del año 1960, del C.B.R. de Coyhaique; Fjs. 250 N° 322, del Registro de Propiedad del año 2004, del C.B.R. de Puerto Cisnes. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas de gestión, ha informado del ingreso de ganado de propietarios aledaños a la unidad y la introducción de especies exóticas (ciervo, jabalí y visón), como asimismo, caza ilegal de fauna nativa. | | |

## Ficha N° 53. Reserva Forestal Lago las Torres

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/17 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Las Torres | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 16.516 | Ubicación: | Comuna de Lago Verde, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de noviembre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 58, del 04/02/69, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional Lago Las Torres. D.S. 632, del 29/09/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal P.N, y declara Reserva Forestal "Lago Las Torres". D.S. 849, del 14/12/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica D.S. 632, especifica comuna y provincia donde se ubica la RF. | | |
| Características de Importancia: | La vegetación predominante es el tipo siempreverde, donde destacan el coihue de Chiloé y magallánico (*Nothofagus nitida* y *N. betuloides*), y el canelo (*Drimys winteri*). Entre las especies de fauna, son comunes el zorro (*Pseudalpex culpaeus*), el coipo (*Myocastor coypus*), el pudú (*Pudu pudu*). Entre las aves es posible observar el cóndor (*Vultur gryphus*), el martín pescador (*Ceryle torcuata*) y chucao (*Scelorchilus rubecula*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | En Mayor Cabida a Fjs. 50 N° 68 del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Aysén y Fjs. 250 N° 322, del Registro de Propiedad del año 2004, del C.B.R. de Puerto Cisnes. | | |
| Deslindes: | Norte: sucesión Manuel Opazo, Sociedad Ganadera Cisnes, Bernardino Márquez A., José Albornoz Ormedo, Antolín Aguilera A. y Florentino Arias M.; Este: Terrenos fiscales, República Argentina; Sur: José Medina Mendoza, Hugo Llamazari; y Oeste: Septimio Oyarzo, Río Brigginas, Juan Gálvez Aravena, Lago Las Torres, Mario Figueroa S., Juan Gálvez Aravena y Antonio Munil. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado que esta unidad no cuenta con Plan de Manejo. | | |

## Ficha N° 54. Reserva Forestal Katalalixar

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/18 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Katalalixar | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 674.500 | Ubicación: | Comuna de Tortel, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 14 de febrero de 1984 |
| Normativa del Área: | D.S. 320, de 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo El Guayaneco. D.S. 283, del 25/10/74, del Ministerio de Agricultura, declara la Reserva Forestal Río Pascua. D.S. 305, del 26/09/78, del Ministerio de Agricultura, declara reserva Forestal Río Pascua. D.S. 780, del 21/12/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tales al PN El Guayaneco y a la RF "Río Pascua" y declara Reserva Forestal "Katalalixar". | | |
| Características de Importancia: | En esta unidad podemos encontrar especies como el ciprés de las guaitecas (*Pilgerodrendon uvifera*), el coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*), y el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*). Algunas de las especies presentes de la fauna en esta zona son el chucao (*Scelorchilus rubecula*), el huillín (*Lontra provocax*) y el lobo fino austral (*Arctocephalus australis*). Las porciones de mar asociadas a esta unidad están consideradas como Zonas Preferentes para la Preservación en la Zonificación del Borde Costero de la Región de Aysén. Además, algunos sectores de esta unidad están también considerados como zonas de conservación, de Extracción de Recursos Bentónicos o para la Acuicultura. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | En Mayor Cabida a Fjs. 2 vta. N° 2, del Registro de Propiedad del año 1980 del C.B.R. Cochrane. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea imaginaria que nace en el Océano Pacífico o Mar Chileno frente al Cabo Mogotes de la isla Byron, continúa hacia la Boca de Canales incluyendo las islas Rugged, Ayauta y Grupos Reyes y Carreno. Desde este punto sigue por el Fiordo Pulpo y Fiordo del Este hasta su extremo más oriental y continuando en línea recta de dirección Este hasta el extremo Sur del ventisquero Steffen; Este: Sigue por el margen occidental de la Caja del Río Huemules y por el deslinde Oeste de las propiedades de Edwin Gallardo, Patricio Manríquez y terreno fiscal. Continúa hacia el Sur por el canal Troya y hacia el Oeste por el canal Baker, al Sur de las Islas Rómulo y Remo, hasta el canal Somerset, continuando por el canal Mesier en dirección Sur hasta el estrecho Search incluyendo la Isla Arturo y los islotes Dirección; Sur: Estrecho Search, continuando por estrecho Adalberto, cruza el canal Fallos y continúa por el estrecho del Castillo hasta la bahía Dineley, incluyendo las islas Ernesto y Héctor; y Oeste: Océano Pacífico o Mar Chileno desde la bahía Dineley hacia el Norte hasta el Cabo Mogotes de la isla Byron, incluyendo los islotes y roquerías aledaños a la costa. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de extracción ilegal de leña, daño a la población de huemul, uso del fuego, etc. Asimismo, se ha reportado la existencia de contaminación por residuos. | | |

## Ficha N° 55. Reserva Forestal Lago Cochrane

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/19 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Cochrane | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 8.361 | Ubicación: | Comuna de Cochrane, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 12 de julio de 1967 |
| Normativa del Área: | D.S. 327, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara la Reserva Forestal "Lago Cochrane". D.S. 339, del 06/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal Tamango. D.S. 1.608, del 09/10/67, del Ministerio de Tierras y Colonización. D.S. 657, del 10/11/67, del Ministerio de Agricultura, modifica D.S. 339. D.S. 273, del 06/03/68, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Al interior de la RF predomina el bosque caducifolio de Aysén, cuya especie representativa es la lenga (*Nothofagus pumilio*), el ñirre (*Nothofagus antarctica*), el ciruelillo o notro (*Embotrium coccineum*) y especies arbustivas. También se encuentra el chucao (*Scelorchilus rubecula*) y grandes rapaces como el cóndor (*Vultur gryphus*). Sin embargo, lo más destacado es la existencia de dos de los mamíferos terrestres más grandes de Chile, como son el guanaco (*Lama guanicoe*) y el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), siendo el área con mayor población conocida de este ciervo nativo. Otras especies posibles de observar son el puma (*Puma concolor*), el zorro gris (*Pseudalopex griseus*) y diversos roedores. Entre las aves es común observar el cóndor (*Vultur gryphus*) y el martín pescador (*Ceryle torcuato*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Mayor Cabida a Fjs. 50 N° 68, del Registro Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Aysén; y a Fjs. 2 N° 2, del Registro Propiedad del año1980, del C.B.R. de Cochrane. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de ataques de perros asilvestrados afectando población de huemules, ingreso de ganado de propietarios aledaños, ingreso no controlado vía lacustre de visitantes y pescadores y extracción de hongos. | | |

## Ficha N° 56. Reserva Forestal Alacalufes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/20 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alacalufes | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 2.313.875 | Ubicación: | Comuna de Natales, Río Verde y Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de marzo de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 263, del 22/07/69, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional Hernando de Magallanes. D.S. 304, del 26/08/69, del Ministerio de Agricultura, modifica D.S. 263. D.S. 397, del 27/10/70, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal Isla Riesco. D.S. 135, del 24/04/85, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parte de su superficie. D.S. 618, del 03/12/87, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal PN Hernando de Magallanes, e incorpora los terrenos de esta última unidad y de la RF Isla Riesco, a la Reserva Forestal "Alacalufes" y fija límites definitivos de ésta. | | |
| Características de Importancia: | La vegetación está compuesta por herbazales costeros, matorrales costeros, formaciones de coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y alerzales (*Fitzroya cupressoides*). Los principales exponentes son la lenga (*Nothofagus pumilio*), el ñirre (*Nothofagus antarctica*), el canelo (*Drimys winteri*) y el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uvifera*), mientras que la fauna la compone una gran variedad de aves y mamíferos, destacando la fauna marina, compuesta por el delfín austral (*Lagenorhynchus crucigen*), los lobos de mar (*Otaria byronia*) y las ballenas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Global a Fjs. 221 vta. N° 810, del Registro Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes; en Mayor Cabida a Fjs. 144 vta. N° 87, del Registro de Propiedad del año 1964 del C.B.R. de Puerto Natales. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están descritos en el numeral 3, del D.S. 618, del 03/12/87, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de corte ilegal de ciprés y de leña, en general pesca ilegal y contaminación por residuos. | | |

## Ficha N° 57. Reserva Forestal Laguna Parrillar

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/21 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Parrillar | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 18.814 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 20 de mayo de 1977 |
| Normativa del Área: | D.S. 245, del 22/04/77, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "Laguna Parrillar". D.S. 147, del 17/04/71, del Ministerio de Agricultura, agrega "Área de Protección Laguna Parrillar" a la RF. D.S. 423, del 22/06/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parte de su superficie. D.S. 123, del 12/11/84, del Ministerio de Agricultura, desafecta "Área de Protección Laguna Parrillar". D.S. 19, del 11/03/93, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | La reserva se ubica en el sector oeste del geosinclinal de Magallanes con predominio de formaciones sedimentarias del Cretácico superior, y algunos fósiles marinos de dicho período. Sobre estas formaciones sedimentarias se sobreponen complejos arcillosos. Existen abundantes mantos de carbón que han sido explotados desde mediados del siglo XIX. De acuerdo a las condiciones microclimáticas, de exposición y de suelos, en la reserva podemos encontrar comunidades vegetacionales como la lenga (*Nothofagus pumilio*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Global a Fjs. 221 N° 810 del Registro de propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de la introducción de especies exóticas (castores, etc.) y ganado doméstico, como asimismo, la existencia de contaminación por residuos. | | |

## Ficha N° 58. Reserva Forestal Magallanes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RF/22 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Magallanes | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 13.500 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de febrero de 1932 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.093, del 13/02/32, del Ministerio de Tierras y Colonización, destina terrenos para la creación de la RF. D.S. 2.444, del 23/11/39, del Ministerio de Tierras y Colonización, incorpora terrenos a la RF. | | |
| Características de Importancia: | La reserva se ubica en el sector suroeste de la cuenca sedimentaria de Magallanes, con predominio de formaciones del Cretácico superior. Esta cuenca se asienta sobre rocas metamórficas, probablemente precámbricas. Sobre estas formaciones sedimentarias se sobreponen complejos arcillosos, según las condiciones microclimáticas de exposición y de suelo. En la Reserva se pueden encontrar tres comunidades vegetacionales: el bosque magallánico caducifolio, el bosque magallánico mixto y los turbales. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Global a Fjs. 221 vta. N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas de delimitación y deslindes. Asimismo, se ha informado de la introducción de animales domésticos. | | |

## Ficha N° 59. Reserva Nacional Las Vicuñas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Vicuñas | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 209.131 | Ubicación: | Comuna de Putre, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Coexiste propiedad del Fisco de Chile y propiedades privadas. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 12 de mayo de 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 29, del 08/03/83, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Las Vicuñas" y Monumento Natural "Salar de Surire", y los declara zona de "Interés Científico". | | |
| Características de Importancia: | Esta reserva comprende cinco ecosistemas de matorral bajo de altitud, siendo el de mayor extensión en el área el matorral andino de tola amarga y paja brava. Fue declarada como Reserva de la Biosfera Lauca, junto con el PN Lauca y el MN Salar de Surire. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Global a Fjs. 25 vta. N° 60, del Registro de Propiedad del año 1935 del C.B.R. de Arica; Global a Fjs. 78 N° 77, del Registro de Propiedad del año 1985 del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el numeral 2, del D.S. 29, del 08/03/83, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que la detentación de derechos por parte de particulares, al interior del AP, es propio de la realidad regional, por lo que la gestión en dichas áreas se ejerce en reconocimiento de múltiples títulos de propiedad de particulares (indígenas aymara, mayoritariamente), que a la fecha de hoy conforman importantes sucesiones (comunidades). Lo anterior ha obligado a realizar un trabajo de protección y cuidado en base a políticas de relación, cooperación y logro de acuerdos o consensos de largo aliento con las comunidades sucesoriales que detentan derechos sobre dichos lugares, situación que dificulta, en cierto grado, la capacidad de gestión y toma de decisiones. Sin embargo lo anterior no implica, en todos los casos, que dichas comunidades o las personas que las integran, realicen usos ajenos de dichas tierras al objetivo de protección del área, lo que se puede manifestar por ejemplo en el éxito de las políticas sobre manejo sustentable y sostenibilidad productiva de la vicuña, ejecución de planes sociales de desarrollo comunitario, como lo es el Proyecto de Gestión Territorial y el Programa Orígenes, para ayudar a mejorar la calidad de vida de las comunidades del lugar, además de otros programas como lo son los de educación ambiental y extensión forestal, éste último, fuera del AP. Sin perjuicio de todo esto, no es menos cierto que existe la amenaza de sectores productivos, en especial minería, que podrían entablar negociaciones con los propietarios por el uso del terreno y de los recursos hídricos. Asimismo, se ha reportado la existencia de caza furtiva (vicuñas, etc.). | | |

## Ficha N° 60. Reserva Nacional Pampa del Tamarugal

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pampa del Tamarugal | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 100.650 | Ubicación: | Comuna de Pozo Almonte y Huara, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de abril de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 207, del 18/12/87, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional Pampa del Tamarugal. D.S. 310, del 26/09/94, del Ministerio de Agricultura, amplía la superficie Lote 3 Reserva Nacional Pampa del Tamarugal. | | |
| Características de Importancia: | El principal atractivo de esta unidad es el hecho que pese a encontrarse en un área clasificada climáticamente como de desierto absoluto, se pueden encontrar formaciones boscosas correspondientes a especies de tamarugo (*Prosopis tamarugo*) y algarrobo (*Prosopis alba*). En cuanto a la fauna están presentes especies como el quique (*Galictus cuja*) el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), el lagarto del desierto (*Tropidurus tarapacensis*) y en aves, el comesebo de los tamarugos (*Conirostrum tamarugense*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos en mayor cabida, a Fjs. 78 N° 77 del Registro de Propiedad del año 1985; a Fjs. 128 vta. N° 122 del Registro de Propiedad del año 1982; Fjs. 1.388 vta. N° 1.365 del Registro de Propiedad del año 1983 y Fjs. 207 N° 196 del Registro de Propiedad del año 1984, todas del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 207, del 18/12/87, del Ministerio de Agricultura. Lote "3", está descrito en el D.S. 310, del 26/09/94, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que existe superposición de terreno con la Fuerza Aérea de Chile, pero esta situación no está judicializada. Actualmente se está en la etapa de corrección administrativa (medición de límites para posteriormente tomar decisión de desafectación). Actualmente existe el proyecto Pampa Hermosa de SQM ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, cuya ejecución pudiera afectar el nivel freático de la pampa y por tanto, la sobrevivencia de parte de los tamarugos de la RN. Asimismo, se ha informado de extracción de agua del acuífero del Tamarugal por parte de empresa minera y cortas no autorizadas. | | |

## Ficha N° 61. Reserva Nacional la Chimba

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | La Chimba | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 2.583,37 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de julio de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 71, del 12 de mayo de 1988, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Esta unidad es representativa del ecosistema del desierto costero, caracterizado por la predominancia de plantas suculentas, especialmente cactus. Respecto a la fauna existen varias especies de mamíferos, vampiro y zorro chilla. Además existen dos especies de reptiles, la culebra de cola corta y la culebra de cola larga. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 635 N° 754 del Registro de Propiedad del año 1965, del C.B.R. de Antofagasta. | | |
| Deslindes: | NORTE: con terrenos fiscales, en una línea poligonal que une la cota 857 con la cota 936 y continuando de ahí a una altura no determinada. ORIENTE: con terrenos fiscales en una línea que continúa la poligonal a la cota 1.070 y de ahí a la cota 982. SUR: con terrenos fiscales, en una línea que continúa la poligonal desde la cota 982, hasta una altura Indeterminada y desde allí hasta la cota 876. PONIENTE: con terrenos fiscales, en una línea que continúa la poligonal desde la cota 876 a la cota 624; de ahí prosigue hasta una altura no determinada, luego empalma en línea recta con otra altura no determinada y de ahí sigue hasta la cota 857. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión, se ha informado de la extracción ilegal de áridos y de flora nativa endémica. | | |

## Ficha N° 62. Reserva Nacional los Flamencos

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/04 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Los Flamencos | **Categoría AP:** | Reserva Nacional |
| **Superficie (ha):** | 73.986,5 | **Ubicación:** | Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | CONAF | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 17 de octubre de 1990 |
| **Normativa del Área:** | D.S. 50, 02/04/90, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Los Flamencos" y Lugar de Interés Científico para Efectos Mineros. D. Ex. 71, del 28/04/2010, del Ministerio de Minería, concede permiso para ejecutar labores mineras en lugar de interés científico para efectos mineros. | | |
| **Características de Importancia:** | Protección de Salares, flora y fauna del altiplano Chileno. Salar de Tara, Salar de Aguas Calientes y Salar de Pujsa, ubicados en el Altiplano; Lagunas Miscanti, Miñiques, Valle de La Luna y Tambillo, en el sector del Salar de Atacama. Algunas especies vegetales presentes en la zona son la tola (*Senecio sp.*), la llareta (*Azorella compacta*), la paja brava (*Festuca ortophylla*). En el sector de Tambillo existe un bosque de 370 ha de tamarugos (*Prosopis tamarugo*). Las especies de fauna presentes son la vicuña (*Vicugna vicugna*), el zorro culpeo y el zorro gris (*Pseudalopex culpaeus* y *Pseudalopex griseus*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*); el cóndor (*Vultur gryphus*), la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*), la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), la gaviota andina (*Larus serranus*), perdicita cordillerana (*Attagis gayi*) y el piuquén (*Chloephaga melanoptera*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 34 N° 28, del Registro de Propiedad de 1933 del C.B.R. de Loa-Calama singularizada en el Plano N° II-3-3233 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas, se ha informado de problemas asociados a extracción de recursos hídricos por actividades mineras como asimismo ingreso de visitantes no controlado. | | |

## Ficha N° 63. Reserva Nacional Pingüino de Humboldt

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pingüino de Humboldt | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 859,3 | Ubicación: | Comuna de Freirina y La Higuera, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de junio de 1990 |
| Normativa del Área: | D.S. 4, del 03/01/90 del Ministerio de Minería, declara Reserva Nacional "Pingüino de Humboldt", en el Art. Cuarto, del mismo decreto es declarado "Lugar de Interés Científico para Efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | Protección de especies terrestres y marinas. Esta reserva está inserta en el ambiente de matorral desértico costero, el cual está dominada por la presencia de vinagrillo (*Oxalis gigantea*) y palo negro (*Heliotropium stenophyllum*), además de cactáceas (*Trichocereus decumbens*, *Eulychnia castanea*, *Copiapoa* y *Neoporteria*), amancay (*Balbisia peduncularis*) y manzanilla (*Helenium aromaticum*). Las especies de fauna representadas en la reserva son la yaca (*Thylamys elegans*), el chungungo (*Lontra felina*), el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y el lobo marino (*Otaria flavescens*). Entre las aves están el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), el pato yunco (*Pelecanoides garmoti*), la bandurria (*Theristicus caudatus*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el piquero (*Sula variegata*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 11, N° 14, en el Registro de Propiedad del año 1972, del C.B.R. de Freirina y a Fjs. 327 N° 329, en el Registro de Propiedad del año 1989, del C.B.R. de La Serena. | | |
| Deslindes: | Isla Chañaral: Superficie: 507,3 ha. Deslindes: Norte, Sur, Este y oeste: El mar chileno. Isla Choros: Superficie 291,7 ha. Deslindes Norte, Sur, Este y Oeste: El mar chileno. Isla Damas: Superficie 60,3 ha. Deslindes: Norte, Sur, Este y oeste: El mar chileno. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Destaca la presión por la actividad de pescadores artesanales. Esto implica una presión importante para la extracción de algas marinas ("huiro"), ejerciendo cierto furtivismo para su ingreso e intervención. Asimismo, se informa de afluencia de gran número de visitantes a la isla sin contar con personal de control y de la extracción de recursos hidrobiológicos. | | |

## Ficha N° 64. Reserva Nacional Las Chinchillas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Chinchillas | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 4.229 | Ubicación: | Comuna de Illapel, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de febrero de 1984 |
| Normativa del Área: | D.S. 153, del 30 de noviembre de 1983, del Ministerio de Agricultura, declara RN Las Chinchillas. | | |
| Características de Importancia: | Debe su nombre a las comunidades de chinchilla chilena, presentes en el lugar. Esta especie endémica de Chile es un roedor que durante muchos años fue ferozmente explotado para la confección de finas pieles. Esta reserva presenta especies de flora, como colliguay (*Colliguaja odorifera*), pacul (*Krameria cistpoidea*), olivillo del norte (*Proustia baccharoides*) y chagual (*Puya bereteroniana*). En cuanto a la fauna, aparte de la ya mencionada chinchilla costina (*Chinchilla lanigera*), existen otras especies como el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), el degú costino (*Octodon lunatus*), el quique (*Galictis cuja*) y el puma (*Puma concolor*). Las aves presentes están representadas por el cóndor (*Vultur gryphus*), la torcaza (*Columba araucana*) y la bandurria (*Theristicus caudatus*). Dentro de los reptiles se presentan varias especies de lagartijas (*Liolaemus lemniscatus*, *Liolaemus nitudus* y *Liolaemus fuscus*), además de la culebra de cola corta (*Phylodryas chamissonis*). También existe una especie de anfibio, el sapo (*Bufo chilensis*). Esta área fue declarada como Reserva de la Biosfera, junto con el Parque Nacional Bosque Fray Jorge. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 410, N° 354, del Registro de Propiedad, del año 1983 del C.B.R. de Illapel. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 153, del 30 de noviembre de 1983, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa de la existencia de actividad minera y ganadera por parte de propietarios colindantes. | | |

## Ficha N° 65. Reserva Nacional Río Blanco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Blanco | Categoría AP: | Reserva Forestal |
| Superficie (ha): | 10.175 | Ubicación: | Comuna de Los Andes, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Privados | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Información no disponible. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de mayo 1932 |
| Normativa del Área: | D.S. 2.499, 10/05/32, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Reserva Forestal "Río Blanco" en terrenos señalados. D.S. 871, del 06/09/57, del Ministerio de Agricultura, fija cabida y límites de la RF. D.S. 66, del 10/02/77, del Ministerio de Tierras y Colonización. | | |
| Características de Importancia: | Constituye una muestra de ambientes montañosos, con hermosas vistas a la cordillera de los Andes y al valle del río Aconcagua. | | |
| Régimen de dominio: | Información no disponible. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 244 N° 366, del Registro de Propiedad del año 1925, del C.B.R. de Los Andes. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión.<br>Observación MBN: plano elaborado por CONAF, escala 1:50.000. la superficie medida en el plano es de 4.675 ha. | | |

## Ficha N° 66. Reserva Nacional el Yali

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | El Yali | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 520,37 | Ubicación: | Comuna de Santo Domingo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 31 de mayo 1996 |
| Normativa del Área: | D.S. 41, del 23/05/96, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional El Yali. D.S. 143, del 29/08/1998, del Ministerio de Agricultura, declara Área de Prohibición de Caza. | | |
| Características de Importancia: | Protección de humedal y de especies terrestres y marinas. Esta Reserva fue declarada como Humedal de Importancia Internacional (Sitio Ramsar), ya que se encuentran representadas el 25 por ciento de las especies de aves que viven en Chile. En invierno presenta una de las más altas poblaciones de chorlo chileno (*Charadrius modestus*). Otras especies de importancia son la huala (*Podiceps major*), la garza grande (*Casmerodius albus*), la garza cuca (*Ardea cocoi*), el uairavillo (*Ixobrychus involucris*), el cuervo de pantano (*Plegadis chihi*), la bandurria (*Theristicus caudatus*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el pato jergón (*Anas georgica*), el pato real (*Anas sibilatrix*), el pato gargantillo (*Anas bahamensis*), el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), la tagua (*Fulica armillata*) y la gaviota cáhuil (*Larus maculipennis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito, en mayor cabida, a Fjs. 844 vta. N° 1052, en el Registro de Propiedad de 1971, del C.B.R. de San Antonio.; Inscripción Especifica a Fjs. 550 vta. N° 489 del Registro de Propiedad del año 2001, del C.B.R. de San Antonio. | | |
| Deslindes: | Noreste: Con Hijuela ex-Hacienda El Peumo, en línea quebrada del tramo B-G, dividiendo de allí la Laguna Matanzas en línea Imaginaria de 2.770 m a través del tramo G-H, siguiendo por el Estero Las Rosas hasta el vértice I, continúa en línea recta limitando hoy con varios propietarios en el tramo I-J. Sureste: Con parte del terreno de la Sociedad Agrícola y Comercial Guillermo Ferias Castro y Cía., hoy varios propietarios, a través de una línea sinuosa a 100 m de las aguas de la Laguna Matanzas en su cota máxima, lo que se define en el tramo J-K, luego continúa en línea quebrada tramo K-L, siguiendo en línea sinuosa en su cota máxima, definida por tramo I,-M y con terreno de la Sociedad Agrícola El Convento, en línea quebrada que rodea la Laguna Colejuda en el tramo M-N. Luego en línea quebrada en el tramo N-R, en línea recta que lo separa de terrenos de otro propietario en tramo R-S y en línea quebrada en el tramo S-T, con terrenos de la Sociedad Agrícola El Convento en línea quebrada en el tramo T-U. Suroeste: Con estero EL Yali, en línea sinuosa definido por tramo U-A. Noroeste: Con Océano Pacífico (Mar chileno). Deslindes de la Isla, Superficie 2,85 ha. Noreste: Con Estero El Yali, en línea sinuosa determinada por tramo V-W. Sur: Con Estero Yali, en línea sinuosa definida por tramo W-X. Noroeste: Con Estero El Yali, en línea sinuosa determinada por tramo X-V. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de extracción de aguas subterráneas, quemas ilegales y problemas asociados a expansión urbana, como también ingreso ilegal de vehículos, personas y animales domésticos. Asimismo, se ha reportado la existencia de caza y pesca furtiva. | | |

## Ficha N° 67. Reserva Nacional Río Clarillo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Clarillo | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 10.185 | Ubicación: | Comuna de Pirque, Región Metropolitana |
| Propietario: | CONAF | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 05 de marzo de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 106, del 17/03/70, del Ministerio de Agricultura, prohíbe la corta de árboles en terrenos que indica. D.S. 68, del 07/05/81, del Ministerio de Minería, declara lugar de interés científico. D.S. 19, del 29/01/82, del Ministerio de Agricultura, declara la Reserva Nacional Río Clarillo. Esta se encuentra inserta en la Zona de Preservación Ecológica del Plano Regulador de Santiago. | | |
| Características de Importancia: | La cuenca del río Clarillo se encuentra ubicada por completo en la formación del batolito andino granítico, conformado por rocas ígneas del tipo de las dioritas y granodioritas que, en general, presentan coloraciones claras. Desde un punto de vista litológico, la Reserva es rica en cuarzo, plagioclasas, ortoclasas y biotitas. La cuenca es de origen fluvio-glaciar y se desarrolla en un sentido general de oeste a este en su parte baja y de norte a sur en su parte media y alta, con una diferencia de altura que va desde los 850 m.s.n.m. en el acceso hasta los 3.057 m.s.n.m. en el cerro los Cristales. Los suelos son de textura suelta, arenosa, delgada y de escaso desarrollo, con profundidades máximas de 75 cm en las partes bajas del fondo del cajón. Estos suelos, principalmente andesíticos y riolíticos, derivan de la desintegración de la roca granítica. También está inserta en la región de la estepa de altoandino y la del matorral y del bosque esclerófilo, respectivamente. Dentro de la subregión los Andes mediterráneos la unidad tiene representadas las formaciones vegetacionales denominadas matorral esclerófilo andino y estepa altoandina de la cordillera de Santiago. Por otra parte, en la subregión del bosque esclerófilo está presente la formación del bosque esclerófilo de la precordillera andina. | | |
| Régimen de dominio: | Privado, propiedad de CONAF. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre de CONAF a Fjs. 344 N° 370 del Registro de Propiedad del año 1979 del C.B.R. de Puente Alto. | | |
| Deslindes: | Norte.- Línea que va desde el Río Clarillo por la Quebrada Retamilla al cerro Papilla 1.865 m, cerro Quilín 2.013 m, cerro sin nombre 2.068 m, cerro sin nombre 2.532 m, cerro sin nombre 2.405 m, cerro Las Heladas 2.437 m, cerro sin nombre 2.194 m, hasta cerro San Roque 2.147 m. Sur.- Línea que va por el cerro sin nombre 2.712 m, cerro sin nombre 2.953 m, cerro Los Cristales 3.057 m, cerro sin nombre 2.635 m hasta cerro sin nombre 2.856 m. Oriente.- Línea que va por el cerro San Roque 2.147 m, cerro sin nombre 2.304 m, cerro del Diablo 2.324 m, cerro sin nombre 2.298 m, cerro Toro Seco 2.384 m, cerro sin nombre 2.361 m, cerro sin nombre 2.435 m, cerro Quelén 2.468 m, cerro sin nombre 2.270 m, cerro sin nombre 2.505 m, cerro sin nombre 2.373 m, cerro sin nombre 2.405 m, cerro sin nombre 2.408 m, cerro sin nombre 2.408 m, hasta cerro sin nombre 2.712 m, cerro sin nombre 2.953 m, a cerro sin nombre 2.940 m a cerro Los Cristales 3.057 m. Poniente.- Línea que va por el cerro sin nombre 2.856 m, cerro sin nombre 2.765 m, cerro sin nombre 2.682 m, cerro El Corazón del Principal 2.592 m, cerro Morado 2.732 m, cerro sin nombre 2.540 m, cerro sin nombre 2.575 m, Loma Blanca, cerro sin nombre 1.995 m, cerro Blanco 2.248 m, cerro sin nombre 1.371 m, Loma Los Baños, cerro sin nombre 975 m, hasta el Río Clarillo, unos trescientos metros más debajo de la Quebrada Retamilla. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de la presión proveniente de gran afluencia de los visitantes y de los cercanos procesos de urbanización. | | |

## Ficha N° 68. Reserva Nacional Río de los Cipreses

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río de los Cipreses | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 36.882 | Ubicación: | Comuna de Machalí, Región del Libertador Bernardo O´Higgins |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de enero de 1986 |
| Normativa del Área: | D.S. 127, del 17/10/85, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Río de los Cipreses". | | |
| Características de Importancia: | Su expresión de vida silvestre está dada por la presencia de bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), en conjunto con bosques de olivillo (*Kageneckia angustifolia*), siendo hábitat de especies como el zorro culpeo y chilla (*Pseudalopex griseus*, *P. culpaeus*), además de loro tricahue (*Cyanoliseus patagonus*). Otro aspecto que lo destaca son los vestigios de presencia de cazadores, de 5.000 a 8.000 años de antigüedad. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 4.469 vta. N° 2.748, del Registro de Propiedad del año 1987, del C.B.R. de Rancagua. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 127, del 17/10/85, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado la falta de cartografía oficial y necesidad de modificar Decreto Supremo de creación. Se ha reportado la existencia de proyectos hidroeléctricos y mineros, como asimismo, presiones provenientes de comunidades aledañas. | | |

## Ficha N° 69. Reserva Nacional Roblería Cobre de Loncha

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Roblería Cobre de Loncha | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 5.870 | Ubicación: | Comuna de Alhué, Región Metropolitana |
| Propietario: | CODELCO Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de agosto de 1996 |
| Normativa del Área: | D.S. 62, del 25/07/96, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional Roblería Cobre de Loncha". | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a una antigua hacienda, propiedad de la División El Teniente de CODELCO. Es un tranque de relave, el que en los últimos 15 años ha servido de espacio de investigación acerca de las aguas que son tratadas y usadas para el riego en la zona. Además, están presentes proyectos ecoturísticos, como también de educación ambiental (granja educativa). | | |
| Régimen de dominio: | CODELCO Chile. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 2 N° 2, del Registro de Propiedad del año 1983, del C.B.R. de Melipilla. | | |
| Deslindes: | NORTE: con el cordón de cerros que separa la Hacienda Loncha de la hoya hidrográfica del estero Alhué, pasando por las cumbres Loma El Coirón, Los Quillayes y Altos Llivillivi. SUR: con el cordón de cerros que define la divisoria entre la comuna de Alhué y las comunas de Doñihue y Coltauco, pasando por las cumbres Alto Llivillivi, Mono El Chivato, Toro Negro y los Potrerillos. ORIENTE: con el cordón de cerros que define la divisoria entre las comunas de Alhué y Rancagua, pasando por las cumbres Altos Llivillivi, Altos Punta de Cortés y Alto Livillivi. PONIENTE: desde la cumbre del cerro los Potrerillos y pasando por el punto trigonométrico denominado Entierro, se baja hasta el estero Carén, se asciende por la Quebrada Bajo El Canelo hasta la cumbre de la Loma El Coirón. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado sobre la presencia de actividad ganadera de propietarios colindantes. Asimismo, se han reportado riesgos de incendios forestales.<br>Observación: Aunque se ubica en la comuna de Alhué, provincia de Melipilla, Región Metropolitana, es administrada por CONAF región de O'Higgins. | | |

## Ficha N° 70. Reserva Nacional Radal Siete Tazas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Radal Siete Tazas | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 1.009,39 | Ubicación: | Comuna de Molina, Región del Maule. |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 08 de junio de 1996 |
| Normativa del Área: | D.S. 89, del 20/03/96, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Reserva Nacional Radal Siete Tazas. D.S. 15, del 27/03/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta parcialmente RN Radal Siete Tazas y declara PN Radal Siete Tazas, quedando sólo el lote "C" de 1009,39 ha como RN Radal Siete Tazas. | | |
| Características de Importancia: | La presencia de bosques de Nothofagus, en su distribución más septentrional dentro de Chile, además de tener ocho especies de este género de las 11 presentes en nuestro país. Alguna de estas son: roble (*Nothofagus obliqua*), hualo (*Nothofagus glauca*), huala (*Nothofagus leonii*). Otras especies presentes son ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), lirio de campo (*Alstromeria spathulata*), añañuca (*Phycella ignea*), cardón (*Puya chilensism*), maitén de Chubut (*Maytenus chubutensis*) y hullipatagua (*Citronella mucronata*). De la fauna presente los más importantes son: el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), la güiña (*Oncifelis guigna*), el pudú (*Pudu pudu*), el puma (*Puma concolor*) el quique (*Galictis cuja*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*) el chingue (*Conepatus chinga*), el loro tricahue (*Cyanoliseus patagonus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), la torcaza (*Columba araucana*), el cóndor (*Vultur gryphus*), la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*), la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*), el lagarto llorón (*Liolaemus chiliensis*), las lagartijas (*Liolaemus lemniscatus* y *L. Fuscus*) y el sapo de rulo (*Bufo spinicatus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 17, N° 17, del Registro de Propiedad de 1996 del C.B.R. de Molina, individualizado en el Plano N° VII-1-4088 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D.S. 15, del 27/03/08, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el D.O., con fecha 06/08/2008, como Lote "C". | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas de delimitación. | | |

## Ficha N° 71. Reserva Nacional Laguna Torca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/13 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Torca | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 604 | Ubicación: | Comuna de Vichuquén, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de marzo de 1986 |
| Normativa del Área: | D.S. 680, del 25/08/75, del Ministerio de Educación, declara Santuario de la Naturaleza Laguna Torca. D.S. 55, del 22/03/76, del Ministerio de Agricultura, declara área de protección turística Lago Vichuquén. D.S. 128, del 17/10/85, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional Laguna Torca. | | |
| Características de Importancia: | En la vegetación de la ribera de la laguna existen Batro *Scirpus californicus* y totora (*Typha angustifolia*), y en las especies acuáticas, la lengua de agua (*Potamogetum lucens*), el pelo de marisma (*Ruppia maritima*) y la hierba del sapo (*Myriophillum sp.*). En el sector del bosque de Llico hay una flora compuesta por especies exóticas como pino insigne (*Pinus radiata*), pino marítimo (*Pinus pinaster*), aromo australiano (*Acacia melanoxylon*) y una gran variedad de Eucaliptus (*Eucalyptus globulus*), los que, junto a la vegetación herbácea y arbustiva, actualmente cumplen una importante función para detener el avance de la arena. La isla Cerrillos está cubierta, en general, por especies del bosque esclerófilo, como peumo y litre. En la fauna, las aves constituyen el grupo más visible, registrándose más de 90 especies, entre las que destacan principalmente el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*), el siete colores (*Tachuris rubrigasta*), el cuervo de pantano (*Plegades chihi*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), la torcaza (*Columba araucana*), la garza cuca (*Ardea cocoi*), el huaraivillo (*Ixobrychus involucris*), el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*) y la gaviota garuma (*Larus modestus*). Entre los mamíferos, destaca la presencia del zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), el quique (*Galictis cuja*) y el chingue (*Conepatus chinga*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Sector Isla Cerrillos, de aproximadamente 2 ha, inmueble inscrito a nombre del Fisco en el Registro de Propiedad del C.B.R. de Licantén del año 1907, a Fjs. 46 y con el número 74. Sector Bosque de Llico, de aproximadamente 416 ha, inscrito a nombre del Fisco en el Registro de Propiedad del C.B.R. de Licantén del año 1912 a Fjs. 40 con el número 59 y Fjs. 53 con el número 81. Sector Laguna Torca, de aproximadamente 186 ha. Comprende toda la "Laguna Torca", incluyendo una faja de terrenos de 8 m de ancho, medidos desde el nivel máximo de sus aguas, que la circunda en todo su perímetro. Se incluye dentro de este sector un sitio de propiedad de la Corporación Nacional Forestal, ribereño a la Laguna Torca, de una superficie aproximada a la media hectárea, el cual se encuentra inscrito a Fjs. 346 y número 255 del Registro de Propiedad del C.B.R. de Mataquito-Licantén del año 1984. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D.S. 128, del 17/10/85, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de pesca y caza furtiva, extracción de leña y arena, como asimismo de riesgo de incendios forestales. | | |

## Ficha N° 72. Reserva Nacional Los Ruiles

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/14 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Ruiles | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 45 | Ubicación: | Comunas de Empedrado y Chanco, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 26 de agosto de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 94, 13/07/82, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Los Ruiles". | | |
| Características de Importancia: | La Reserva está formada por dos sectores: El Fin, con 16 ha, comuna de Empedrado, en el que se permite sólo actividades de investigación y sector Cauquenes, con 29 ha, comuna de Chanco. En esta reserva se encuentran poblaciones de ruil (*Nothofagus alessandrii*) y pitao (*Pitavia punctata*). Otras especies de flora de importancia son el hualo (*Nothofagus glauca*), la huala (*Nothofagus leonii*), el chupón (*Greigia sphacelata*), la gilliesia (*Gilliesia graminea*), la añañuca (*Phycella bicolor*), la huillipatagua (*Citronella mucronata*) y la teresa (*Scutellaria valdiviana*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Sector Chanco: Comprende el predio "Los Ruiles", de aproximadamente 28,6 ha, ubicado en la comuna de Chanco, inscrito a nombre del Fisco a Fjs. 304 vta., N° 272, del Registro de Propiedad del C.B.R. de Chanco correspondiente al año 1981. Sector Empedrado: Comprende el inmueble denominado "Parte del predio El Fin", de aproximadamente 16,4 ha de superficie, ubicado en la comuna de Empedrado, inscrito a nombre del Fisco a Fjs. 967, N° 948, del Registro de Propiedad del C.B.R. de Constitución correspondiente al año 1981. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 94, 13/07/82, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión, se ha informado del ingreso de ganado, como asimismo, de perros en la actividad ilegal de la caza de zorros. | | |

## Ficha N° 73. Reserva Nacional Altos de Lircay

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/15 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Altos de Lircay | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 12.163 | Ubicación: | Comuna de San Clemente, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de junio de 1996 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 59, del 11/06/96, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Altos de Lircay". | | |
| Características de Importancia: | Esta reserva está dominada por la presencia de bosques de Nothofagus, en su distribución más septentrional dentro de Chile, además de tener ocho especies de este género de las once presentes en nuestro país. Alguna de estas son: roble (*Nothofagus obliqua*), hualo (*Nothofagus glauca*), huala (*Nothofagus leonii*). Otras especies presentes son ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), lirio de campo (*Alstromeria spathulata*), añañuca (*Phycella ignea*), cardón (*Puya chilensis*), maitén de Chubut (*Maytenus chubutensis*) y hullipatagua (*Citronella mucronata*). De la fauna presente los más importantes son: el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), la güiña (*Oncifelis guigna*), el pudú (*Pudu pudu*), el puma (*Puma concolor*) el quique (*Galictis cuja*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*) el chingue (*Conepatus chinga*), el loro tricahue (*Cyanoliseus patagonus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), la torcaza (*Columba araucana*), el cóndor (*Vultur gryphus*), la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*), la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*), el lagarto llorón (*Liolaemus chiliensis*), las lagartijas (*Liolaemus lemniscatus* y *L. Fuscus*) y el sapo de rulo (*Bufo spinicatus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. OBSERVACIONES MBN: Reserva formada por los predios EL VENADO y TORDESILLAS, siendo ambos de propiedad de CONAF. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 3.816 N° 1.935, del Registro de Propiedad del año 1996 (Predio Tordesillas); a Fjs. 3.815 N° 1.934, del Registro de Propiedad del año 1996 (Predio el Venado), ambos inscritos en el C.B.R. de Talca. | | |
| Deslindes: | Norte: la unidad comienza en el Río Lircay hasta la punta Los Treguiles desde donde gira hacia el norte en aproximadamente 2 km, alcanzando hasta una quebrada sin nombre y desde allí por el cordón de Riscos hasta el sector El Candado, cota 1.367 m.s.n.m. bajando al Río Claro por donde continua hasta su nacimiento. Este: Comienza en el punto anterior y continúa por el Cordón Los Picudos hasta el Río Blanquillo (cota 1.540 m.s.n.m.). Sur: El límite lo constituye el Río Blanquillo hasta conectarse con el Río Claro por donde sigue hacia el sur poniente hasta donde desemboca la Quebrada Divisadero. Desde allí giran hacia el norponiente hasta el inicio de la misma quebrada desde donde continúa hacia el sur poniente por un cordón rocoso hasta el inicio de la quebrada Los Queñes, bajando posteriormente hasta el Río Claro, por donde sigue hasta una quebrada sin nombre. Oeste: comienza en la misma quebrada sin nombre, subiendo hacia el norte por la parte alta del cerro hasta llegar, a la cota 1.569, siguiendo hacia el norponiente por un cordón de cerros hasta la cota 2.377. Desde allí, gira por el noroeste de la quebrada de los Coigües hasta el camino hacia El Venado, desde donde gira hacia el noreste hasta alcanzar el Río Lircay, cortando definitivamente el área. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión, se ha informado del ingreso de animales domésticos (vacunos y caballares) y de personas que realizan actividades clandestinas, como también se ha informado de las amenazas que significan las especies exóticas dañinas (conejos y liebres). | | |

## Ficha N° 74. Reserva Nacional Los Queules

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/16 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Queules | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 147,30 | Ubicación: | Comuna de Pelluhue, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 03 de abril de 1995 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 12, 14/03/95, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Los Queules". | | |
| Características de Importancia: | En esta área podemos encontrar especies de vegetación representativas del bosque maulino costero como el queule (*Gomortega keule*) y el pitao (*Pitavia punctata*). También se encuentra hualo (*Nothofagus glauca*), bollén (*Kageneckia oblonga*), peumo (*Cryptocarya alba*), litre (*Lithrea caustica*), laurel (*Laurelia sempervirens*), huillipatagua (*Citronella mucronata*) y copihue (*Lapageria rosea*). La avifauna es considerable en representación, encontrándose especies como pitío (*Colaptes pitius*), perdiz (*nothoprocta perdicarea*), aguilucho (*Buteo polyosomae*), cernícalo (*Falco sparverius cinnamominus*), peuco (*Parabuteo unicinctus*), zorzal (*Turdus sp.*), loica (*Sturnella loyca*), chercán (*Troglodytes aedon*), tórtola (*Zenaida auriculata*), diucón (*Pyrope pyrope*) y cachudito (*Anairetes parulus*). De los mamíferos podemos hallar especies como el quique (*Galictis cuja*) y el pudú (*Pudu pudu*). Además están las dos especies de zorros culpeo y chilla (*Pseudalopex culpaeus* y *P. griseus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 11 vta. N° 9, del Registro de Propiedad del año 1984 del C.B.R. de Cauquenes. | | |
| Deslindes: | Norte: el deslinde comienza en una Quebrada Ramadillas por la que continúa hacia el este en 1.350 m, desde donde gira hacia el norte en línea sinuosa de 500 m, separándola de la propiedad de don Cleofe Espinoza; desde allí, continúa hacia el oriente en línea quebrada de 1.100 m, haciendo la división con el resto de la propiedad de Forestal Millalemu, situación que se mantendrá en los demás deslindes. Este: continúa en el punto anterior, en línea curva de 1.500 m que atraviesa la Quebrada Ramadillas en dirección norte-sur. Sur: línea quebrada que en los primeros 610 m, avanza hacia el oeste para luego seguir hacia el norte en 1.100 m, y retomar hacia el oeste en 1.200 m, en una línea aproximadamente paralela a la Quebrada Ramadillas. Oeste: línea de 270 m, en dirección norte que llega hasta la Quebrada Ramadillas, punto donde cierra definitivamente el área. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado del riesgo de incendios forestales. | | |

## Ficha N° 75. Reserva Nacional Los Bellotos del Melado

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/17 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Bellotos del Melado | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 417 | Ubicación: | Comuna de Colbún, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de marzo de 1995 |
| Normativa del Área: | D.S. 18, del 20/01/95, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Los Bellotos del Melado". | | |
| Características de Importancia: | Protección de flora nativa. En la flora destaca el belloto del sur (*Beilschmiedia berteroana*), especie que no está presente en forma natural en ninguna otra AP por el Estado, y que está asociada a bosques de *Nothofagus*, como roble (*Nothofagus obliqua*), hualo (*Nothofagus glauca*) y huala (*Nothofagus leonii*). Existen otras especies como el radal enano (*Oristes myrtoidea*), el maitén de Chubut (*Maytenus chubutensis*), la huillipatagua (*Citronella mucronata*) y el helecho (*Dennstaedtia glauca*). En la fauna, existen dos especies de felinos: el gato montés andino (*Oreailurus jacobita*) y la güiña (*Oncifelis guigna*). En las aves existen varias especies, siendo las más importantes el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el loro tricahue (*Cyanoliseus patagonus*) y la torcaza (*Columba araucana*). En los reptiles existen cinco especies. Estas son la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*), la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*), el lagarto llorón (*Liolaemus chilensis*) y la lagartija (*Liolaemus lemniscatus* y *L. fuscus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 32 vta. N° 50, del Registro de propiedad del año 1995, del C.B.R. de Linares. | | |
| Deslindes: | Al Norte: comienza en una quebrada sin nombre, a doscientos cincuenta metros del río Ancoa, desde donde continúa hacia el noreste hasta llegar al cerro Melado. Al Oriente: con el cerro El Melado, por la línea divisoria de aguas hasta conectarse con la proyección de una pequeña quebrada sin nombre que posteriormente se conecta con la quebrada Hornillos. Al Sur: con la quebrada Hornillos, hasta llegar a la intersección de la huella que va hacia El Melado con la que va hacia el Túnel Hornillos. Al Poniente: con una línea curva que nace en la intersección anterior y se conecta posteriormente con una línea recta, de seiscientos metros, hasta llegar a la quebrada sin nombre, que forma el límite norte del área, a doscientos cincuenta metros del Río Ancoa. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado la presencia de actividades ganaderas, lo que implica riesgo de degradación del suelo, daño a la vegetación por el paso de ganado, además de amenazas de incendios forestales por parte de los arrieros. | | |

## Ficha N° 76. Reserva Nacional Isla Mocha

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/18 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Mocha | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 2.369,27 | Ubicación: | Comuna de Tirúa, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de julio de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 70, del 12/05/88, del Ministerio de Agricultura, declara RN Isla Mocha D.S. 172, del 30 de diciembre de 2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica deslindes y cabida de la RN Isla Mocha | | |
| Características de Importancia: | En esta área podemos encontrar las siguientes especies de flora: olivillo (*Aextoxicum punctatum*), arrayán (*Luma apiculata*), pitra (*Myrceugenia planipes*), laurel (Laurelia siemprevirens), tepa (*Laurelia philippiana*), canelo (*Drimys winteri*), entre otras. En la fauna, la especie más importante es el pudú (*Pudu pudu*). Las aves presentes en la isla son el choroy (*Enicognathus leptorhynchus*), el guanay (*Leucocarbo bounganvillii*), la torcaza (*Columba araucana*) y la fardela blanca (*Puffinus creatopus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco a Fjs. 212 vta. No. 262 del Registro de Propiedad del año 1986, del C.B.R. de Cañete. | | |
| Deslindes: | Están descritos en el D.S. 70 del 12/05/88, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado imprecisiones de deslindes: Los deslindes están definidos, pero existe 1,4 km que la comunidad no quiere reconocer mientras el Ministerio de Bienes Nacionales no entregue terrenos fiscales que están ocupando. Necesidad de replanteo en terreno: Es muy necesario en sector vecino a parcela 23, para replantear deslinde de la Reserva, especialmente en un retazo fiscal de 10 ha para administración de la unidad (casa de guardaparques, bodega, caballerizas, camping, etc.). Además, se reportan problemas con propiedades aledañas: destrucción de cercos de deslindes en sector frente a la Parcela 23, por parte de ocupantes de terrenos fiscales que dejarán de ser parte del AP, con la emisión del Decreto de modificación de deslindes, que actualmente se encuentra en la División Jurídica de M. Bienes Nacionales. Asimismo, se reporta necesidades de saneamiento legal: Intervención del Ministerio de Bienes Nacionales, previo acuerdo interno entre los ocupantes de terrenos vecinos a la Reserva, en orden a que estos realicen posesión efectiva de los terrenos, ya que mientras esto no se realice, impiden que CONAF haga su demarcación con cercos en ese sector. Asimismo, se informa la corta de vegetación por parte de habitantes de la Isla Mocha<br>OBSERVACIONES MBN: Según CONAF la superficie es de 2.369 ha, mientras que el plano indica una superficie de 2.367,95 ha y el decreto 2.369,27 ha. | | |

## Ficha N° 77. Reserva Nacional Los Huemules de Niblinto

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/19 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Huemules de Niblinto | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 2.021,80 | Ubicación: | Comuna de Coihueco, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de marzo de 1999 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 32, del 23/02/99, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Nacional "Los Huemules de Niblinto". | | |
| Características de Importancia: | Se presentan en esta área especies como zarzaparrilla (*Ribes valdivianum*), ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), olivillo (*Aextoxicon punctatum*), quila (*Chasquea quila*), chauras (*Pernettya myrtilloides* y *P. mucronata*) y escalonia (*Escallonia rubra*). Las especies de fauna que habitan en la reserva son la güiña (*Oncefelis guigna*), el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el puma (*Puma concolor*), el quique (*Galictis cuja*), el degú de Bridges (*Octodon bridgesi*) y el pudú (*Pudu pudu*), entre otras. Esta RN es adyacente a un predio de propiedad de CODEFF, el que, en conjunto con la Reserva, han sido declarados Santuario de la Naturaleza Los Huemules de Niblinto. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 2364 N° 2502, en el Registro de Propiedad de 1996, del C.B.R. de Chillán; individualizado en el Plano N° VIII-1-20878 CR. | | |
| Deslindes: | NORTE: Río Niblinto que lo separa del Lote B de la Corporación de Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF) ESTE: Río Niblinto y línea divisoria que lo separa del Lote C, de la Corporación de Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF) SUR: Fundo El Imposible; y OESTE: Hacienda Los Robles o Lote A. Según su título el Lote D tiene los siguientes deslindes: NORTE, con parte del lote "B" de la subdivisión, río Niblinto de por medio; SUR, con parte del antiguo deslinde sur de la ex Hacienda Los Robles; ORIENTE, con parte del lote "C" de la subdivisión, río Niblinto de por medio; y PONIENTE, con parte del lote "A" de la subdivisión. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado del ingreso de visitantes ilegales que ejecutan labores de pesca y caza ilegal, como asimismo generan riesgo de incendios forestales. | | |

## Ficha N° 78. Reserva Nacional Ralco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/20 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ralco | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 12.421,20 | Ubicación: | Comuna de Santa Bárbara, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de agosto de 1988. |
| Normativa del Área: | Ley 17.699, del 14/08/72, Artículo N° 53, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional "Los Bosques de Pino Araucaria del Fundo "Ralco". D.S. 429, del 9/09/87, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta en su calidad de tal, al PN "Ralco" y declara la Reserva Nacional "Ralco". D.S. 249, del 19/04/89, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica D.S. 429, sustituye el inciso 2° del N° 4. D.S. 20, del 01/02/2006, del Ministerio de Minería, declara "Zona de Interés Científico para Efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | En esta Reserva se presentan las siguientes especies de vegetación: lenga (*Nothofagus pumilio*), chichón (*Azara alpina*), colihue (*Chusquea coleu*), maitén chico (*Maytenus disticha*), calafate (*Berberis buxifolia*), michay (*Berberis pearcei*), pilluden (*Viola maculata*), araucaria (*Araucaria araucana*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*), sauco del diablo (*Pseudopanax laetevirens*), taique (*Desfontainia spinosa*), canelillo (*Drymis winteri* var. Andina), notro (*Embotrium coccineum*), entre otros. En la fauna de la Reserva encontramos especies de mamíferos como la güiña (*Oncefelis guigna*), el quique (*Galictis cuja*), la vizcacha (*Lagidium vicacia*) el puma (*Puma concolor*), el pudú (*Pudu pudu*) y el degú de Bridges (*Octodon bridgesi*). En la avifauna, las especies representativas son la bandurria (*Theristicus melanopis*), el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), el cóndor (*Vultur gryphus*), el choroy (*Enicognathus leptorhynchus*) y el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 1037 vta., N° 1.376, del Registro de Propiedad del año 1988, del C.B.R. de Los Ángeles. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 429, del 09/09/87, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado imprecisiones de deslindes (necesidad de reformular el decreto de creación para corregirlos) y problemas con propiedades aledañas (construcción de caminos hacia la reserva por parte de la comunidad pehuenche, en el sector El Pacha y Quillaicahue desde el fundo El Barco). Asimismo, se ha reportado que 25 familias pehuenches (125 personas) que realizan uso tradicional de los terrenos de la RN como campos de veranada (pastoreo familiar, recolección de piñones y quema de pastizales), no representan conflictos de tenencia o saneamiento de la tierra, pero sí representan un uso que hay que regular y realizar con extremo cuidado dada la fragilidad de los recursos. Asimismo, se ha reportado un uso local intensivo de los recursos, producto principalmente de las actividades ganaderas y forestales. También informa de la falta de validación del AP por la población aledaña. | | |

## Ficha N° 79. Reserva Nacional Altos de Pemehue

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/21 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Altos de Pemehue | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 18.855,71 | Ubicación: | Comuna de Santa Bárbara, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 23 de noviembre de 2009 |
| Normativa del Área: | D.S. 80, del 17/08/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Reserva Nacional "Altos de Pemehue". | | |
| Características de Importancia: | En el área existe una diversidad de ambientes que poseen importantes y variados recursos cuyo potencial como AP puede vincularse positivamente con el desarrollo de las comunidades pehuenches aledañas, mediante el manejo sustentable de sus recursos naturales y su protección, destacándose la formación vegetal de bosque Caducifolio Andino del Biobío, donde se encuentran bosques y renovales de robles-raulí-coigüe y la formación vegetal de Bosque Caducifolio Alto Andino con *Araucaria araucana*, siendo el más septentrional del país junto con los que se encuentran en la RN Ralco, de gran importancia ecológica para conservar la diversidad genética de esta especie, catalogada como "Vulnerable de Extinción". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 407 vta., N° 391, del Registro de Propiedad de 2005 del C.B.R. de Santa Bárbara, singularizada en el Plano N° 08308-1877 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 80, del 17/08/09, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de actividades ganaderas producto de las veranadas, lo que ha implicado una sobreexplotación de los recursos. Asimismo, se ha reportado impacto en el ecosistema por las instalaciones y obras asociadas a central hidroeléctrica. | | |

## Ficha N° 80. Reserva Nacional Nonguén

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/22 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Nonguén | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 3.036,9 | Ubicación: | Comunas de Concepción, Chiguayante y Hualqui, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de diciembre de 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 132, del 30/12/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Reserva Nacional "Nonguén". | | |
| Características de Importancia: | El objetivo general de su creación es conservar la cuenca hidrográfica del Estero Nonguén productora de agua, su diversidad Biológica y la Integridad Ecosistémica del Bosque Caducifolio de Concepción. Sus objetivos específicos son conservar la diversidad biológica y los ambientes naturales que posibilitan su existencia con énfasis en las especies de flora y fauna en problemas de conservación, promoviendo en Nonguén, como en su entorno, acciones de restauración natural y artificial; involucrarán en la planificación y gestión del AP a los diversos actores interesados en la conservación y uso sustentable del patrimonio natural de Nonguén, incluyendo sus áreas de amortiguación e influencia; contribuir a mejorar el conocimiento de la estructura y funcionamiento del ecosistema para ejecutar un manejo sustentable del área; implementar e incentivar la educación ambiental de visitantes y la comunidad, así como otros usos humanos que no pongan en riesgo la integridad del ecosistema; orientar el manejo del recurso agua a su optimización en términos de calidad, cantidad y beneficios para la comunidad e impulsar un manejo de los recursos forestales alóctonos para su eliminación, control o producción sustentable, acorde con la zonificación del predio. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 634, N° 288, del Registro de Propiedad de 2009 del C.B.R. de Chiguayante, singularizado en el Plano N° 08101-2211 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1, del D.S. 132, del 30/12/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de la existencia de presión urbana en el AP, además de la amenaza de incendios forestales y corta legal de vegetación nativa. | | |

## Ficha N° 81. Reserva Nacional Mocho Choshuenco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/23 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Mocho-Choshuenco | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 7.536,5 | Ubicación: | Comunas de Panguipulli y Futrono, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de mayo de 1994 |
| Normativa del Área: | D.S. 55, del 02/03/94, de Ministerio de Agricultura, declara RN Mocho-Choshuenco. **Resolución N° 661**, del 10/07/2006, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional a la Comuna de Panguipulli. | | |
| Características de Importancia: | Comprende el área de los Volcanes Mocho, de 2.422 m.s.n.m., cuya última erupción fue en 1863, y el Choshuenco, de 2.415 m, que es una ruina volcánica de cumbre rocosa y fuerte pendiente que da origen a un glaciar en su ladera sur. En los faldeos se observa un bosque de tipo valdiviano que se extiende hasta aproximadamente 1.200 m.s.n.m. La flora está dominada por el bosque tipo selva valdiviana, bosque mixto húmedo, que cuenta con una enorme variedad de especies, destacando el coihue (*Nothofagus dombeyi*), el mañío (*Podocarpus nubigena*), el canelo (*Drimys winteri*), entre otros. Llegando al límite de la vegetación, se encuentran los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*). En la fauna destacan mamíferos como el puma (*Puma concolor*), el zorro gris y culpeo (*Pseudalopex griseus* y *P. culpaeus*) y el pudú (*Pudu pudu*). La avifauna está representada por el cóndor (*Vultur gryphus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) y el traro (*Polyborus plancus*). Es parte de la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 296 N° 285, del Registro de Propiedad del año 1987; Fjs. 167 N° 254, del Registro de Propiedad del año 1989; Fjs. 88 vta. N° 126, del Registro de Propiedad del año 1983, todas del C.B.R. de Panguipulli; Fjs. 1.335 N° 2217, del Registro de Propiedad del año 1985, del C.B.R. de Valdivia; Fjs. 750 vta. N° 859, del Registro de Propiedad del año 1993; Fjs. 751 N° 860, del Registro de Propiedad del año 1993, ambas de C.B.R. de Los Lagos. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 55, del 02/03/94, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que existe una situación que se arrastra por a lo menos cuatro años, correspondiente a una ocupación intermitente del área nororiente de la unidad, de parte del propietario del terreno colindante (Fundo Huilo Huilo), usada para brindar servicios turísticos diversos ligados a actividades de nieve y hielo; como esquí, caminatas, escaladas, uso motos nieve, tablas de nieve, etc. | | |

## Ficha N° 82. Reserva Nacional Futaleufú

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/24 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Futaleufú | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 12.065 | Ubicación: | Comuna de Futaleufú, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de diciembre de 1998 |
| Normativa del Área: | D.S. 602, 08/09/98, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara RN Futaleufú. **Resolución Ex. N° 465**, del 30/04/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional Río Futaleufú y sus alrededores. | | |
| Características de Importancia: | Fue creada para la protección de la especie forestal ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), ya que es la distribución más austral de esta especie y del huemul (*Hippocamelus bisulcus*), del que existen algunos grupos diseminados por el área. Es parte de la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes" | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 118 vta., N° 85, del Registro de Propiedad de 1985 del C.B.R. de Chaitén. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D.S. 602, del 08/09/98, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado el ingreso de animales de parte de lugareños aledaños a la RN, así como la existencia de conflicto por servidumbre para acceso público. | | |

## Ficha N° 83. Reserva Nacional Trapananda

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/25 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Trapananda | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 2.305 | Ubicación: | Comuna de Coyhaique, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de noviembre de 1992 |
| Normativa del Área: | D.S. 357, del 27/08/92, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Reserva Nacional "Trapananda". | | |
| Características de Importancia: | De acuerdo al estudio "La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica", se clasifica a los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) presentes en la Reserva dentro de la región del bosque andino-patagónico, subregión de las cordilleras patagónicas y formación vegetal bosque caducifolio de Aysén. Esta formación se distribuye desde la Región de los Lagos, pero encuentra su mayor expresión en la Región de Aysén. Ha sido muy afectada por la intervención humana y sólo persiste en su condición original en sectores locales muy reducidos. Es relativamente homogénea en composición florística y en estructura. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 194 vta. N° 162, en el Registro de Propiedad del año 1960, del C.B.R. de Coyhaique, individualizada en el Plano N° XI-2-2165 CR. | | |
| Deslindes: | NORTE: Lote N° 54, de Eduardo Rivas, separado por línea recta; Lote N° 53, de José del C. Aguilar, separado por línea quebrada; Lote N° 52, de José Alvarado Aguilar, separado por línea recta; y Lote N° 51, de José S. Alvarado A., separados por línea recta, respectivamente; ESTE: Lote N° 50, de Alejandro Barragán, separado por línea quebrada de tres trazos; Lote N° 47, de Neftalí Oyarzún, separado por línea quebrada; Benjamín Vargas, separado por línea quebrada; y Cordilleras fiscales, separado por línea mixta, respectivamente; SUR: Lote N° 56, de Arturo Cárdenas y Custodio Águila, separado por línea quebrada de cinco trazos; y, OESTE: Lote N° 57, de Emilio Ceballos, separado por línea quebrada; Lote N° 58, de Humberto Vera, separado por línea quebrada de cinco trazos; y Lote N° 59, de Bernabé Márquez, separado por línea quebrada de tres trazos, respectivamente. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado del ingreso de ganado de predios vecinos causando daños en los recursos (agua, suelo y bosque). | | |

## Ficha N° 84. Reserva Nacional Río Simpson

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/26 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Simpson | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 41.621 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile y Privados | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de junio de 2000 |
| Normativa del Área: | D.S. N° 322, del 01/07/67, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional "Río Simpson". D.S. 285, del 20/08/1970, del Ministerio de Agricultura, desafecta parte de su superficie. D.S. 1.060, 1/12/99, de Ministerio de Bienes Nacionales, deroga el D.S. N° 322, de 01/07/67, del Ministerio de Agricultura y declara Reserva Nacional Río Simpson. | | |
| Características de Importancia: | El bosque dominante corresponde al de la formación vegetacional siempreverde montano, cuyas especies representativas son el coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y la tepa (*Laureliopsis philipiana*). También se encuentran presentes las formaciones vegetacionales bosque caducifolio de Aysén y matorrales caducifolios altimontanos. Esta última se caracteriza por constituir el límite vegetacional arbóreo y por la forma achaparrada de las especies que lo componen, principalmente ñirre (*Nothofagus antarctica*) y lenga (*Nothofagus pumilio*). Respecto de la fauna, esta es numerosa y variada, distribuyéndose de acuerdo a los distintos hábitats. Es así como el huemul (*Hippocamelus bisulcus*) se establece en el sector oriental, en zonas pedregosas y escarpadas; en cambio, el puma (*Puma concolor*) reside en lugares más protegidos por vegetación, en sectores de mediana altura, trepando a las altas cumbres en verano y bajando en invierno a las llanuras. Al interior, es frecuente el pudú (*Pudu pudu*), el zorro (*Pseudalopex culpaeus*), el coipo (*Myocastor coypus*), la güiña (*Oncefelis guigna*) y algunas especies introducidas como la liebre (Lepus capensis) y el visón (Mustela visón). Entre las aves se observa el cóndor (*Vultur gryphus*) y la cachaña (*Encognatus ferrugineus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal y privados. | | |
| Inscripción o Registro: | La inscripción está señalada y descrita en el numeral 2 del D.S. 1060, del 01/12/99, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 1.060, del 01/12/99, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se ha informado de la presencia de especies exóticas dañinas para el AP. | | |

## Ficha N° 85. Reserva Nacional Lago Jeinimeni

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RN/27 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Jeinimeni | Categoría AP: | Reserva Nacional |
| Superficie (ha): | 161.100 | Ubicación: | Comunas de Chile Chico y Cochrane, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 07 de septiembre de 1998 |
| Normativa del Área: | D.S. 328, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal del mismo nombre. D.S. 219, del 18/05/98, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara la "Reserva Nacional Lago Jeinimeni", la que estará conformada por parte de los terrenos que integraban las ex Reservas Forestales "Lago General Carrera", de una superficie de 122.325 ha; "Lago Jeinimeni", con una superficie de 37.967 ha, y por el lote fiscal del sector Arroyo Pedregoso y Quebrada de la Piedra Clavada, que abarca 808 hectáreas, en que se encuentra la denominada "Cueva de las Manos"; comprendiendo una superficie total de 161.100 ha. Además, lo declara "Lugar de Interés Científico", para los efectos mineros. Resolución Ex. N° 296, de 16/03/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Lago General Carrera. | | |
| Características de Importancia: | La formación dominante es la estepa patagónica de Aysén, en que las especies representativas son el vautro (Bacharis patagonica), el coirón (*Stipa neaei*), el coirón blanco (*Festuca pallescens*), el cadillo (*Acaena splendens*), el neneo (*Mulinum spinosum*) y la llareta (Azorella incisa); el bosque caducifolio de Aysén en el que predomina la lenga (*Nothofagus pumilio*), en las partes bajas y valles el ñirre (*Nothafogus antarctica*), el calafate (*Berberis buxifolia*) y el chaura (*Pernettya mucronata*); en los sectores más húmedos se encuentra el coigüe común (*Nothofagus Dombeyi*). Respecto de la fauna y avifauna, el grupo más abundante lo constituyen aves como el cóndor (*Vultur gryphus*), el águila (*Geranoaetus melanoleucus*), el cernícalo (*Falco sparverius*), el martín pescador (*Ceryle torcuata*), el chucao (*Scelorchilus rubecula*), el zorzal (*Turdus falklandii*), el tordo (*Curaeus curaeus*) y la cachaña (*Enicognathus ferrugineus*). Entre los mamíferos es posible encontrar el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), el guanaco (*Lama guanicoe*), el zorro gris (*Pseudalopex griseus*), el piche (*Zaedyus pichiy*), el chingue patagónico (*Conepatus humboldti*) y el puma (*Felis concolor*), entre otros. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción en mayor cabida a Fjs. 17 N° 16, del Registro de Propiedad del año 1962, del C.B.R. de Chile Chico. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 3 del D.S. 219, del 18/05/98, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre las AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. En ocasiones menos frecuentes ello ha sido conducente a la tala de árboles argumentando el desconocimiento del límite. En un ámbito menos impactante, pero igualmente válido para el propósito de conservación de la biodiversidad, existen sectores del AP que son utilizados para el desarrollo de actividades turísticas (excursiones) sin formalización. Situaciones como las señaladas se presentan en sectores orientales del PN Laguna San Rafael y en diversos sectores de la RN. Además, se ha informado la existencia de vandalismo afectando al patrimonio cultural asociado al AP (pinturas rupestres). | | |

## Ficha N° 86. Monumento Natural Salar de Surire

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Surire | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 11.298 | Ubicación: | Comuna de Putre, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 12 de mayo 1983 |
| Normativa del Área: | D.S. 29, del 08/03/83, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Salar de Surire" y declara zona de "Interés Científico". D.S. 12, del 13/02/89, del Ministerio de Minería, concede permisos para efectuar labores mineras en el lugar que se señala PN Lauca y MN Salar de Surire. | | |
| Características de Importancia: | El salar congrega permanentemente tres especies de flamencos de las seis que existen en el mundo. Destacable es el hecho que el salar constituye un lugar de reproducción de flamencos, así como de hábitat de un considerable número de otras especies silvestres, como las vicuñas (*Vicugna vicugna*) y suris (*Pterocnemia pennata tarapacensis*), el quirquincho de la puna (*Euphractus nationi*), el chinchillón (*Chinchillula sahamae*), el puma (*Puma concolor*) y anfibios como el sapo (*Telmatobius peruvianus*). Pertenece a la unidad que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Lauca", en conjunto con el PN Lauca y la RN Las Vicuñas. Asimismo, fue declarado Sitio Ramsar con fecha 2 de diciembre de 1996 con una superficie de 15.858 ha. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción global a Fjs. 78 N° 77, del año 1985, del Registro de Propiedad del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | NORTE: línea recta imaginaria desde el Cerro Calajalata cota 4.777, a la cota 4.412; el meridiano de la cota 4.412 hasta interceptar el camino que bordea el Salar de Surire; este camino hasta su intersección con camino a Portezuelo Quilhuiri. ESTE: Camino que bordea el Salar de Surire desde su intersección con camino a Portezuelo Quilhuiri hasta interceptar con camino a Portezuelo Capitán. SUR: Camino que bordea el Salar de Surire desde su intersección camino a Portezuelo Capitán hasta interceptar el lecho del río Surire. OESTE: La línea recta que une el punto de intersección, del camino de borde del Salar de Surire con el río Surire, con el Cerro Oquecolle, cota 4.325, y línea recta al Cerro Calajalata, cota 4.777. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Esta unidad se superpone con el Sitio Ramsar homónimo. CONAF reporta que en este caso, sólo el Monumento Natural forma parte del SNASPE y cuenta con Plan de Manejo, personal de guardaparques y presupuesto estatal propio para su gestión, mientras que no ocurre lo mismo con el Sitio Ramsar. Por lo tanto, en la actualidad, sólo el área superpuesta del Sitio Ramsar con el MN cuenta con protección efectiva, no así el área que está fuera de los límites de este último. En general, los problemas dicen relación con la regularización de derechos de agua y solicitudes para la ejecución de actividades mineras o geotérmicas dentro de las AP, encontrándonos en estas materias con problemas que pueden judicializarse. Asimismo se ha detectado el ejercicio de caza furtiva y actividad minera extractiva de bórax. | | |

## Ficha N° 87. Monumento Natural Quebrada de Cardones

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Quebrada de Cardones | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 11.326,0 | Ubicación: | Comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de febrero del 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 64, del 01/07/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Monumento Natural "Quebrada de Cardones". | | |
| Características de Importancia: | Existe una diversidad de ambientes que poseen importantes y variados recursos faunísticos, vegetacionales, geológicos-geomorfológicos, paisajísticos y arqueológicos únicos en Chile. La Comisión Asesora de Monumentos Nacionales de Arica y Parinacota informa que existen al menos tres yacimientos arqueológicos de data prehispánica y post-hispánica en dicha región, los cuales constituyen un valioso capital para el estudio de los primeros pobladores de la región, de las pictografías de la precordillera de Arica y del manejo de los recursos patrimoniales del Valle de Copaquilla. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 25 vta. N° 60, del Registro de Propiedad de 1935, del C.B.R. de Arica y que se singulariza en el Plano N° 15101-222 CR. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 64, del 01/07/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, a través de coordenadas UTM. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas de gestión. | | |

## Ficha N° 88. Monumento Natural la Portada

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | La Portada | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 31,27 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 5 de Octubre de 1990 |
| Normativa del Área: | D.S. 51, 03/04/90, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "La Portada". | | |
| Características de Importancia: | Área conocida a nivel nacional e internacional como un icono que identifica a la región. Se caracteriza por la presencia de un arco natural de la formación, La Portada, conformado por rocas fosilíferas como areniscas calcáreas, limonitas y coquinas, abundantes en fósiles de moluscos bivalvos y gastrópodos. Esta, a su vez, está asentada sobre la formación La Negra, de edad jurásica, formada por coladas de lava andesíticas, porfíricas y afaníticas, intercaladas con areniscas continentales y brechas andesíticas. Este sitio ofrece diversos hábitats para especies adaptadas a ambientes marinos. El acantilado y arco es sitio de nidificación del piquero (*Sula variegata*) y el gaviotín monja (*Larosterna inca*). Además, son apostaderos del guanay (*Phalacrocórax boungainvillii*) y el pelícano (*Pelecanus thagus*). También en este sector litoral se encuentra la gaviota garuma (*Larus modestus*), gaviota peruana (*Larus belcheri*) y el playero vuelvepiedras (*Arenaria interpres*). Entre los mamíferos destacan el chungungo o nutria de mar (*Lontra felina*) y el lobo de mar de dos pelos (*Otaria byroni*); además de cetáceos menores, como el delfín común (*Tursius truncatus*) y delfín listado (*Stenella coeruleoalba*). | | |
| Régimen de dominio | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro | Inscrito a mayor cabida, a Fjs. 635 N° 754, del Registro de Propiedad del año 1965 del C.B.R de Antofagasta. | | |
| Deslindes: | SECTOR A. NORTE: Con terrenos fiscales, en una poligonal que une vértice A con vértice B, de ahí continúa hasta vértice C, para empalmar con vértice D. ESTE: Con terreno fiscales, con una poligonal que une vértices D con vértice E, para empalmar con vértice F. SUR: Con el mar, desde vértice anterior (F), por la línea de más baja marea hasta vértice C, de ahí en línea recta hasta vértice H. de este vértice se describe una poligonal cerrada que culmina, en el mismo vértice (H), pasando por la vértice I, J, K, L, M, N, Ñ y O (esta poligonal queda excluida de la unidad). Del vértice C, por la línea de más baja marea hasta el vértice P. OESTE: Con terrenos fiscales, en una poligonal que une vértice P. con vértice A, pasando por vértice Q y R. SECTOR B. NORTE: La poligonal que une punto A con punto B. ESTE: dedo punto B, una poligonal que a une a punto C. SUR: desde punto C una poligonal que une a punto D. OESTE: desde punto D. una poligonal que a une a punto A. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a la expansión futura del radio urbano de Antofagasta (Seccional Borde Norte) y a la falta de ejercicio de efectiva fiscalización sobre el borde costero que se manifiesta en la extracción de recursos marinos, áridos y guano. | | |

## Ficha N° 89. Monumento Natural Pichasca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pichasca | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 128 | Ubicación: | Comuna de Río Hurtado, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 del marzo de 1986 |
| Normativa del Área: | Ley 17.699, del 14/08/72, Artículo N° 53, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional "El Bosque Petrificado de Pichasca". D.S. 2, del 18/12/81, del Ministerio de Bienes Nacionales. D.S. 611, del 28/09/83, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta como tal Parque Nacional Pichasca. D.S. 123, 17/10/85, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Pichasca". D.S. 132, del 29/08/89, del Ministerio de Agricultura, declara "Lugar de interés Científico para Efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | Este monumento representa un sitio arqueológico de bosques petrificados de araucaria (*Araucaria araucana*) y vestigios de huesos de animales prehistóricos. Asimismo, un sitio geomorfológico de rasgos sobresalientes, conocido como "Casa de Piedra", de gran significación en el aspecto escénico y educativo, ya que se ha determinado que en él habitó el hombre hace unos diez mil años. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 903 N° 721, del Registro de Propiedad del año 1981, del C.B.R. de Ovalle. | | |
| Deslindes: | Deslinda al Norte, Sur, Este y Oeste con la Comunidad Agrícola "Daín y Cortaderilla". | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas de imprecisión de límites de la unidad. Asimismo, se ha reportado extracción de fósiles por parte de público visitante y de actividad minera y ganadería caprina. | | |

## Ficha N° 90. Monumento Natural Isla Cachagua

| Ficha Técnica Áreas Protegidas 0 MN/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla de Cachagua | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 4,5 | Ubicación: | Comuna de Zapallar, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Marino |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de agosto de 1989 |
| Normativa del Área: | D.S. 02, del 02/01/79, del Ministerio de Educación, declara Santuario de la Naturaleza "Isla de Cachagua". D.S. N° 89, del 20/06/89, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Isla de Cachagua". | | |
| Características de Importancia: | Este sector es de gran importancia ecológica para la preservación de las especies de aves existentes en la isla, especialmente, el pingüino de Humboldt y magallánico (*Spheniscus Humboldti* y *Spheniscus magenorhynchus australis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a nombre del Fisco a Fjs. 298 vta. N° 330 en el Registro de Propiedad del año 1988, del C.B.R. de La Ligua. | | |
| Deslindes: | Norte: Terrenos de don Olegario Ovalle; Este: Terrenos del mismo señor Ovalle. Sur y Oeste: con el mar. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, sin embargo, se ha detectado la destrucción de nidos de pingüinos por parte de visitantes ilegales. | | |

## Ficha N° 91. Monumento Natural El Morado

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | El Morado | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 3.009 | Ubicación: | Comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de septiembre de 1995 |
| Normativa del Área: | D.S. 162, 19/07/74, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "El Morado". D.S. 2.581, del 28/12/94, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Monumento Natural "El Morado". Se encuentra inserto en la Zona de Preservación Ecológica del Plano Regulador de Santiago. Resolución N° 1.138, del 13/11/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional la Comuna de San José de Maipo. D.S. 78, del 04/10/2005, Ministerio de Minería, declara "Zona de Interés Científico para Efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | Se pueden encontrar rocas de origen magmático (eruptivas, porfíricas y plutónicas) y rocas sedimentarias de origen oceánicas. Está dominado por cerros altos, como es el caso de los cerros Morado, San Francisco, Mirador del Morado, Rubilla, entre otros. Están insertos en su totalidad en la región de la estepa altoandina y dentro de esta en la subregión de los Andes mediterráneos. Dentro de la subregión, la unidad tiene representada las formaciones vegetacionales denominadas matorral esclerófilo andino y estepa altoandina de la cordillera de Santiago, aun cuando un 79% de la unidad presenta suelos desnudos por efecto de la altura. Para la unidad se han citado 280 especies de vegetación, de las cuales 248 son nativas y 32 son introducidas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 925 N° 1.677, del Registro de Propiedad del año 1938, del C.B.R. de Puente Alto. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea de altas cumbres, partiendo desde la cota 4.055 m.s.n.m., pasando por el cerro San Francisco de cota 4.345 m.s.n.m., y las cotas 4.020 m.s.n.m. y 4.490 m.s.n.m., hasta el cerro El Morado de cota 5.060 m.s.n.m.; Este: Línea de altas cumbres, que parte desde el cerro El Morado de cota 5.060 m.s.n.m., pasando por el cerro Unión de cota 3658 m.s.n.m., cerro Punta Rodríguez de cota 3.458 m.s.n.m., continuando por las cotas 3.483, 3.429 y 3.503 m.s.n.m.; 3.501 m.s.n.m. correspondiente al cerro Rubillas, cota 3.427 m.s.n.m. hasta intersectar la curva de nivel de valor 2.000 m.s.n.m.; Sur: Curva de nivel de valor 2.000 m.s.n.m., hasta intersectar el río Morales, continuando por éste hasta el río Volcán, siguiendo por éste hasta una extensión de 500 m, pasando el puente; y Oeste: Desde el punto en que el río Volcán ha sobrepasado el puente en 500 m, siguiendo por la línea de las altas cumbres, que pasa por las cotas 2.839, 2.810 y 2.777 m.s.n.m., cerro Los Chacayes de cota 2.898 m.s.n.m., continuando por las cotas 2.845, 3.614, 3.998 y 3.604 m.s.n.m., finalizando en la cota 4.055 m.s.n.m. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa la existencia de creciente actividad minera, ganadera y asociada al funcionamiento de central hidroeléctrica. | | |

## Ficha N° 92. Monumento Natural Contulmo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Contulmo | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 82 | Ubicación: | Comuna de Purén, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de octubre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 365, del 08/04/41, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara Parque Nacional de Turismo. D.S. 95, del 16/04/80, del Ministerio de Tierras y Colonización, lo desafecta y declara Reserva Forestal. D.S. 492, del 28/07/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta Parque Nacional Contulmo. D.S. 160, del 09/02/1982, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Contulmo". | | |
| Características de Importancia: | Forma parte de la cordillera de Nahuelbuta y está ubicado en una ladera de relieve abrupto, de exposición sur-sudeste, a alturas que van de los 175 a los 500 m.s.n.m. De acuerdo a la clasificación, la unidad está inserta en la región del bosque caducifolio y, dentro de ésta, en la subregión del bosque caducifolio del llano, formación vegetacional del bosque caducifolio de Concepción, con algunos componentes e influencia de la región del bosque altomontano de Nahuelbuta. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 245 N° 554, del Registro de Propiedad del año 1940, del C.B.R. de Angol. | | |
| Deslindes: | Descritos en el D.S. N° 365 de 08/04/41 del Ministerio de Tierras y Colonización. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que plano no da cuenta de situación actual de la unidad. Asimismo, se reporta actividad de extracción furtiva de flora nativa e invasión de especies exóticas (canes). | | |

## Ficha N° 93. Monumento Natural Cerro Ñielol

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Ñielol | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 89 | Ubicación: | Comuna de Temuco, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de febrero de 1988 |
| Normativa del Área: | D.S. 504, 20/03/39, del Ministerio de Tierras y Colonización, declara como Parque Nacional de Turismo Cerro Ñielol. D.S. 1510, del 26/06/48, del Ministerio de Tierras y Colonización, amplia superficie en 8.4 ha. Ley 9.481, del 10/11/49, transfiere 5 ha a la Sociedad Amigos del Árbol. D.S. 326, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara como Parque Nacional de Turismo 10,6 ha. D.S. 617, del 3/12/87, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara Monumento Natural "Cerro Ñielol". | | |
| Características de Importancia: | Forma parte de uno de los sitios más australes de la formación volcánica efusiva-extrusiva, denominada Cordón Huimpil-Ñielol, que se localiza en la depresión intermedia de la Región de La Araucanía. Sin embargo, algunos estudios sobre el tema sostienen que este es de carácter intrusivo y de edad cenozoica. La vegetación dominante corresponde a robles (*Nothofagus obliqua*), luma (*Amomyrtus luma*) y arrayán (*Luma apiculata*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 10 vta. N° 32, del Registro de Propiedad del año 1894; Fjs. 927 vta. N° 1.219, del Registro de Propiedad del año 1945, y ambas del C.B.R. de Temuco. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 617, del 3/12/87, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa de la pérdida de rasgos culturales e históricos debido al ingreso ilegal, como asimismo, por la sobrecarga de visitantes. | | |

## Ficha N° 94. Monumento Natural Islotes de Puñihuil

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islotes de Puñihuil | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 8,64 | Ubicación: | Comuna de Ancud, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 14 de octubre de 2000 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 130, del 28/09/99, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Islotes de Puñihuil". | | |
| Características de Importancia: | Lo conforman tres islotes rocosos de origen volcánico. El lugar es un verdadero paraíso silvestre con chungungos (*Lontra felina*), huillines (*Lontra provocax*), lobos marinos (*Otaria flavescens*), caiquenes (*Chloephaga picta*), carancas (*Chloephaga hybrida*), zarapitos (*Numenio sp.*), y fardelas (*Pterodroma sp.*), entre muchas otras especies. Su importancia principal es que durante generaciones ha sido la única parte del mundo en donde anidan dos especies de pingüinos juntas: el magallánico (*Spheniscus magallanicus*) y el de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 174, N° 289, del Registro de Propiedad del año 1996 del C.B.R. de Ancud. | | |
| Deslindes: | Descritos en el D. Ex. 130, del 28/09/99, del Ministerio de Agricultura, a través de coordenadas geográficas. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no es estrictamente jurídico, se ha reportado carencia de infraestructura administrativa para mantención de personal que regule la explotación turística de la unidad. Asimismo, se ha reportado actividad de pesca con redes y contaminación consistente en residuos provenientes de navegación. | | |

## Ficha N° 95. Monumento Natural Lahuen Nadi

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lahuen Ñadi | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 200 | Ubicación: | Comuna de Puerto Montt, Región de Los Lagos |
| Propietario: | CONAF | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de marzo de 2000 |
| Normativa del Área: | D.S. 14, del 10/01/2000, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Lahuen Ñadi". | | |
| Características de Importancia: | En su interior se encuentra el predio El Rincón, zona de gran importancia por conservar una pequeña muestra de los bosques de alerce (*Fitzroya cupressoides*) del Valle Central, prácticamente extinguidos debido a la sobreexplotación. En él, se encuentran ejemplares de alerces vivos de 1.000 años y de un diámetro que oscila entre los 30 y 60 cm y 50 m de altura. | | |
| Régimen de dominio | Privado, de dominio de CONAF. | | |
| Inscripción o Registro | Inscrito a Fjs. 1.710 N° 2.331, en el Registro de Propiedad del año 1997, del C.B.R. de Puerto Montt. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea recta de 1.440 m, aproximadamente, que va de Oeste a Este y que separa por cerco el predio ''El Rincón'', rol de avalúo del Servicio de Impuestos Internos (SII) 2129-19, de la comuna de Puerto Montt. Este: Desde el punto anterior por línea sinuosa en dirección Norte-Sur, con 420 m de camino vecinal, que separa del mismo predio rol 2129-19. Sur: Desde el punto anterior en línea recta de 200 m, aproximadamente con rumbo Suroeste, que separa al mismo predio rol 2129-19. Oeste: Desde el punto anterior en línea sinuosa en dirección de Sur a Norte, que lo separa del mismo predio rol 2129-19, además del predio rol 2129-15, de propiedad de la Sucesión Bittner y del predio rol 2196-6, de propiedad de don Jorge Domínguez. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta carencia de acceso público. El camino de acceso actual está en terrenos de un condominio privado, con el cual se mantiene un contrato de buena convivencia referido a acciones que debe realizar CONAF para mantenerlo en uso (para la unidad y para el condominio). En todo caso, mientras no se adopte una solución definitiva, esta precariedad en el acceso dificulta algunas actividades de ecoturismo en la unidad. Asimismo, se reporta actividad silvoagropecuaria y corta de vegetación. | | |

## Ficha N° 96. Monumento Natural dos Lagunas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Dos Lagunas | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 180,7 | Ubicación: | Comuna de Coyhaique, Región de Aysén |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de octubre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 319, del 01/06/67, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Dos Lagunas". D.S. 160, del 9/02/82, de Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Dos Lagunas". D.S. 492, del 28/07/82 Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su condición de Parque Nacional "Dos Lagunas". | | |
| Características de Importancia: | En el área habita una gran cantidad de aves silvestres, como el pato real (*Anas sibilatrix*) y el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*). En el sector se encuentran sitios de gran belleza escénica como son las lagunas El Toro y Escondida. La flora corresponde a aquella de un sector de transición, entre el bosque caducifolio de Aysén y la estepa patagónica; sin embargo, la formación vegetacional predominante corresponde al bosque caducifolio de Aysén, en la que las especies características son el ñirre (*Nothofagus antarctica*) y el pasto miel (*Holcus lanatus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 194 vta. N° 162, en el Registro de Propiedad del año 1960, del C.B.R. de Coyhaique. | | |
| Deslindes: | Señalados en D.S. 319, de 01/06/67, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa la introducción de especies exóticas (visones y perros) y corte de leña. | | |

## Ficha N° 97. Monumento Natural cinco Hermanas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cinco Hermanas | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 228 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de octubre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 162, del 07/04/64, del Ministerio de Agricultura, declara Reserva Forestal "Cinco Hermanas". D.S. 285, del 20/08/70, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Cinco Hermanas". D.S. 160, del 09/02/82, de Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Cinco Hermanas". D.S. 492, del 28/07/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su condición de tal, Parque Nacional "Cinco Hermanas". | | |
| Características de Importancia: | Se compone de seis pequeñas islas. La vegetación característica corresponde a la de la formación vegetacional denominada bosque siempreverde de Puyuhuapi, en que las especies representativas son el canelo (*Drimys winteri*), el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*) y la tepa (*Laurelia philippiana*). Respecto de la fauna, el grupo más común lo constituyen las aves, destacando las marinas como la gaviota (*Lareus dominicanus*), el cormorán (*Phalacrocorax olivaceus*) y el cormorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*); entre los mamíferos destaca el chungungo (*Lontra felina*) y el lobo marino común (*Otaria flavenses*). Las porciones de mar asociadas a esta unidad están consideradas como Zonas Preferentes para la Preservación en la Zonificación del Borde Costero de la Región de Aysén. Además, algunos sectores de esta unidad están también considerados como Zonas de Conservación, de Extracción de Recursos Bentónicos o para la Acuicultura. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Puerto Aysén. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. N° 285, de 20/08/70, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, informa que terceros (salmonicultura) arrojan desechos al mar y por deriva llegan al AP.<br>OBSERVACIÓN del MBN: Plano N° 107 elaborado por el Ministerio de Agricultura, escala 1: 25.000 con una superficie de 221 ha, Plano de CONAF escala 1: 25.000, con una superficie de 221 ha, con coordenadas geográficas e hidrografía. Según D.S.160, de 09/02/82, la superficie de este monumento es de 228 ha. | | |

## Ficha N° 98. Monumento Natural Cueva del Milodón

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/13 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cueva del Milodón | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 189 | Ubicación: | Comuna de Natales, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | CONAF | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de febrero de 1994 |
| Normativa del Área: | D.S. 359, del 16/12/93, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Cueva del Milodón". | | |
| Características de Importancia: | En esta unidad podemos encontrar el bosque magallánico deciduo, el cual está dominado por lenga (*Nothofagus pumilio*), ñirre (*Nothofagus antarctica*) y coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), además de los matorrales característicos de la pampa patagónica. Existen especies de mamíferos como el puma (*Puma concolor*) y los zorros culpeo y chilla (*Pseudalopex culpaeus* y *P. griseus*). Existe evidencia paleontológica sobre la existencia de varias especies extintas que vivieron en esa zona de país, como el milodón (*Milodon darwini*) y el jaguar (*Panthera onca mesembrina*). Esta unidad tiene además la categoría de Monumento Nacional. | | |
| Régimen de dominio: | Privado, de dominio de CONAF. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 251 vta. N° 189, en el Registro de Propiedad del año 1972, del C.B.R. de Puerto Natales. | | |
| Deslindes: | Norte: En parte con la unidad ganadera número siete y en parte con la unidad ganadera número ocho, de propiedad de Julia Altamirano y Ernesto Helmer, respectivamente. Sur: Con el camino público vecinal. Este: Con la unidad ganadera número siete de propiedad de Julia Altamirano. Oeste: Con la unidad ganadera número ocho, de propiedad de Ernesto Helmer. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas, se informa de daños provocados a patrimonio natural como consecuencia de incendios y extracción de recursos e ingreso de ganado. | | |

## Ficha N° 99. Monumento Natural los Pingüinos

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/14 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Pingüinos | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 97 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de octubre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 207, del 22/04/66, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Los Pingüinos". D.S. 160, 09/02/82, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Los Pinguinos". D.S. 492, del 28/07/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal, Parque Nacional de Turismo "Los Pingüinos. | | |
| Características de Importancia: | Está conformado por dos islas: Magdalena y Marta, las que se encuentran ubicadas en el estrecho de Magallanes. Las condiciones de aislamiento, la falta de mamíferos depredadores, y la abundancia de alimentación que provee el mar circundante, han hecho de estas islas, lugares de preferencia para el establecimiento de colonias de nidificación de siete especies de aves: el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*); tres especies de cormoranes, el de las Malvinas (*Phalacrocorax albiventer*), el de las Rocas (*P. magellanicus*) y el Imperial (*P. atriceps*); dos especies de gaviotas, la común o dominicana (*Larus dominicanus*) y la austral (*L. scoresbii*). Existen además, en Isla Marta, colonias de reproducción de lobos de mar, tanto de lobo marino de un pelo (*Otaria byronia*) como de lobo fino austral (*Arctocephalus australis*), los que también llegan a Isla Magdalena, pero sólo como zona de descanso. Esta unidad tiene además la categoría de Monumento Histórico sujeto a la tuición del Consejo de Monumentos Nacionales. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción global a Fjs. 221 vta. N° 810, en el Registro de Propiedad del año 1906, del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | Señalados D.S. N° 207 de 22/04/66, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. | | |

## Ficha N° 100. Monumento Natural Laguna de los Cisnes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - MN/15 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna de Los Cisnes | Categoría AP: | Monumento Natural |
| Superficie (ha): | 25,3 | Ubicación: | Comuna de Porvenir, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de octubre de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 207, del 22/04/66, del Ministerio de Agricultura, declara Parque Nacional de Turismo "Laguna de Los Cisnes". D.S. 160, 09/02/82, del Ministerio de Agricultura, declara Monumento Natural "Laguna de Los Cisnes". D.S. 492, del 28/07/82, del Ministerio de Bienes Nacionales, desafecta de su calidad de tal, Parque Nacional de Turismo "Laguna de Los Cisnes". | | |
| Características de Importancia: | Existen colonias de flamencos (*Phoenicopteridae sp.*) y otras aves como cisnes de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*) y cisnes coscoroba (*Coscoroba coscoroba*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción global a Fjs. 24 N° 40, en el Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Porvenir. | | |
| Deslindes: | Señalados en D.S. N° 207, de 22/04/66, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado dificultades asociadas a falta de acceso y servidumbre de paso. Asimismo, se informa de la disminución del nivel de las aguas por causas naturales y antrópicas, como también uso ganadero en los márgenes del área que interfieren la nidificación traduciéndose en el cambio de hábitat de las aves.<br>OBSERVACIÓN MBN: Superficie según decreto de creación N° 207 de 1966, es de 25,3 ha. Según D.S. N° 160 de 1982 la superficie aproximada sería de 25 ha. El plano N° 77 del Ministerio de Tierras y Colonización, colección de Magallanes, escala 1:20.000, indica una superficie de 23,5 ha. | | |

## Ficha N° 101. Santuario de la Naturaleza de Desembocadura del Río Lluta

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Humedal de la Desembocadura del Río Lluta | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 30,64 | Ubicación: | Comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Municipalidad de Arica a través de una concesión marítima | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 28 de noviembre de 2009 |
| Normativa del Área: | Decreto N° 4.232, de 16/09/2000, de la Municipalidad de Arica, se declara como Reserva Natural Municipal al sector desembocadura del Río Lluta con una superficie de 306,400 m². D.S. 106, del 06/04/2009, del Ministerio de Educación, declara Santuario de la Naturaleza "Humedal de la Desembocadura del Río Lluta". | | |
| Características de Importancia: | Es hábitat de especies de avifauna endémicas de Arica y de la zona tropical árida. Estas especies son de distribución muy local y por las condiciones de aridez extrema de la zona, su distribución es acotada. Presenta un especial interés, porque es el principal sitio costero del norte de Chile que constituye un lugar de descanso, refugio, alimentación y –en algunos casos– de reproducción para las aves que migran hacia nuestras costas desde el Hemisferio Norte por la Ruta del Pacífico. En él habitan 130 especies de aves, lo que representa el 30% de todas las especies de aves descritas para nuestro país. Dentro de este grupo se ha registrado, además, el 40% de las aves migratorias (regulares y accidentales) conocidas para Chile. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 106, del 06/04/2009, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 102. Santuario de la Naturaleza Quebrada de Chacarilla

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Quebrada de Chacarilla | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 16.069,70 | Ubicación: | Comuna de Pica, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Municipalidad de Pica | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 28 de septiembre de 2004 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 664, del 23/08/2004, del Ministerio de Educación, declara SN "Quebrada de Chacarilla". | | |
| Características de Importancia: | Posee un alto valor paleontológico debido a la abundancia de huellas de dinosaurios ubicados temporalmente entre el Jurásico Superior y Cretácico Inferior (150-100 millones de años) y relevante por su importancia científica, educativa y turística. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D. Ex. 664, del 23/08/2004, del Ministerio de Educación | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 103. Santuario de la Naturaleza Salar de Huasco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Huasco | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 9.950 | Ubicación: | Comuna de Pica, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales y 130 hectáreas a concesión | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de mayo de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 561, del 9/05/2005, del Ministerio de Educación, declara SN "Salar del Huasco". D.S. N° 633, de 30/11/2005, el Ministerio de Bienes Nacionales autodestinó 119,701, 83 ha con fines de protección de la biodiversidad. D.S. N° 7, de 2/02/2010, se creó el Parque Nacional Salar de Huasco (DO 5/06/2010). | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a un humedal altoandino de gran biodiversidad. Es una importante reserva de agua en un medio desértico. Constituye un hábitat fundamental de especies de flora y fauna y una zona de alimentación, nidificación y residencia temporal o permanente de aves. Además, destaca la presencia de cuatro unidades vegetacionales, pajonal, tolar, bofedal y queñoal. Se encuentran presentes, al menos, 25 especies de vertebrados. Cabe señalar que existe un sinnúmero de sitios arqueológicos asociados al salar y al sistema hidrológico general de la cuenca. Existen en el entorno propiedades indígenas con títulos de dominio entregados por el Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción a mayor cabida a Fjs. 1.388 vta., N° 1365 del Registro de Propiedad del año 1983, individualizado en el plano N° I-2-9293-CR del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Señalados en D.S. 561, del 9/05/2005, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 104. Santuario de la Naturaleza Cerro Dragón

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Dragón | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 337,53 | Ubicación: | Comuna de Iquique, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Fisco de Chile, Municipalidad de Iquique y SERVIU. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 30 de abril de 2005 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 419, 18/04/2005, del Ministerio de Educación, declara SN "Cerro Dragón". | | |
| Características de Importancia: | Se remonta a finales del último período frío del Cuaternario (18.000 a.p.). Radica su mérito en los valores geomorfológicos y su importancia científica, cultural, natural y turística. Constituye una reliquia geomorfológica con formas heredadas de condiciones paleoclimáticas con largos procesos de evolución y constituye un registro particular del paisaje costero, por el tipo de dinámica y acción geomorfológica del viento, única en el litoral del Norte Grande de Chile. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal., coexiste dominio fiscal, de la IM de Iquique y del SERVIU. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D. Ex. 419, 18/04/2005, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | SERVIU Región Tarapacá, con fecha 21 de abril de 2010, solicitó autorización para desarrollar proyectos de vía pública en un área de 1.333,36 $m^2$ de superficie, que forma parte de este Santuario de la Naturaleza. | | |

## Ficha N° 105. Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Valle de la Luna | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 13.200 | Ubicación: | Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de enero de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 37, del 07/01/82, del Ministerio de Educación, declara SN "Valle de la Luna". | | |
| Características de Importancia: | Las características geomorfológicas y paisajistas del área le otorgan la calidad de lugar de interés científico y turístico. En este sector el rasgo geomorfológico más importante es el bloque plegado, conocido localmente como cordillera de la Sal, que presenta una altitud media de 2.550 m, y está constituido por rocas sedimentarias con intercalaciones de sal pertenecientes a las formaciones San Pedro y Vilama. La componente faunística del sector es reflejo de su estructura vegetacional. Por un lado, está representada por ejemplares aislados de la lagartija del norte (*Liolaemus sp.*) en contraste con el área localizada en el extremo sur oriental que presenta una alta diversidad de fauna dominada por aves como el aguilucho (*Buteo polyosoma*), el halcón perdiguero (*Falcon femoralis*), el chercán (*Troglodytes aedon*), el zorzal negro (*Turdus chiguanco*), el chincol (*Zonotrichia capensis*), la tórtola (*Zenaida auriculata*) y la codorniz (*Callypepla californica*). Con relación a su vegetación, en este sector están representadas las formaciones Desierto del Salar de Atacama y Desierto de la Cuenca Superior del Río Loa. Esta área protegida se encuentra dentro de los límites de la RN Los Flamencos. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 106. Santuario de la Naturaleza Granito Orbicular

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Granito Orbicular | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 2,34 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Intermareal y terrestre |
| Administración: | Municipalidad de Caldera | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de febrero de 1981 |
| Normativa del Área: | D.S. 77, del 12/01/81, del Ministerio de Educación, declara SN "Granito Orbicular". | | |
| Características de Importancia: | Afloramientos de unidades geológicas conformadas por rocas graníticas del tipo tonalita que incluyen estructuras cristalinas de ordenamiento concéntrico denominadas orbículas; ellas constituyen una curiosidad y rareza geológica de bajísima presencia a nivel planetario, lo que le confiere un gran interés científico y necesidad prioritaria de su conservación. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de uso público. Esta AP está inserta en el BNP del mismo nombre, creado por D. Ex. N° 197, del 16/02/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes, no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 107. Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Conchalí | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 50,90 | Ubicación: | Comuna de Los Vilos, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Compañía Minera Los Pelambres | Ambiente: | lacustre y terrestre |
| Administración: | Compañía Minera Los Pelambres | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de febrero del 2000 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 41, del 27/01/2000, del Ministerio de Educación, declara SN "Laguna Conchalí". | | |
| Características de Importancia: | Es un humedal costero representativo de la zona mediterránea de Chile central, de gran relevancia regional, ya que alberga flora y fauna terrestre y acuática de alta diversidad de especies. Se registran más de setenta especies de aves, entre las que destacan especialmente la tagua (*Fulica sp.*), el pato yunco (*Pelecanoides garnotii*), el pato jergón chico y grande (*Anas flavirostris* y *A. georgica*), el pato real (*Anas sibilatryx*), el pato cuchara (*Anas platalea*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*) y el cuervo de pantano (*Plegades chihi*), entre otros. Además de corresponder a un punto importante en la ruta de migración de las aves a lo largo de la costa chilena, esta laguna constituye un hábitat importante para la fauna íctica, pues es posible encontrar en ella abundantes poblaciones de peces. La unidad vegetacional existente en las riberas corresponde a la denominada vegetación de marismas. La flora acuática se encuentra bastante desarrollada, constituyendo las especies macrófitas, un hábitat propicio para la alimentación, refugio y desove de gran número de especies ícticas y de macroinvertebrados. Esta AP comprende el sitio RAMSAR del mismo nombre. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en D. Ex. 41, del 27/01/2000, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 108. Santuario de la Naturaleza Laguna el Peral

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna El Peral | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 46,35 | Ubicación: | Comuna de El Tabo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Privados | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 08 de septiembre de 1975 |
| Normativa del Área: | D.S. 631, del 31/07/75, del Ministerio de Educación, declara SN "Laguna El Peral". | | |
| Características de Importancia: | Presenta una abundante avifauna y plantas acuáticas; asimismo, presenta vegetación herbácea y arbustiva. Su límite es el cuerpo de agua, más 100 m desde la orilla por todo su contorno. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | No se señalan en el decreto de creación, se toma como límite una franja de 100 m a partir del límite del cuerpo de agua. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que el límite establecido en el Decreto no se cumple en la práctica, ya que la urbanización ha sido permitida por la Municipalidad al interior de los límites de esta AP. Asimismo, se ha reportado presencia de animales domesticos (perros y gatos) en el AP, extracción de agua y contaminación por aguas servidas. | | |

## Ficha N° 109. Santuario de la Naturaleza Las Petras de Quintero

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Petras de Quintero | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 42,00 | Ubicación: | Comuna de Quintero, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Fuerza Aérea de Chile (FACH) | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de agosto de 1993 |
| Normativa del Área: | D.S. 278, del 07/06/93, del Ministerio de Educación, declara SN "Las Petras de Quintero". | | |
| Características de Importancia: | Reviste relevancia por los recursos naturales que alberga y por constituirse en un bosque nativo de pantano de tipo relictual, con especies como: petra (*Myrceugenia exsucca*), canelo (*Drimys winteri*), boldo (*Peumus boldus*), peumo (*Cryptocarya alba*) y lun (*Escallonia sp.*), y por la presencia de unas 60 especies de aves, algunas migratorias, y la existencia de un conchal arqueológico. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se indican en planos adjuntos al decreto de creación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. El administrador del AP ha informado de la proliferación de especies vegetales exóticas invasivas (zarzamoras) y la presión del desarrollo urbano e industrial aledaños. | | |

## Ficha N° 110. Santuario de la Naturaleza Acantilados Federico Santa María

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Acantilados Federico Santa María | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 295,50 | Ubicación: | Comuna de Valparaíso, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile (Fonasa es dueño de 154,8 hás; Ejército de Chile 77,68 hás. y Serviu 92,04 hás.) | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | FONASA y Ejército de Chile | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 01 de agosto de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 699, del 30/05/2006, del Ministerio de Educación, declara SN "Acantilados Federico Santa María". | | |
| Características de Importancia: | Por sus características geomorfológicas se genera un ambiente que conserva y aprovecha mejor la humedad costera, donde se presentan condiciones favorables para la sobrevivencia de especies de flora y fauna, que se encuentran amenazadas en su estado de conservación. | | |
| Régimen de dominio: | Fisco de Chile. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en Anexo 1 del D. Ex. N° 699, del 30/05/2006, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En reporte del Consejo de Monumentos Nacionales se señala que no se puede obligar a los propietarios a implementar mejoras o a invertir en la conservación del sitio. Tampoco existen incentivos para una buena gestión. | | |

## Ficha N° 111. Santuario de la Naturaleza Campo Dunar de la Punta de Concón

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Campo Dunar de la Punta de Concón | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 21,8 | Ubicación: | Comuna de Concón, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Empresa RECONSA S.A. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Empresa RECONSA S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 28 de abril de 1994 |
| Normativa del Área: | D.S. 481, del 05/08/93, del Ministerio de Educación, declara SN "Campo Dunar de la Punta de Concón". D.S. 106, 09/03/94 y D. Ex. 2.131, de 26/12/2006, ambos del Ministerio de Educación, modifican límites del SN Campo Dunar de la Punta de Concón. | | |
| Características de Importancia: | Posee un alto valor educativo y científico por sus arenas relictas y sus caracteres fisiográficos, que constituyen registros de la evolución de paisajes costeros. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D. Ex. N° 2.131, del 26/12/2006, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Se han detectado problemas de degradación relacionados con actividades de distracción con vehículos con tracción en las cuatro ruedas e ingreso de visitantes no controlados. | | |

## Ficha N° 112. Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Palmar El Salto | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 328 | Ubicación: | Comuna de Viña del Mar, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Sociedad Quiscal S.A. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Sociedad Quiscal S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de agosto de 1998 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 805, del 04/08/98, del Ministerio de Educación, declara SN "Palmar El Salto". | | |
| Características de Importancia: | Alberga más de seis mil ejemplares de la especie endémica palma chilena (*Jubaea chilensis*), lo que constituye su principal atributo. Además, en el lugar se desarrolla un sotobosque constituido por especies hidrófilas, escleróficas y xerófitas, destacando en las quebradas el peumo (*Cryptocarya alba*), boldo (*Peumus boldus*), litre (*Lithrea caustica*), molle (*Schinus latifolius*) y helechos de los géneros Blechnum y Adiantum. Presenta una gran diversidad de fauna silvestre destacando entre los mamíferos, el cururo (*Espalacopus cyanus*), el degú costino (*Octodon lunatus*) y el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), además de una variada avifauna, algunos anfibios y especies de fauna íctica. También cuenta con una abundante red de drenaje y gran atractivo paisajístico. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Los límites que determinan esta AP se señalan en plano adjunto al decreto de creación, elaborado por CONAF y corresponden al antiguo fundo Siete Hermanas. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que existe creciente presión inmobiliaria y vialidad proyectada. | | |

## Ficha N° 113. Santuario de la Naturaleza Islotes Adyacentes a la Isla de Pascua e Isla Oceánica Salas y Gómez

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/13 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islotes adyacentes a Isla de Pascua e Isla Oceánica Salas y Gómez | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 255,64 | Ubicación: | Comuna de Isla de Pascua, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | No tiene | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de diciembre de 1976 |
| Normativa del Área: | D.S. 556, de 18/06/76, del Ministerio de Educación, declara SN "Islotes adyacentes a Isla de Pascua e Isla Oceánica Salas y Gómez". | | |
| Características de Importancia: | La fauna del área es de gran importancia, por lo cual adquiere relevancia científica y ecológica. En el caso de los islotes adyacentes a Isla de Pascua, estos están protegidos tanto como PN y SN. Sin embargo, hay una diferencia entre ambas declaratorias. Mientras el Decreto del Parque se refiere específicamente a Motu Nui, Motu Iti, Motu Kao Kao (sector de Rano Kau) y Marotiri (sector de Poike), el Decreto de Santuario se refiere genéricamente a "los islotes adyacentes a la Isla de Pascua". Los cuatro islotes suman una superficie de 5,64 ha. En el caso del PN, la protección de los cuatro islotes mencionados se justifica debido a que constituyen sitios de nidificación de cinco especies de aves marinas, como kena (*Sula dactrylata*), tavake (*Phaeton rubricauda*), makohe (*Fregata minor*), kakapa (*Pterodroma arminjoniana*) y kuma (*Puffi nus nativitatis*). En el caso de los Motu de mayor superficie (Nui, Kao Kao y Marotiri) también es relevante la presencia de la gramínea endémica mauro toa (*Paspalum forsterianum*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Los límites de las islas. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 114. Santuario de la Naturaleza Islote Pájaros Niños

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/14 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islote Pájaros Niños | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 4,50 | Ubicación: | Comuna de Algarrobo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Cofradía Náutica del Pacífico | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de julio de 1978 |
| Normativa del Área: | D.S. 622, del 29/06/78, del Ministerio de Educación, declara SN "Islote Pájaros Niños". Se exceptúa de la declaratoria de Santuario a la concesión de un sector de terrenos de playa y fondos de mar otorgados en concesión a la Cofradía Náutica del Pacífico Austral (D.S. 1.132, 9/10/77, del Ministerio de Defensa Nacional). | | |
| Características de Importancia: | Preservación de las especies de aves existentes en la isla, especialmente, el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Los límites de la isla. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Decreto N° 657, de 1997, de Subsecretaría de Pesca, establece Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos, lo que puede generar problemas asociados a la extracción de recursos. | | |

## Ficha N° 115. Santuario de la Naturaleza Isla Cachagua

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/15 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Cachagua | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 12,40 | Ubicación: | Comuna de Zapallar, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 06 de febrero de 1979 |
| Normativa del Área: | D.S. 02, del 02/01/79 del Ministerio de Educación, declara SN "Isla Cachagua". También fue declarada Monumento Natural, mediante D.S. N° 89, de 27/06/89, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Preservación de las especies de aves existentes en la isla, especialmente el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) y magallánico (*Spheniscus magenorhynchus australis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | El límite está dado por el límite de la isla. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 116. Santuario de la Naturaleza Peñón de Peñablanca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/16 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Peñón de Peñablanca | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 3,69 | Ubicación: | Comuna de Algarrobo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | DIRECTEMAR | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 08 de mayo de 1982 |
| Normativa del Área: | D.S. 772, del 18/03/82, del Ministerio de Educación, declara SN "Peñón de Peñablanca". | | |
| Características de Importancia: | Tiene por objeto preservar los recursos escénicos de El Peñón y las formaciones rocosas de la Punta de Peñablanca en Algarrobo y las especies de aves acuáticas que nidifican en el sector. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Límites del islote. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existen evidencias de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 117. Santuario de la Naturaleza Roca Oceánica

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/17 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Roca Oceánica | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 0,80 | Ubicación: | Comuna de Concón, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ilustre Municipalidad de Concón | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de mayo de 1990 |
| Normativa del Área: | D.S. 481, del 27/03/90, del Ministerio de Educación, declara SN "Roca Oceánica". | | |
| Características de Importancia: | Este grupo rocoso es frecuentado por diversas especies de aves y especies marinas. Se ha conservado en forma natural y libre de contaminación, ofreciendo la posibilidad de llevar a efecto estudios e investigaciones geológicas, ecológicas y biológico-marinas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 3.431 vta. N° 3.956 del Registro de Propiedad de 1975 del C.B.R. de Valparaíso. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 118. Santuario de la Naturaleza Serranía El Ciprés

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/18 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Serranía El Ciprés | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 1.114,80 | Ubicación: | Comuna de San Felipe, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Comunidad Agrícola Serranía El Asiento | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 01 de agosto de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 698, del 30/05/2006, del Ministerio de Educación, declara SN "Serranía El Ciprés". | | |
| Características de Importancia: | En este sector se desarrolla una formación de ciprés de la cordillera o cordillerano (*Astrocedrus chilensis*), especie arbórea endémica de los bosques subantárticos, que se encuentra en estado vulnerable de conservación, siendo relevante considerar que esta formación constituye el límite septentrional de la distribución de la especie. | | |
| Régimen de dominio: | Propiedad privada bajo régimen de comunidad. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el Articulo N° 2, del D. Ex. 698, del 30/05/2006, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 119. Santuario de la Naturaleza Yerba Loca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/19 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Yerba Loca | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 39,03 | Ubicación: | Comuna de Lo Barnechea, Región Metropolitana |
| Propietario: | I. Municipalidad de Lo Barnechea | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de agosto de 1973 |
| Normativa del Área: | D.S. 937, del 24/07/73, del Ministerio de Educación, declara SN "Yerba Loca". | | |
| Características de Importancia: | Su protección se fundamenta en la necesidad de conservar las especies arbóreas existentes, la ecología original de la precordillera y las posibilidades turísticas que ofrece el patrimonio natural de la Región. | | |
| Régimen de dominio: | Municipalidad de Lo Barnechea. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Norte: Desde la línea A-B. Desde la cumbre poniente del Cerro La Paloma por el Cordón de La Sierra Bella por el cerro Littorio hasta la cumbre del cerro Plomo que divide la cuenca del Río Blanco (Comuna de Los Andes) y del Río Olivares (Comuna de San José de Maipo). Sur: Línea C-D. Por la división de las cumbres del Potrero Grande, entre los cerros de los Quempos y el cerro Ramón que divide las cuencas de los esteros El Manzano y de Las Monjas, tributario del río Maipo (Comuna de San José de Maipo). Oriente: Línea B-C. Por un Cordón de cerros altos desde el cerro El Plomo pasando por los cerros Cepo, Laguna, Manantial, hasta los cerros de Los Quempos que divide de la cuenca del río Olivares y estero de los Quempos (Comuna de San José de Maipo). Poniente: Línea D-E-F-G-A. Desde la cumbre del cerro Ramón hasta la cumbre del Alto Provincia, línea que divide de la Comuna de la Reina (D=E); desde este punto bajando por un cordón secundario hasta La Ermita (E-F), confluencia de los ríos San Francisco y Molina formando ahora el río Mapocho; bordeando el río San Francisco entre La Ermita y la confluencia con el estero de la Yerba Loca (F-G) y finalmente subiendo por un cordón de cerros secundarios hasta la cumbre poniente del cerro La Paloma (G-A). La línea E-F-G-A divide el terreno elegido del resto de la comuna de Las Condes. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Consejo de Monumentos Nacionales reporta que existen demasiados dueños, lo que dificulta la buena gestión del AP. Funcionarios de Municipalidad de Lo Barnechea han reportado ingreso de ganado. | | |

## Ficha N° 120. Santuario de la Naturaleza Los Nogales

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/20 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Nogales | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 11.025 | Ubicación: | Comuna de Lo Barnechea, Región Metropolitana |
| Propietario: | Sociedad Santuarios de la Cordillera Ltda. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Sociedad Santuarios de la Cordillera Ltda. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de agosto de 1973 |
| Normativa del Área: | D.S. 726, del 15/06/73, del Ministerio de Educación, declara SN "Los Nogales". | | |
| Características de Importancia: | Existencia de vegetación autóctona y especies de fauna casi extinta y la conveniencia de conservar la riqueza natural para el estudio y la investigación de la flora, fauna y los ecosistemas de la precordillera central. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 10.312, N° 9.387, del Registro de Propiedad de 1998, del C.B.R. de Santiago correspondiente a las Hijuelas A y C de la subdivisión del Fundo Los Nogales, comuna de Lo Barnechea. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 121. Santuario de la Naturaleza Altos de Cantillana

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/21 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Altos de Cantillana | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 2.743 | Ubicación: | Comuna de Alhué y Melipilla, Región Metropolitana |
| Propietario: | Sociedad Agrícola Los Hornos Ltda. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Corporación Altos de Cantillana | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de abril del 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. N° 382, de 1997, del Ministerio de Agricultura, fue declarada como Área prohibida de Caza de Fauna Silvestre. D.S. 517, del 30/12/2009, del Ministerio de Educación, declara SN "Altos de Cantillana". | | |
| Características de Importancia: | Radica en la existencia de vegetación y especies de fauna endémica casi extintas. Flora: Con un 40% de endemismo, destaca la presencia de Avellanita, arbusto endémico de los bosques esclerófilos de la cordillera de la Costa en la Zona Central de Chile que se pensaba extinto. Están presentes también en el área otras especies "vulnerables" como Belloto del Norte, Palma Chilena y Lingue del Norte. Especies presentes como: Roble de Santiago y Huillipatagua o Naranjillo. Adicionalmente, la meseta de la cordillera de la Costa "Altos de Cantillana" se ubica en la Ecorregión Mediterránea de Chile Central, considerada como uno de los 35 lugares más significativos del mundo, para concentrar esfuerzos de conservación de la biodiversidad (*hot spot*). Fauna: En la región Mediterránea existen 287 especies de vertebrados terrestres (553 a nivel nacional). En los Altos de Cantillana está representado un 36% de las especies de la región y el 38% de las especies involucradas están clasificadas con algún tipo de amenaza, desde el punto de vista de la conservación. Ejemplos de ello son: Lagarto Gruñidor de Valeria, endémico y en peligro; Sapito de Cuatro Ojos, inadecuadamente conocido. Sapo Arriero, endémico e insuficientemente conocido. Torcaza y Choroy, en peligro. Loro Tricahue y Cóndor, vulnerable. Güiña, insuficientemente conocida y rara. Quique, vulnerable. Zorro Rojo y Zorro Gris, inadecuadamente conocidos. Llaca, rara. Vizcacha, en peligro. Coipo, vulnerable. Ratón Chinchilla y Ratón lanudo inadecuadamente conocidos y Gato Colocolo, insuficientemente conocido. Asimismo, esta área tiene carácter de Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad en el Plano Regulador Metropolitano de Santiago. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 517, DEL 30/12/09, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión, salvo que al momento de fijar los deslindes de este SN se determinó excluir 507 ha debido a la superposición de límites con propiedad de Sucesión Contreras. | | |

## Ficha N° 122. Santuario de la Naturaleza Las Torcazas de Pirque

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/22 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Torcazas de Pirque | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 827 | Ubicación: | Comuna de Pirque, Región Metropolitana |
| Propietario: | Jaime Gaete Calderón | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 03 de diciembre de 2007 |
| Normativa del Área: | D.S. 1977, del 11/10/2007, del Ministerio de Educación, declara SN "Las Torcazas de Pirque". | | |
| Características de Importancia: | Radica en la existencia de vegetación autóctona y especies de fauna casi extinta y la conveniencia de conservar la riqueza natural para el estudio y la investigación de la flora, fauna y los ecosistemas de la precordillera central. Siendo la principal especie a proteger la Torcaza (*Columba araucana*) catalogada como en "Peligro de Extinción" en la Región Metropolitana y "Vulnerable" a nivel nacional. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 1.977, del 11/10/2007, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Propietario privado ha informado del ingreso de personas que acceden furtivamente, contaminan, cazan aves y conejos y destruyen vegetación. | | |

## Ficha N° 123. Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/23 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | San Francisco de Lagunillas y Quillayal | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 13.426 | Ubicación: | Comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana |
| Propietario: | Sara Larraín Ruiz-Tagle | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 26 de abril de 2008 |
| Normativa del Área: | Resolución N° 1.138, del 13/11/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional la Comuna de San José de Maipo. D.S. 78, del 04/10/2005, declara "Zona de Interés Científico para Efectos Mineros". D. Ex. 775, 08/04/2008, del Ministerio de Educación, declara SN "San Francisco de Lagunillas y Quillayal". | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a un ecosistema de montaña con representación de las ecorregiones: Matorral y Bosque Esclerófilo, matorral esclerófilo andino y Estepa Alto Andina. Estas ecorregiones representan un reservorio de una importante muestra biológica a nivel nacional y están considerados dentro de las áreas geográficas que sustentan una alta biodiversidad de Chile Central y concentran una importante muestra de especie de flora y fauna nativas, algunas de las cuales son endémicas. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en D.S. 775, 08/04/2008, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Propietario privado informa de la existencia de pertenencias mineras y de central hidroléctrica, corta de vegetación para leña y caza furtiva. | | |

## Ficha N° 124. Santuario de la Naturaleza Cascada de Las Ánimas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/24 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cascada de Las Ánimas | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 3.600 | Ubicación: | Comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana |
| Propietario: | Familia Astorga | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de agosto de 1995 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 480, del 16/08/95, del Ministerio de Educación, declara SN "Cascada de Las Ánimas". **Resolución N° 1.138,** del 13/11/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional la Comuna de San José de Maipo. **D.S. 78**, del 04/10/2005, declara "Zona de Interés Científico para Efectos Mineros". | | |
| Características de Importancia: | El patrimonio natural de dicha área se caracteriza por la presencia de flora y vegetación nativa de tipo esclerófila y xerófita de la precordillera andina, como también por la existencia de fauna asociada a dicho ambiente precordillerano: zorros (*Pseudalopex* sp.), pumas (*Puma concolor),* quiques (*Galictis cuja)*, güiña (*Oncifelis guigna)*, vizcachas (*Lagivium viscacia*), entre otros, y una variada avifauna. También posee un alto valor escénico, en el cual se integran diferentes formas geomorfológicas, vegetacionales e hidrográficas. | | |
| Régimen de dominio: | Privados. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Propietario privado informa de disminución de caudal de vertiente, estero y río como consecuencia de proyecto hidroeléctrico Alto Maipo. | | |

## Ficha N° 125. Santuario de la Naturaleza Cerro El Roble

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/25 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro El Roble | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 998,60 | Ubicación: | Comuna de Tiltil, Región Metropolitana |
| Propietario: | Asociación de Comuneros La Capilla de Caleu. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Asociación de Comuneros La Capilla de Caleu. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de julio de 2000 |
| Normativa del Área: | D.S. 438, de 1976, de Ministerio de Agricultura, ha sido declarada como Área de Protección de Ecosistema Vegetacional y clasificada como Área de Preservación Ecológica en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago. D. Ex. 229, del 27/06/2000, del Ministerio de Educación, declara SN "Cerro El Roble". | | |
| Características de Importancia: | Se encuentra la roblería más boreal de tipo relicto de Chile, es decir, establecida hace miles de años en condiciones climáticas diferentes de la especie conocida como roble blanco o roble de Santiago (*Nothophagus oblicua*). La mayor parte de las especies arbóreas y arbustivas del sector son típicas y endémicas de la zona central mediterránea, encontrándose las siguientes unidades de vegetación: bosque hidrófilo, bosque caducifolio, matorral andino, matorral espinoso xerófito y bosque esclerófilo. | | |
| Régimen de dominio: | Privados. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Las coordenadas UTM de los vértices que determinan el área del SN, se señalan en el plano adjunto al decreto de creación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Propietario privado ha reportado extracción de flora nativa, leña y tierra de hojas | | |

## Ficha N° 126. Santuario de la Naturaleza Laguna Torca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/26 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Torca | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 186 | Ubicación: | Comuna de Vichuquén, Región del Maule |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público y 0,5 ha de propiedad de CONAF | Ambiente: | Lacustre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de septiembre de 1975 |
| Normativa del Área: | D.S. 680, del 25/08/75, del Ministerio de Educación, declara SN "Laguna Torca". | | |
| Características de Importancia: | Forma parte de la RN Laguna Torca y su protección obedece a características ecológicas y culturales, por sus recursos naturales y características geológicas y geomorfológicas. La vegetación de esta área está formada por diversas especies, de acuerdo a los diversos sectores que la conforman. En la vegetación de ribera, que constituye el ecotono de la Laguna, destaca el batro (*Scirpus californicus*) y la totora (*Typha angustifolia*) mientras que en las especies acuáticas y sumergidas figuran la lengua de agua (*Potamogetum lucens*), el pelo de marismas (*Ruppia maritima*) y la lorota o hierba de sapo (*Myriophillum sp.*). Además, posee un sector donde la vegetación herbácea y arbustiva cumple una función importante para detener el avance de la arena. Entre la vegetación herbácea se encuentran especies como el pasto barrón (*Amophila areanaria*), garra de león (*Sanicula liberta*), doca (*Carpobrotus chilensis*) y algunas gramíneas. La estrada arbustiva está conformada principalmente por lupino (*Lupinus arboreus*) y genista (*Genista hispánica*). La zona reviste especial importancia histórica y cultural por sus particulares rasgos ecológicos, geográficos y arqueológicos. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso público coexiste con retazo de propiedad de CONAF. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se considera como límite 8 m desde el límite de inundación máximo del cuerpo de agua. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Consejo de Monumentos Nacionales reporta que se están estudiando irregularidades existentes. | | |

## Ficha N° 127. Santuario de la Naturaleza Alto Huemul

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/27 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alto Huemul | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 35.000 | Ubicación: | Comunas de San Fernando, Teno y Romeral, Regiones del Libertador B. O'Higgins y del Maule |
| Propietario: | Sociedad Inmobiliaria Ecológica Alto Huemul S.A. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Sociedad Inmobiliaria Ecológica Alto Huemul | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 23 de octubre de 1996 |
| Normativa del Área: | D.S. 572, del 09/10/96, del Ministerio de Educación, declara SN "Alto Huemul". | | |
| Características de Importancia: | Posee un bosque catedral de robles (*Nothofagus obliqua*), el más septentrional de su especie y tiene valor ecológico, florístico y recreacional. Además cuenta con bosquecillos de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) con un alto valor por la biodiversidad de los ecosistemas de tipo mediterráneo y altoandino, los que incluyen varios cordones cordilleranos que sirven de hábitat a flora y fauna nativas. | | |
| Régimen de dominio: | Privados. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Han existido problemas de delimitación de dominio entre particulares. | | |

## Ficha N° 128. Santuario de la Naturaleza El Morrillo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/28 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | El Morrillo | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 1.100 | Ubicación: | Comuna de San Clemente, Región del Maule |
| Propietario: | Gonzalo Urzúa Urzúa | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privados | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 15 de julio de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 879, del 30/06/2005, del Ministerio de Educación, declara SN "El Morrillo". | | |
| Características de Importancia: | Posee un alto valor ambiental que se refleja en la singularidad de la biodiversidad, aporte a la conectividad (corredor biológico de las RN Radal Siete Tazas, al norte, y Altos de Lircay, al sur) y un alto endemismo a nivel regional. | | |
| Régimen de dominio: | Privados. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 879, del 30/06/2005, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Existen problemas de límites y propiedad. Un vecino solicitó corregir decreto de creación fundado en que incluye parte de la superficie del predio de su propiedad denominado "Resto de Parte del Fundo El Picazo Alto". | | |

## Ficha N° 129. Santuario de la Naturaleza Rocas de Constitución

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/29 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Rocas de Constitución | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 108,40 | Ubicación: | Comuna de Constitución, Región del Maule |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 01 de agosto de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 1.029, del 25/05/2007, del Ministerio de Educación, declara SN "Rocas de Constitución". | | |
| Características de Importancia: | Este sector es de gran importancia ecológica para la preservación de las especies de aves existentes, especialmente en el área denominada "Piedra de la Iglesia", pues constituye un lugar de nidificación de distintas especies de gaviotas, cormoranes y pelícanos. Además, en el área es posible observar dos unidades geomorfológicas: planicies costeras (terrazas) y cordillera de la Costa. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de uso público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | En el D. Ex. 1.029, del 25/05/2007, del Ministerio de Educación, se señala polígono con coordenadas UTM. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 130. Santuario de la Naturaleza Humedal de Reloca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/30 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Humedal de Reloca | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 394 | Ubicación: | Comuna de Chanco, Región del Maule |
| Propietario: | Bosques Pacífico Verde S.A. | Ambiente: | Albufera y sistemas dunares |
| Administración: | Bosques Pacífico Verde S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 23 de noviembre del 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.613, de 28/10/2005, del Ministerio de Educación, declara SN "Humedal de Reloca". | | |
| Características de Importancia: | Presenta una elevada abundancia de aves acuáticas, tanto residentes como migratorias, siendo de singular interés para la conservación e investigación de especies como las gaviotas (*Larus bulleri*), pelícanos (*Pelecanus thagus*), los patos yeco (*Anas bernieri*) y lile (*Phalacrocorax gaimardi*), garuma (*Larus modestus*) y golondrinas (*Riparia riparia*). También se observa presencia de aves campestres, como el zorzal (*Turdus falklandii*), el tordo (*Curaeus curaeus*), la loica (*Sturnella loyca*), la tenca (*Mimus thenca*), el chercán (*Troglogytes aedon chilensis*), la diuca (*Diuca diuca*) y el chirigüe (*Sicalis luteiventris*). Este humedal es relevante para especies poco comunes, tanto en la Región del Maule como en los humedales costeros de la región mediterránea, como el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), y algunas especies de gaviotines (*Sterna sp.* y *Larosterna sp.*) y chorlos (*Charadrius sp.*), además del cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), gaviota garuma (*Larus modestus*) y pato cuchara (*Anas platalea*). | | |
| Régimen de dominio: | Privados. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 1.613, de 28/10/2005, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Consejo de Monumentos Nacionales reporta que no hay interés de los propietarios de abrir el SN al público y a inversionistas en su gestión. | | |

## Ficha N° 131. Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/31 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Península de Hualpén | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 2.644,40 | Ubicación: | Comuna de Hualpén, Región del Biobío |
| Propietario: | Varios propietarios: Gustavo Muñoz (Fundo Ramuncho), Familia Macaya (Fundo Chome), Fernando Bustos (Parque Pedro de Río Zañartu), etc. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Privado y municipal | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de diciembre de 1976 |
| Normativa del Área: | D.S. 556, del 18/06/76, del Ministerio de Educación, declara SN "Península de Hualpén". | | |
| Características de Importancia: | La vegetación se caracteriza por la coexistencia de comunidades de matorral costero arborescente de la zona mesomórfica y bosque de la zona hidromórfica. Otro aspecto de gran relevancia lo constituye la existencia de sitios de nidificación de aves migratorias en la zona que comprende los roqueríos y acantilados del litoral. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Norte, litoral marino de la bahía de San Vicente y camino que va de Lenga a Concepción, en el tramo comprendido entre la citada bahía y su intersección con la prolongación en línea recta del límite Este del "Parque Pedro del Río Zañartu"; Sur, Río Biobío y litoral marino del Océano Pacífico; Este, Límite divisorio de propiedad del "Parque Pedro de Río Zañartu" con propiedad de Corfo, y su prolongación en línea recta hasta el camino que va de Lenga a Concepción; Oeste, litoral marino del Océano Pacífico. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que existen problemas de coordinación con la Municipalidad de Hualpén. Los propietarios particulares incurren en incumplimiento de la Ley de Monumentos Nacionales. La administración del Parque Pedro del Río ha incurrido en permitir actividades que no son compatibles con un área protegida. | | |

## Ficha N° 132. Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocomayo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/32 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Cruces y Chorocomayo | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 4.877 | Ubicación: | Comuna de Valdivia, Región de los Ríos |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de julio de 1981 |
| Normativa del Área: | D.S. 2.734, del 03/06/81, del Ministerio de Educación, declara SN "Río Cruces y Chorocomayo". El 27 de julio de 1981 fue declarado Sitio Ramsar. | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a un humedal costero del tipo estuario con influencia oceánica. Mantiene una importante colonia de aves y mamíferos. Los humedales concentran más del 1% de la población nacional de las tres especies de los géneros Áulica (*Cygnus Aulica*), taguas (*Fulica cornuta*) y cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). Este humedal es el de mayor valor ecológico reconocido en la Región de Los Ríos, de régimen estuarial y de más de 6 mil hectáreas. El valor ecológico, social y cultural de este humedal está ampliamente reconocido. El humedal se formó tras el descenso del terreno ocasionado por el terremoto de 1960. La extensión de este humedal es de 25 km de largo y un promedio de 2 km de ancho. Su superficie incluye lechos, islas, riberas y bañados de los ríos Cruces y Chorocomayo y se emplaza en el cauce del primero, uno de los afluentes de la cuenca hidrográfica del río Valdivia, compuesta por una red fluvial de unos 250 km. En el Santuario se han censado 119 especies de aves que además de ser su principal sitio de nidificación, dependen directa o indirectamente de este humedal y ambientes aledaños. Destaca por haber sido el principal núcleo de nidificación del cisne de cuello negro, además de albergar especies en peligro de extinción como el cisne coscoroba, cuervo de pantano y águila pescadora. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de uso público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. Se ha reportado la existencia de caza y pesca ilegal y fue objeto en 2005 de un controvertido proceso de contaminación, aun no totalmente aclarado en su origen, que provocó alta mortandad en población de cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). | | |

## Ficha N° 133. Santuario de la Naturaleza Los Huemules de Niblinto

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/33 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Los Huemules de Niblinto | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 7.852,2 | Ubicación: | Comuna de Coihueco, Región del Biobío |
| Propietario: | Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF), Sociedad Agrícola y Forestal Los Robles y CONAF. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Comité Pro Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF) | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 09 de noviembre de 1998 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 1.014, del 26/10/98, del Ministerio de Educación, declara SN "Los Huemules de Niblinto". D.S. 102, de 2002, del Ministerio de Minería, declara Área de Interés Científico para efectos mineros. | | |
| Características de Importancia: | Se inserta en la denominada área de Los Nevados de Chillán. Posee importantes ecosistemas forestales asociados a innumerables otras especies de flora, las que determinan una formación vegetacional predominante denominada bosque caducifolio de la montaña. Otro elemento es la presencia de la especie nativa huemul (*Hippocamelus bisulcus*), ciervo heráldico de Chile. El Santuario se constituye en el hábitat más septentrional del país para esta especie. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 134. Santuario de la Naturaleza Lobería de Cobquecura

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/34 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lobería de Cobquecura | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 250 | Ubicación: | Comuna de Cobquecura, Región del Biobío |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de octubre de 1992 |
| Normativa del Área: | D.S. 544, del 01/09/92, del Ministerio de Educación, declara SN "Lobería de Cobquecura". | | |
| Características de Importancia: | Comprende los islotes Lobería y Lobería Iglesia de Piedra. Su protección se fundamenta en el interés mundial relativo a la mantención de la biodiversidad en pro de la conservación de los lobos marinos de un pelo (*Otaria byronia*) que habitan el área. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de uso público y territorio marítimo. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Comprende desde los tres islotes que conforman la Lobería de Cobquecura por el Sur, hasta el promontorio rocoso denominado Iglesia de piedra, que se encuentra en el extremo norte de la playa de Cobquecura, y el espacio marítimo que se encuentra comprendido entre ambas formaciones rocosas, abarcando una extensión de 250 ha. El límite del espacio marino esta dado por una línea de 5 km en sentido Norte-Sur que une la lobería con la Iglesia de Piedra. En sentido Este-Oeste comprende una extensión de 500 m desde la línea de marea hacia el mar. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que la vigilancia del área protegida está a cargo de la Capitanía de Puerto Lirquén-Tomé, sin embargo, frecuentemente se vulnera la protección por parte de pescadores artesanales e incluso industriales. | | |

## Ficha N° 135. Santuario de la Naturaleza Alerzales Potrero de Anay

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/35 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Alerzales Potrero de Anay | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 18.852,41 | Ubicación: | Comunas de Castro, Dalcahue y Chonchi, Provincia de Chiloé, Región de los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 01 de septiembre de 1978 |
| Normativa del Área: | D.S. 835, 01/09/76, del Ministerio de Educación, declara SN "Alerzales Potrero de Anay". | | |
| Características de Importancia: | Flora y vegetación de alto interés específicamente por poseer un bosque de alerces milenarios. Este SN está inserto dentro del PN Chiloé. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 136. Santuario de la Naturaleza Bosque Fósil Punta de Pelluco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/36 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bosque Fósil Punta de Pelluco | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 4 | Ubicación: | Comuna de Puerto Montt, Región de los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ejército de Chile | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de julio de 1978 |
| Normativa del Área: | D.S. 48, del 17/01/78, del Ministerio de Educación, declara SN "Bosque Fósil Punta de Pelluco". | | |
| Características de Importancia: | Bosque alerzal fósil no petrificado y conservado en forma natural. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Norte: Con la base del barranco. Sur: la línea de playa con bajamar. Este: Línea arbitraria que une perpendicularmente al barranco con la línea de playa con bajamar, cien metros al este de Punta Pelluco, y Oeste: Línea arbitraria que une perpendicularmente el barranco con la línea de playa con baja mar, trescientos metros al oeste de Punta Pelluco. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Existe sobreposición con concesión acuícola otorgada a Sindicato de Trabajadores Independientes de Trabajadores Artesanales San Pedro de Pelluco por Resolución (M) N° 019 de 12/01/98. | | |

## Ficha N° 137. Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/37 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Parque Pumalín | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 288.689 | Ubicación: | Comunas de Hualaihué, Chaitén y Cochamó, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fundación Pumalín | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Fundación Pumalín | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 26 de octubre de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 1.137, del 19/08/2005, del Ministerio de Educación, declara SN "Parque Pumalín". | | |
| Características de Importancia: | Su importancia ecológica radica en la posibilidad de conservar ecosistemas de gran biodiversidad, permitiendo la evolución natural de los ecosistemas terrestres, lacustres y costeros. Conservación de bosques lluviosos templados latifoliados, únicos en el mundo y bajo fuerte presión por su uso y la protección de ecosistemas de fiordos. Destaca la presencia de importantes masas boscosas de alerce (*Fitzroya cupressoides*), con individuos milenarios, y la presencia del ciprés (*Austrocedrus chilensis*) en su límite más austral. Cuenta con cinco de los doce tipos forestales de bosque nativo descritos para Chile. Se observa la presencia de especies de fauna como la comadrejita trompuda (*Rhyncholestes raphanurus*), el huillín (*Lontra provocax*), la güiña (*Oncefelis guigna*), el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el puma (*Puma concolor*), el pudú (*Pudu pudu*), el quique (*Galictis cuja*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), la torcaza (*Patagioenas araucana*) y choroy (*Enicognatus leptorhynchus*). Cuenta con protección hídrica de al menos 12 cuencas de variados tamaños e importancia, desde sus inicios hasta sus desembocaduras. | | |
| Régimen de dominio | Privado. | | |
| Inscripción o Registro | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Señalados en el D.S. 1.137, del 19/08/2005, del Ministerio de Educación | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión | En la revisión de antecedentes no existe evidencia de problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 138. Santuario de la Naturaleza Capilla de Mármol

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/38 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Capilla de Mármol | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 50 | Ubicación: | Comuna de Río Ibáñez, Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público/ Héctor Martínez Muñoz | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR)/ Propietario Héctor Martínez Muñoz | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de julio de 1994 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 281, del 22/06/94, del Ministerio de Educación, declara SN "Capilla de Mármol". | | |
| Características de Importancia: | Patrimonio Geológico, de gran belleza paisajística. Las características de las rocas expuestas en el área y su entorno natural confieren un escenario único, de alto potencial educativo y turístico. | | |
| Régimen de dominio: | Mixto Bien nacional de uso público y propiedad privada. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la revisión de antecedentes existen evidencias de denuncias de sustracción de piezas de mármol. | | |

## Ficha N° 139. Santuario de la Naturaleza Estero Quitralco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - SN/39 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Estero Quitralco | Categoría AP: | Santuario de la Naturaleza |
| Superficie (ha): | 17.600 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 23 de noviembre de 1996 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 600, del 07/11/96, del Ministerio de Educación, declara SN "Estero Quitralco". | | |
| Características de Importancia: | La relevancia de su protección la constituyen las especies de fauna y avifauna y el valor paisajístico, que se traduce en un importante atractivo turístico de la zona. Existen una serie de especies de fauna y avifauna, como la garza cuca (*Ardea cocoi*), el gallo huillín (*Campephilus magellanicos*), el pato lile (*Phalacrocorax gaimardi*), el pato vapor (*Tachyeres pteneres*) y, ocasionalmente, toninas (*Cephalorhynchus commersoni*) y cetáceos, para los cuales es vital la conservación de su ecosistema. De igual forma, la preservación del paisaje del estero, islas y borde costero, junto a la flora y fauna de varios afloramientos termales, constituyen atractivos turísticos de proyección para la investigación básica y aplicada e impulso de actividades de producción de recursos hidrobiológicos en el marco de la normativa ambiental vigente y conservación del ecosistema. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de uso público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se indican en los planos adjuntos al decreto de creación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se reporta que se autorizaron concesiones acuícolas al interior de esta área protegida. | | |

## Ficha N° 140. Bien Nacional Protegido Quebrada de Chaca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Quebrada de Chaca | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 5,4 | Ubicación: | Comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 14 de agosto de 2010 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 573, del 23/07/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Quebrada de Chaca". | | |
| Características de Importancia: | El inmueble fiscal tiene por objetivo la conservación de la única población en el país del Clavel del aire (*Tillandsia marconae*) y el hábitat de alimentación y reproducción del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrelli*), que se encuentra en peligro de extinción y la vegetación nativa de la zona de quebrada y las especies Chañar (*Geoffroea Decorticans*), Garza (Haplorus Peruvianus) y Guacán (*Myrica Pavonis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida (global) a Fjs. 25 vta. N° 60 del Registro de Propiedad del año 1935, del C.B.R. de Arica. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. 573, del 23/07/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 141. Bien Nacional Protegido Cerro Poconchile

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Poconchile | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 1197,09 | Ubicación: | Comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 14 de agosto del 2010 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 573, del 23/07/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Cerro Poconchile". | | |
| Características de Importancia: | El inmueble fiscal tiene por objetivo la conservación de la única población en el país del Clavel del aire (*Tillandsia marconae*) y el hábitat de alimentación y reproducción del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrelli*), que se encuentra en peligro de extinción y la vegetación nativa de la zona de quebrada y las especies Chañar (*Geoffroea decorticans*), Garza (*Haplorus peruvianus*) y Guacán (*Myrica pavonis*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida (global) a Fjs. 25 vta. N° 60 del Registro de Propiedad del año 1935, del C.B.R. de Arica. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 573, del 23/07/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se ha reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado la circulación de vehículos fuera de caminos establecidos, remoción de suelo y existencia de microbasurales. | | |

## Ficha N° 142. Bien Nacional Protegido Patache

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Patache | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 1.114,40 | Ubicación: | Comuna de Iquique, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a la P. Universidad Católica de Chile. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 632, del 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Patache". D. Ex. 363, del 10/08/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, entrega por 25 años en concesión a la P. Universidad Católica de Chile. | | |
| Características de Importancia: | Destaca su alto valor biocultural, emplazado en el desierto. Representa un ecosistema relictual con alta relevancia ecológica debido a la presencia de especies endémicas como coleópteros, reptiles y flora. El predio contiene vestigios de la antigua comunidad cazadora-recolectora que habitaba la zona hace alrededor de 6.300 a.p. a 8.000 años a.p. Objetivo de la concesión es el desarrollo de ciencia básica y aplicada. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 785 N° 1.033 del Registro de Propiedad del año 1979, del C.B.R. de Iquique, individualizado en el plano N° I-2-9200-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Terrenos Fiscales en línea recta imaginaria que une los vértices PAT F y PAT A; Terrenos Fiscales en línea recta imaginaria que une los vértice PAT A y PAT B; y Terrenos Fiscales en línea recta imaginaria que une los vértices PAT B y PAT C. Este: Terrenos Fiscales en línea recta imaginaria que une los vértices PAT C y PAT D; y terrenos Fiscales en línea recta imaginaria que une los vértices PAT D y PAT E. Oeste: Ruta A-1 en línea recta imaginaria que une los vértices PAT E y PAT F. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 143. Bien Nacional Protegido Salar del Huasco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar del Huasco | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 119.701,83 | Ubicación: | Comuna de Pica, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 633, del 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Salar del Huasco". Resolución Ex. N° 1.248, del 11/11/2005, del SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico, área Pica-Salar del Huasco. Ha sido declarado Sitio Ramsar con fecha 2/12/96 con una superficie de 6.000 ha. | | |
| Características de Importancia: | El predio fiscal protegido considera la totalidad de la cuenca donde se emplaza el Salar. Alberga un ensamble biológico de alta relevancia. Destacan especies de flora amenazadas de extinción, endémicas y/o de valor para actividades humanas (valor utilitario) como Llareta (*Azorella compacta*) y Queñoa (*Polylepis tarapacana*). Por otra parte el Salar del Huasco es uno de los pocos sitios donde nidifican las tres especies de flamencos sudamericanos: flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) y flamenco James (*Phoenicoparrus jamesi*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1.388 vta., N° 1.365 del Registro de Propiedad del año 1983, del C.B.R. de Pozo Almonte, individualizado en el plano N° I-2-9293-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 633, del 30/11/05, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la existencia de problemas de dominio y delimitación de la propiedad, como asimismo, introducción de ganadería y sobrepastoreo. | | |

## Ficha N° 144. Bien Nacional Protegido Desembocadura del Río Loa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Desembocadura del Río Loa | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 508,31 | Ubicación: | Comuna de Iquique y Tocopilla, Regiones de Tarapacá y Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile. | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 661, del 16/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Desembocadura del Río Loa". | | |
| Características de Importancia: | El sector constituye el hábitat de una singular biocenosis, la cual conjuga elementos provenientes del desierto interior y la costa, siendo facilitado por la presencia del río que actúa como corredor natural. Las características de humedal permiten la existencia de una rica avifauna. Un elemento adicional es la presencia de evidencias arqueológicas e históricas de gran importancia. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 785 N° 1.033 del Registro de Propiedad del año 1979, del C.B.R. de Iquique, individualizado en el plano Nº I-2-9.297-CR y a Fjs. 199 N° 159 del Registro de Propiedad del año 1994, del C.B.R. de Tocopilla, individualizado en el plano N° II-1-3.726-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D. Ex. 661, del 16/12/05, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado la introducción de jaurías de perros asilvestrados que atacan especies nativas (*Thylamis elegans*). Además, se informa de intervenciones que afectan la calidad y el régimen del caudal del Río Loa. | | |

## Ficha N° 145. Bien Nacional Protegido Caserones

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Caserones | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 60 | Ubicación: | Comuna de Pozo Almonte, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de febrero de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 814, del 18/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Caserones". | | |
| Características de Importancia: | Patrimonio Arqueológico. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1.380 N° 1.364 del Registro de Propiedad del año 1983, del C.B.R. de Pozo Almonte, individualizado en el plano N° 01404-13-CR. | | |
| Deslindes: | Noreste: Terreno Fiscal, en línea AB. Sureste: Terreno fiscal, en línea BC. Suroeste: Terreno fiscal, en línea CD. Noroeste: Terreno fiscal, en línea DA. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 146. Bien Nacional Protegido Península de Mejillones

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Península de Mejillones | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 7.215,84 | Ubicación: | Comuna de Mejillones, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de febrero de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 664, del 28/12/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Península de Mejillones". | | |
| Características de Importancia: | Presenta una gran relevancia para la conservación de procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marinocostero. La presencia de surgencias marinas genera una alta disponibilidad de alimento para las especies vinculadas al ecosistema marino-costero, lo que permite que este lugar contenga una gran abundancia y riquezas de especies, muchas de las cuales presentan problema de conservación. El predio protegido ofrece para estas y otras especies hábitat de refugio, alimentación y reproducción. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 635 N° 754 del Registro de Propiedad del año 1965, del C.B.R. de Antofagasta, individualizado en el plano N° II-2-7569-CU. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno; Este: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno y con terrenos fiscales en línea quebrada de 7 parcialidades comprendidas entre los puntos V-1 y V-8, en 903,07 m, 1.996,05 m, 1.934,08 m, 3.286,34 m, 8.551,22 metros, 825,40 m y 4.860,71 m, respectivamente; Sur: Terrenos fiscales en línea recta comprendida entre los puntos V-8 y V-9, en 4.033,38 m; y Oeste: Borde de acantilado. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas jurídicos para su gestión, relacionados con asentamientos humanos irregulares en el borde costero, lo que además implica contaminación e introducción de animales domésticos asociados a actividades productivas (extracción de recursos bentónicos, guano, extracción de algas, etc.) y recreativas. | | |

## Ficha N° 147. Bien Nacional Protegido Isla Santa María

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Santa María | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 85,86 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de mayo de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 663, del 28/12/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Isla Santa María". | | |
| Características de Importancia: | Presenta una gran relevancia para la conservación de procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marino-costero. Constituye el hábitat de una gran cantidad de especies de aves, mamíferos e invertebrados marinos. Se constituye como sitio de nidificación de varias especies de aves dentro de las que destacan la gaviota peruana (*Larus belcheri*), el gaviotín monja (*Larosterna inca*), y uno de los pocos lugares de nidificación registrados para gaviotín chirrío (*Sterna lorata*). El predio protegido ofrece para estas y otras especies hábitat de refugio y alimentación. | | |
| Régimen de dominio | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 862 N° 1.035 del Registro de Propiedad del año 1979 del C.B.R. de Antofagasta, individualizado en el plano N° II-2-7568-CU. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno. Este: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno; Sur: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno, y Oeste: Línea a 80,00 m de la línea de playa que lo separa del Mar Chileno. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión; sin embargo se ha informado de la acumulación de residuos sólidos proveniente de localidades aledañas. | | |

## Ficha N° 148. Bien Nacional Protegido Isla Laguna Lejía

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Lejía | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 3.979,59 | Ubicación: | Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de enero de 2011 |
| Normativa del Área: | D. Ex. 1.524, del 29/12/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Laguna Lejía". | | |
| Características de Importancia: | La destinación tendrá como objetivo específico la conservación y protección de la formación vegetacional Estepa Altoandina de Atacama; Laguna Lejía como ecosistema lacustre, hábitat de especies de avifauna con problemas de conservación como: el Suri (*Pterocnemiqa Pennata*), en categoría de peligro de extinción; la Parina Chica (*Phoenicaparrus jamesi*), Parina Grande (*Phoenicoparrus Andinus*) y el Flamenco Chileno (*Phoenicoparrus chilensis*), en categoría vulnerable. Además de reconocidas especies de mamíferos nativos como vicuña (*Vicugna vicugna*), en categoría de en peligro; Tucotuco del Tamarugal (*Ctenomys Fulvus*), en categoría de vulnerable y un número importante de especies de flora como la *Calceolaria Stellariifolia* y *Junellia Tridáctila*. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 34 N° 28 del Registro de Propiedad del año 1993, del C.B.R. de Calama. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 1.524, del 29/12/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 149. Bien Nacional Protegido Morro Desembocadura Río Copiapó

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Morro Desembocadura Río Copiapó | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 8.052,03 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de enero de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 383, del 15/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Morro Desembocadura Río Copiapó". | | |
| Características de Importancia: | En este predio se distribuyen los pisos vegetacionales Matorral Desértico Mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *Atriplex clivicola*, y Matorral Desértico Mediterráneo costero de *Oxalis gigantea* y *Eulychnia Breviflora*, los cuales se encuentran escasamente representados en el sistema de áreas protegidas, y presentan una baja existencia en el resto del territorio nacional. A su vez, el predio cumple la función de amortiguación para el Área Marina y Costera Protegida (AMCP) de Atacama, asegurando la conservación de los procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marino-costero. Además de ser un lugar de patrimonio paleontológico y arqueológico. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 527 vta., N° 500 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. de Copiapó, reinscrita a mayor cabida a Fjs. 207 N° 180 del Registro de Propiedad del año 1996 del C.B.R. de Caldera, individualizado en el plano N° III-2-5023-CU. | | |
| Deslindes: | Estan señalados en el numeral 1, del D. Ex. N° 383, del 15/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado de la extracción de algas y de actividades turísticas no reguladas. | | |

## Ficha N° 150. Bien Nacional Protegido Quebrada Leones

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Quebrada Leones | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 2.971,57 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de enero de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 382, del 15/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Quebrada Leones". | | |
| Características de Importancia: | Este predio protegido constituye un oasis de biodiversidad en el desierto costero de Taltal, en el cual se encuentran especies con problemas de conservación como cactáceas del género *Copiapoa* y *Eryocise* y mamíferos como guanaco (*Lama guanicoe*). Debido a su condición de oasis, el área es utilizada por la población local de Caldera como una zona de recreación. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 527 vta., N° 500 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. de Copiapó, reinscrita a mayor cabida a Fjs. 207 N° 180 del Registro de Propiedad del año 1996 del C.B.R. de Caldera, individualizado en el plano N° III-2-4989-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 382, del 15/11/06, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 151. Bien Nacional Protegido Isla Grande de Atacama

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Grande de Atacama | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 50 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de enero de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 384, del 15/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Isla Grande de Atacama". | | |
| Características de Importancia: | En este predio se distribuyen los pisos vegetacionales Matorral Desértico Mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *Atriplex clivicola*, y Matorral Desértico Mediterráneo costero de *Oxalis gigantea* y *Eulychnia Breviflora*, los cuales se encuentran escasamente representados en el sistema de áreas protegidas, y presentan una baja existencia en el resto del territorio nacional. A su vez el predio cumple la función de amortiguación para el Área Marina y Costera Protegida (AMCP) de Atacama, asegurando la conservación de los procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marino-costero. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 527 vta., N° 500 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. de Copiapó, reinscrita a mayor cabida a Fjs. 207 N° 180 del Registro de Propiedad del año 1996 del C.B.R. de Caldera, individualizado en el plano N° III-2-3414-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Mar chileno, en línea imaginaria ubicada a 80,00 m de la línea de más alta marea; Este: Mar chileno, en línea imaginaria ubicada a 80,00 m de la línea de más alta marea; Sur: Mar chileno, en línea imaginaria ubicada a 80,00 m de la línea de más alta marea; Oeste: Mar chileno, en línea imaginaria ubicada a 80,00 m de la línea de más alta marea. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 152. Bien Nacional Protegido Granito Orbicular

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/13 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Granito Orbicular | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 487,53 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 197, del 16/02/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Granito Orbicular". | | |
| Características de Importancia: | Geoplasma del desierto florido y las especies *Spalacopus cyanus* y *Larosterna inca.* | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Lote A superficie: 180,07 ha. Noreste: Con Ruta 5-Norte, de por medio, faja fiscal de protección en línea sinuosa que une los vértices B-C, en 1.512,63 m; Suroeste: Con Lote B, separado por camino público (C-312) en línea sinuosa que une los vértices C-D, en 2.148,76 m; Noroeste: Con mar Chileno y terrenos fiscales en línea sinuosa y recta de 2 trazos que unen los vértices D-A y A-B, en 490, 54 m y 1.277,30 m respectivamente. Lote B superficie: 236,13 ha. Noreste: Con Lote A, separado por camino público (C-312) y Ruta 5 norte, de por medio franja fiscal de protección en línea sinuosa de 2 trazos que unen los vértices E-F y F-G, en 2.156,51 m y 1.126,19 m respectivamente; Suroeste: Con Lote C, separado por camino público (C-316) y mar chileno, en línea sinuosa de 3 trazos que unen los vértices G-H, H-I e I-J, en 1.147,42 m, 1.504,17 m y 973,76 m respectivamente; Noroeste: Con mar chileno, en línea sinuosa que une los vértices J-E en 818,97 m. Lote C superficie: 71,33 ha. Noreste: Con lote B, separado por camino público (C-316) en línea sinuosa que une los vértices K-L, en 1.140,77 m; Este: Con Ruta 5 Norte, de por medio faja fiscal de protección en línea sinuosa que une los vértices L-M, en 933,75 m; Sureste: Con terrenos fiscales en línea recta que une los vértices M-N, en 489,92 m; y, Suroeste: Con mar chileno en línea sinuosa que une los vértices N-K, en 1.185,57 m. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 153. Bien Nacional Protegido Desierto Florido

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/14 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Desierto Florido (Llanos de Travesía y Pajaritos) | **Categoría AP:** | Bien Nacional Protegido |
| **Superficie (ha):** | 38.905,67 | **Ubicación:** | Comuna de Copiapó, Región de Atacama |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | Ministerio de Bienes Nacionales | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 03 de noviembre de 2009 |
| **Normativa del Área:** | **D. Ex. N° 732**, del 06/10/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Desierto Florido". | | |
| **Características de Importancia:** | Formación del desierto florido de los llanos, correspondiente a los pisos vegetacionales; Matorral Desértico Mediterráneo interior. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Inscrito a Fjs. 527 vta., N° 500 del Registro de Propiedad del año 1964 del C.B.R. de Copiapó, y la estancia fiscal Quebrada Seca, que rola a Fjs. 177 número 170, del Registro de Propiedad del año 1965, del C.B.R. de Copiapó singularizados como lotes A,B,C, y D, del plano N° 03101-169 CR. | | |
| **Deslindes:** | **Lote A superficie: 11.729,78 ha. Noreste:** Terrenos fiscales en línea quebrada de ocho parcialidades que une los vértices A-B; en 20.596,64 m; **Sureste:** Camino C-420 y concentraducto C.M.P. en línea sinuosa que une los vértices B-C en 8.762,13 m; **Suroeste**: Concentraducto C.M.P. en línea quebrada de cuatro parcialidades que une los vértices C-D en 13.721,15 m; y, **Noroeste:** Con terrenos fiscales en línea quebrada de cuatro parcialidades que une los vértices D-A en 8.389,18 m. **Lote B superficie: 5.473,23 ha. Noreste:** Terrenos fiscales en línea quebrada de tres parcialidades que une los vértices E-F; en 6.275,36 m; **Sureste:** Ruta 5 Norte en línea recta que une los vértices F-G en 4.823,55 m; **Suroeste:** Camino C-382 en línea sinuosa que une los vértices G-H en 10.854,59 m; y, **Noroeste:** Camino C-420 en línea sinuosa que une los vértices H-E en 10.384,99 m. **Lote C superficie: 6.022,19 ha. Noreste:** Concentraducto C.M.P. en línea quebrada de cuatro parcialidades que une los vértices I-J, en 19.632,60 m; **Sureste:** Camino C-420 en línea sinuosa que une los vértices J-K en 7.453,87 m; **Suroeste:** Camino C-382 en línea sinuosa que une los vértices K-L en 20.588,24 m; y, **Noroeste:** Terrenos fiscales en línea quebrada de dos parcialidades que une los vértices L-I en 2.393,98 m. **Lote D superficie: 15.680,47 ha. Noreste:** Camino C-382 en línea sinuosa que une los vértices M-N; en 31.459,08 m; **Sureste:** Ruta 5 norte en línea recta que une los vértices N-O en 8.397,71 m; **Suroeste:** Terrenos fiscales en línea recta quebrada de siete parcialidades que une los vértices O-P en 34.602,08 m; y, **Noroeste:** Terrenos fiscales en línea quebrada de cuatro parcialidades que une los vértices P-M en 9.595,48 m. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 154. Bien Nacional Protegido Isla Gaviota

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/15 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Gaviota | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 182 | Ubicación: | Comuna de la Higuera, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 234, del 30/06/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Isla Gaviota". | | |
| Características de Importancia: | Ecosistema insular, forma parte del complejo de Pingüino de Humboldt. Es un área con una importante diversidad de especies de flora y fauna, destacando su elevado endemismo florístico. En términos de la fauna, la isla presenta condiciones de hábitat para la presencia de especies de aves como el yunco (*Pelecanoides garnotii*) considerado en peligro crítico, pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), y mamíferos como el chungungo (*Lontra felina*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 327 N° 329 del Registro de Propiedad del año 1989, del C.B.R. de La Serena, individualizado en el plano N° IV-1-4570-CU. | | |
| Deslindes: | Norte: Mar Chileno, en línea imaginaria ubicada a 80 m de la línea de más alta marea; Este: Mar Chileno, en línea imaginaria ubicada a 80 m de la línea de más alta marea; Sur: Mar Chileno, en línea imaginaria ubicada a 80 m de la línea de más alta marea; Oeste: Mar Chileno, en línea imaginaria ubicada a 80 m de la línea de más alta marea. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado ocupación irregular del AP, además de extracción de recursos marinos, introducción de especies exóticas y turismo no regulado. | | |

## Ficha N° 155. Bien Nacional Protegido Humedales de Tongoy

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/16 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Humedales de Tongoy | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 105,06 | Ubicación: | Comuna de la Higuera, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 417, del 28/09/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Humedales de Tongoy". | | |
| Características de Importancia: | Lo componen los humedales denominados Salinas Chico, Salinas Grande y Pachingo, es el hábitat de una importante comunidad biológica compuesta por especies aves, anfibios, reptiles, mamíferos y flora, muchas de las cuales se encuentran amenazadas. Destacan entre ellas la gaviota garuma (*Larus modestus*), sapito de cuatro ojos (*Pleudorema tahul*), lagartija lenmiscata (*Liolaemus lenmiscatus*), copao (*Eulychnia brevifl ora*) y guaicurú (*Limonium guaicurú*). Numerosas aves migratorias lo utilizan como área de descanso y alimentación. Estos atributos le otorgan un alto valor educativo y turístico para el desarrollo de la comunidad local. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 530 N° 371 del Registro de Propiedad del año 1991 del C.B.R. de Coquimbo. 1.- Humedal Salinas Chico, de una superficie de 34,49 ha, singularizado en el plano N° IV-1-5719-CU. 2.- Humedal Salinas Grande, de una superficie de 16,34 ha, singularizado en el plano N° IV-1-5720-CU. 3.- Humedal de Pachingo, de una superficie de 54,23 ha, singularizado en el plano N° IV-1-5721-CU. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 417, del 28/09/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado dificultades jurídicas para su gestión, se ha informado de la existencia de botaderos clandestinos de residuos sólidos y eventual trazado futuro de un camino por parte de la Dirección de Vialidad. | | |

## Ficha N° 156. Bien Nacional Protegido Laguna del Maule

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/17 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna del Maule | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 2.198,12 | Ubicación: | Comuna de San Clemente, Región del Maule |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 19 de octubre de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 254, del 24/07/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Laguna del Maule". | | |
| Características de Importancia: | Presenta una gran diversidad faunística debido a su condición de humedal alto andino. Destaca entre otras el tucutucu del Maule (*Ctenomys maulinus*), especie endémica del ecosistema de la Laguna del Maule. Constituye zona de descanso y refugio de aves que migran desde las zonas más australes del país. Su presencia limítrofe y su buena accesibilidad le otorgan un alto valor turístico y recreacional tanto para las comunidades de Chile como de Argentina, posicionándolo como un foco de desarrollo regional y local de máxima importancia en el futuro. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 32 vta., N° 44 del Registro de Propiedad de 1961 y a Fjs. 383 vta., N° 499 del Registro de Propiedad de 1961, ambas del C.B.R. de Linares respectivamente; y a Fjs. 292, N° 435, año 1961, Fjs. 803 vta., N° 798, año 1982; Fjs. 1.094 vta., N° 1.086, año 1982, y a Fjs. 820, N° 814, año 1985, todos en los correspondientes Registros de Propiedad del C.B.R. de Talca. Plano N° VII-2-10.336 CR, compuesto de 4 lotes, Rol N° 170-6. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea imaginaria que va por la cota 2.230, que lo separa de Aurelio Peña Cancino y otros, y cota 2.181, que lo separa de las aguas máximas de la Laguna del Maule. Este: Línea imaginaria que va por la cota 2.230, que lo separa de Aurelio Peña Cancino y otros, y de José A. Solar, y cota 2.181, que lo separa de las aguas máximas de la Laguna del Maule. Sur: Cota 2.181 que lo separa de las aguas máximas de la Laguna del Maule y línea imaginaria que va por la cota 2.230, que lo separa de José A. Solar y Lucrecia Encina. Oeste: Cota 2.181, que lo separa de las aguas máximas de la Laguna del Maule, línea imaginaria que va por la cota 2.230, que lo separa de Lucrecia Encina, de propiedad fiscal destinada al Ministerio de Defensa Nacional - Subsecretaría de Guerra y Río Maule, que lo separa del Lote 4-B. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas y dificultades relacionadas con la instalación de un camping y la habilitación de la ruta y Paso Pehuenche que trae ocupantes esporádicos y acumulación de residuos solidos. | | |

## Ficha N° 157. Bien Nacional Protegido Potrero Lo Aguirre

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/18 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Potrero Lo Aguirre | **Categoría AP:** | Bien Nacional Protegido |
| **Superficie (ha):** | 460,28 | **Ubicación:** | Comuna de San Clemente, Región del Maule |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | Ministerio de Bienes Nacionales | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 04 de febrero de 2009 |
| **Normativa del Área:** | **D. Ex. N° 776**, del 15/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Potrero Lo Aguirre". | | |
| **Características de Importancia:** | Hábitat de bandurria (*Theristicus melanosis*), sapo espinoso (*Bufo spinulosus*) y sapito de cuatro ojos del sur (*Pluerodema Bufionina*). | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Inscrito a Fjs. 399 vta., N° 392 del Registro de Propiedad del año 1982 del C.B.R. de Talca, singularizado en el Plano N° 7109-556-CR. | | |
| **Deslindes:** | **Potrero Lo Aguirre Lote C. Superficie: 61,57 ha.** Noreste: Río Maule; Sureste: Lote A1; Suroeste: Ruta Internacional CH-115, Paso Pehuenche, y Noroeste: Río de la Plata. **Potrero Lo Aguirre Lote D. Superficie: 266,21 ha.** Noreste: Río Maule; Sureste: Lote A9; Suroeste: Ruta Internacional CH-115, Paso Pehuenche, y Noroeste: Lote A2. **Potrero Lo Aguirre Lote E. Superficie: 132,50 ha.** Norte: Lote A9; Este: Río Maule y Lote 4A del predio fiscal Laguna del Maule; Sur y Oeste: Ruta Internacional CH-115, Paso Pehuenche. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 158. Bien Nacional Protegido Humedales Isla Raqui

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/19 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Humedales Isla Raqui | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 349,95 | Ubicación: | Comuna de Arauco, Región del Biobío |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Entregado en concesión a A.G. de Pescadores Artesanales, Buzos, Mariscadores y Algueros de Tubul. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de febrero de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 454, del 12/10/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Humedales Isla Raqui". | | |
| Características de Importancia: | Contiene un ecosistema de humedal costero tipo estuario con una alta productividad. Este atributo permite la presencia de una alta riqueza de especies de flora y fauna invertebrada y vertebrada, destacando especies amenazadas como cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y torcaza (*Columba araucana*). El predio es una importante fuente de recursos económicos para las comunidades locales que poseen proyectos asociados al manejo de alga gracilaria en el futuro. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción en mayor cabida, a Fjs. 131 vta., N° 164, del Registro de Propiedad de 1897 del C.B.R. de Arauco. Los inmuebles se singularizan en el Plano N° VIII-3-4468-CR. | | |
| Deslindes: | Lote A (sup. 11,15 ha); Norte, Río Raqui y Estero Las Peñas; Este, Estero Las Peñas; Sur, camino público Arauco a Llico, y Oeste, Río Raqui. Lote B (sup. 338,80 ha); Norte, Río Raqui y camino público Llico a Arauco; Este, Estero Las Peñas; Sur, Estero Las Peñas, Polidoro Lozano, Gonzalo Sáez, Sucesión Cecilio Aravena, Bertín Vega y Juan Guzmán separados por cerco, y Oeste, Río Raqui. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas ni dificultades jurídicas para su gestión, se ha informado de la construcción de caminos y acumulación de residuos. | | |

## Ficha N° 159. Bien Nacional Protegido Ranchillo Alto

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/20 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Ranchillo Alto | **Categoría AP:** | Bien Nacional Protegido |
| **Superficie (ha):** | 561 | **Ubicación:** | Comuna de Yungay, Región del Biobío |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | Ministerio de Bienes Nacionales | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 24 de agosto de 2009 |
| **Normativa del Área:** | **D. Ex. N° 357**, del 08/05/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Ranchillo Alto". | | |
| **Características de Importancia:** | Bosque adulto de Coihue-Raulí, hábitat del carpintero negro y corredor biológico de los nevados de Chillán. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Información no disponible. | | |
| **Deslindes:** | **Norte:** Estero Ranchillos de Adentro, que lo separa de la Hijuelas 7 y 8; Hijuelas 9, separado por Estero Ranchillos de Adentro y por cerco en línea quebrada y Estero Piedra Filuda, que lo separa del lote 1 de la Hijuela 13 de Ramón Enrique Cifuentes. **Este:** Línea de altas cumbres (Filo de Espinazo), que lo separa del Fundo Las Mulas, hoy Fátima de la Congregación del Verbo Divino; **Sur:** Hijuela 19 de la Sucesión de Santiago Mardones y Estero Avellanos; y, **Oeste:** Fundo Las Cruces de Forestal Cholguán S.A. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Se ha reportado la existencia de tala de bosque nativo, como asimismo la introducción de actividades ganaderas. | | |

## Ficha N° 160. Bien Nacional Protegido Villa las Araucarias

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/21 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Villa Las Araucarias | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 10,30 | Ubicación: | Comuna de Carahue, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | Información no disponible |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 475, del 25/10/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Villa Las Araucarias". | | |
| Características de Importancia: | La presencia de remanentes de bosque nativo caducifolio mezclados con individuos de araucaria (*Araucaria araucana*) e inmerso en un paisaje altamente modificado por la acción humana, le otorgan al predio un alto valor para la conservación y restauración que viabilice el desarrollo local a través del uso de productos forestales no maderables y proyectos de educación ambiental. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1.153 N° 1.123 del Registro de Propiedad del año 1984, del C.B.R. de Carahue, individualizado en el plano N° IX-2-25.082-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Hijuela N° 3A de la Asociación Gremial de Jubilados de la Caja de Empleados Públicos de Temuco, en línea quebrada de dos parcialidades, separado por cerco; Lote 3 B-2, en línea quebrada de dos parcialidades, separado por cerco. Este: Forestal Mininco, separado por cerco. Sur: Área fiscal en litigio, en línea quebrada de dos parcialidades, separado por cerco. Oeste: Estero sin nombre, que lo separa de Hijuela N° 2, hoy villa Las Araucarias. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas para su gestión asociado a la extracción de leña y riesgos asociados a plantaciones forestales vecinas. | | |

## Ficha N° 161. Bien Nacional Protegido Llancahue

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/22 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Llancahue | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 1.277,03 | Ubicación: | Comuna de Valdivia, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a la Universidad Austral. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 634, del 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Llancahue". D. Ex. N° 160, del 8/04/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, entrega en concesión por 20 años a la Universidad Austral de Chile. | | |
| Características de Importancia: | El predio coincide con la cuenca del estero Llancahue. Presenta características ecosistémicas de gran relevancia debido a la presencia de remanente de bosque siempreverde y bosque Laurifolio valdiviano; presta servicios ecosistémicos para la ciudad de Valdivia a través de la captura y dotación de agua a ésta. El objetivo del proyecto de concesión es el desarrollo de investigación científica en servicios ecosistémicos y ciencias básicas y desarrollo social de la comunidad rural aledaña de escasos recursos. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 2.339 N° 2.963, en el Registro de Propiedad de 2005, del C.B.R. de Valdivia. Enrolado en el Servicio de Impuestos Internos con el N° 2414-2, singularizado en el Plano N° X1-10.832-CR, comuna y provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 634, del 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 162. Bien Nacional Protegido Pellaifa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/23 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Pellaifa | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 1.371,12 | Ubicación: | Comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de marzo de 2009 |
| Normativa del Área: | Resolución N° 661, del 10/07/2006, declara Zona de Interés Turístico Nacional el área de la Comuna de Panguipulli. D. Ex. N° 929, del 31/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Pellaifa". | | |
| Características de Importancia: | Hábitat de especies con problemas de conservación: Guiña (*Oncifelis guigna*), Monito del Monte (*Dromiciops gliroides*), Puma (*Felis concolor*). Especies arbóreas en límite de distribución: Lingue (*Persea lingue*) y Boldo (*Peumus boldus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 143 vta., N° 133, del Registro de Propiedad de 1997, del C.B.R. de Panguipulli, singularizado en el plano N° 14108-220 CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea de aguas máximas del Lago Pellaifa desde el vértice V1O al vértice V1, en una extensión aproximada de 6.052,95 m, y Carlos Huinca Rogel, en línea recta desde el vértice V2 al vértice V3, separado por límite imaginario; Este: Estero Quilalelfu, desde el vértice V1 al vértice V2, que lo separa de Carlos Huinca Rogel; José Hernández Fuentes y Avelardo Yoncon Maricán, en línea recta desde el vértice V3 al vértice V4, ambos separados por cerco; Sur: Luis Marty Puyo, en línea recta desde el vértice V4 al vértice V5 en la cota 1.477 m.s.n.m., separado por límite imaginario, y Sociedad Hacienda Puñirre Limitada, en línea recta desde el vértice V5 en la cota 1.477 m.s.n.m. al vértice V6 en la cota 1.619 m.s.n.m., separado por límite imaginario, y Oeste: Fundo Tregua de Mauricio Recalcatti, en línea recta desde vértice V6 en la cota 1.619 m.s.n.m., al vértice V7, separado por límite imaginario; propiedad fiscal, en línea sinuosa desde el vértice V7 al vértice V8, separado por pie de cerro, por faja recta, sesgo de barranco y faja recta; Fundo Tregua de Mauricio Recalcatti, en línea recta desde vértice V8 al vértice V9, separado por límite imaginario y ex Comunidad Juan Antiqueo, en línea recta desde el vértice V9 al vértice V1O, separado por límite imaginario. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a la extracción de leña y madera y uso del fuego en plantaciones agrícolas vecinas. | | |

## Ficha N° 163. Bien Nacional Protegido Cerro Illi

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/24 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Illi | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 1.715,04 | Ubicación: | Comuna de Lago Ranco, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 21 de marzo de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 930, del 31/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Cerro Illi". | | |
| Características de Importancia: | Hábitat de especies con problemas de conservación: Pudú, Monito del Monte (*Dromiciops gliroides*). Especies vegetales: Lingue (*Persea lingue*) y Boldo (*Peumus boldus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 72 vta. N° 140, del Registro de Propiedad de 1952, del C.B.R. de Río Bueno, singularizado en el plano N° X-1-10246 CR. Enrolado en el Servicio de Impuestos Internos con el N° 62-219. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 930, del 31/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a la extracción de leña y madera. Asimismo, existen problemas de acceso y paso de ganado no regulado por el área protegida. | | |

## Ficha N° 164. Bien Nacional Protegido Ventisquero

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/25 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ventisquero | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 1.420,71 | Ubicación: | Comuna de Chaitén, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 635, del 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Ventisquero". | | |
| Características de Importancia: | Constituye un área de gran valor para el turismo sustentable debido a la presencia de un cuerpo glaciar de fácil acceso considerando su emplazamiento latitudinal y altitudinal. Este cuerpo de hielo ha determinado históricamente las condiciones ambientales presentes en su entorno, posibilitando la existencia de formaciones de Matorral caducifolio Alto Montano, escasamente representado en el sistema de protección nacional. | | |
| Régimen de dominio | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 124 vta. N° 150, Registro de Propiedad de 1982, del C.B.R. de Chaitén, Plano N° X-5-2091 CR. | | |
| Deslindes: | Lote "a" de 1.403,51 ha. Norte: Parque Corcovado, separado por línea quebrada imaginaria unida por los puntos C, D, E, F y G, y Osvaldo Figueroa, separado por línea imaginaria unida por los puntos G y H. Este: Camino Público (ruta 7) de Chaitén a Coyhaique. Sur: Río Ventisquero, Empresa de Turismo Mahier, separado por línea imaginaria unida por los puntos K y L y Parque Corcovado, separado por estero sin nombre y línea imaginaria unida por los puntos A y B, y Oeste: Parque Corcovado, separado por línea imaginaria unida por los puntos B y C. Lote "b" de 17,20 hectáreas. Norte: Osvaldo Figueroa, separado por línea imaginaria unida por los puntos I y J. Este: Río Yelcho Chico. Sur: Río Yelcho Chico. Oeste: Camino público de Coyhaique a Chaitén. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la presencia de un ocupante irregular. | | |

## Ficha N° 165. Bien Nacional Protegido Valle el Frío

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/26 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Valle El Frío | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 5.961,70 | Ubicación: | Comuna de Chaitén, Región de los Lagos. |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 663, del 16/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Valle El Frío". | | |
| Características de Importancia: | La unidad protegida presenta formaciones boscosas siempreverde de Puyuhuapi, matorral Caducifolio altomontano y ecosistemas palustres de mallines y lagunas, lo que le otorga un alto valor paisajístico, el cual puede ser desarrollado turísticamente favoreciendo la participación de la comunidad local de Villa Santa Lucía. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 17 vta. N° 19, a Fjs. 124 vta. N° 150 y a Fjs. 71 N° 57 del Registro de Propiedad de los años 1973, 1982 y 1984, respectivamente, todas del C.B.R. de Chaitén, Plano N° X-5-2092-CR. | | |
| Deslindes: | Lote "a" Cabida: 1.398,40 ha. Norte: Parque Nacional Corcovado separado por la curva de nivel de cota de 800 m. Este: Parque Nacional Corcovado separado por una línea imaginaria que une los puntos A y B; y línea imaginaria ubicada a 5 m del más alto caudal del Río Frío. Sur: Parque Nacional Corcovado separado por una línea imaginaria que une los puntos L y M. Oeste: Parque Nacional Corcovado separado por la curva de nivel de cota 800 m. Lote "b" Cabida: 4.563,30 ha. Norte: Línea imaginaria ubicada a 5 m. del más alto caudal del Río Frío. Este: Huella de acceso separado por una línea imaginaria que une los puntos D y E; Propiedad Particular de Carlos I de Vásquez separado por una línea imaginaria que une los puntos E, F y G; Propiedad Particular de Nélida María Torres separado por una línea imaginaria que une los puntos G y H; y Propiedad Particular de Fernando Mondaca Ríos, separado por una línea imaginaria que une los puntos H, I y J. Sur: Parque Nacional Corcovado separado por una línea imaginaria que une los puntos J y K. Oeste: Línea imaginaria ubicada a 5 m del más alto caudal del Río Frío. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado problema de acceso precario, no posee servidumbre establecida. | | |

## Ficha N° 166. Bien Nacional Protegido Islas Quilán

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/27 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islas Quilán | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 1807,7 | Ubicación: | Comuna de Quellón, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre-Marino |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de enero 2011 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 1.582, 30/12/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Islas Quilán". | | |
| Características de Importancia: | La presente destinación forma parte del Sitio Prioritario "Chaiguara" en la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Los Lagos, y tendrá como objetivo específico la conservación y protección del Bosque Resinoso Templado Costero de *Pilgerodendro uviferum* y *Tepualia stipularis*; Bosque Laurifolio de Chiloé, donde una especie de interés es la *Drosera uniflora* (planta insectívora), además de presencia de bosques costeros de olivillo (*Aextoxicon puntatum*) y formación de ambiente y hábitat para diversas especies que en la actualidad están en peligro de extinción o en situación de vulnerabilidad. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida (global) a Fjs. 37 vta. N° 36 del Registro de Propiedad del año 1999 del C.B.R. de Quellón. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 1.582, 30/12/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 167. Bien Nacional Protegido Palena Costa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/28 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Palena Costa | Categoría AP: | BIEN NACIONAL PROTEGIDO Protegido |
| Superficie (ha): | 80.694,52 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a la Fundación Trapananda | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de marzo de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 390, del 16/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Palena Costa". | | |
| Características de Importancia: | En la unidad protegida se encuentra inmersa una gran superficie de bosque nativo dominada por tres formaciones principales: Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus betuloides* y *Laureliopsis philippiana*, Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de *Nothofagus pumilio* y *Maytenus disticha* y Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio* y *Ribes cucullatum*. Estas formaciones no han sido perturbadas por acción humana, lo que le otorga al predio la característica de una gran bóveda de almacenamiento de carbono, que permite la mantención de una gran cantidad de funciones y servicios ecosistémicos. En el área además habitan comunidades costeras cuyas actividades económicas están íntimamente relacionadas con los recursos marinos. El objetivo del proyecto de concesión es la evaluación del predio para la transacción de bonos de carbono, y, a partir de estos recursos, generar proyectos de desarrollo comunal. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 24 N° 22 del Registro de Propiedad del año 2003 del C.B.R. de Cisnes. Plano N° XI-1-2780-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 390, del 16/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 168. Bien Nacional Protegido Bahía Mala

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/29 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bahía Mala | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 7.307,03 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Entregado en concesión a Dugo Aventura S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de marzo de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 387, del 16/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Bahía Mala". | | |
| Características de Importancia: | El área protegida presenta un alto valor para el desarrollo de actividades de turismo sustentable relacionadas con la observación de fauna marina, destacando la observación de tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*), ballena azul (*Balaenoptera musculus*), actividades de trekking hacia el volcán Melimoyu, y en menor medida, actividades de conservación asociadas al uso sustentable del bosque. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 24 N° 22 del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. de Cisnes, individualizado en Plano N° XI-1-2842-CR. | | |
| Deslindes: | Lote "a" de una superficie de 1.769,67 ha. Norte: Línea de altas cumbres que lo separa de terrenos particulares; Este: Línea de altas cumbres que lo separa de terrenos particulares; Sur: Río Bahía Mala que lo separa de lote "b" y terrenos particulares (turismo Dugo Aventura); Oeste: Arroyo El Islote que lo separa de terrenos particulares. Lote "B" de una superficie de 5.537,36 ha. Norte: Río Bahía Mala que lo separa de terrenos particulares y del lote "a"; Este: Terrenos particulares; Sur: Límite vegetacional Volcán Melimoyu, línea de altas cumbres que lo separa de terrenos fiscales y particulares; Oeste: Terrenos particulares y línea de 80 m de la más alta marea. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 169. Bien Nacional Protegido Santa Lucía

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/30 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Santa Lucía | **Categoría AP:** | Bien Nacional Protegido |
| **Superficie (ha):** | 9.324,36 | **Ubicación:** | Comuna de O'Higgins, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | Ministerio de Bienes Nacionales | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | 27 de enero de 2007 |
| **Normativa del Área:** | **D. Ex. N° 389**, del 16/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Santa Lucía". | | |
| **Características de Importancia:** | Bosque caducifolio templado andino; Matorral caducifolio templado andino. Glaciares Santa Lucía y Bravo. Estos poseen una enorme belleza escénica, debido a la complejidad de geoformas. Se destaca la presencia de formaciones de bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio* y *Berberis ilicifolia* y matorral caducifolio templado andino de *Nothofagus antárctica* y *Empetrum rubrum*. El objetivo del proyecto de concesión es la conservación y el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto ligadas al trekking, montañismo y avistamiento de fauna. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 2 vta., N° 2 del Registro de Propiedad de 1980, del C.B.R. de Cochrane, individualizado en el Plano N° XI-1-614 CR. | | |
| **Deslindes:** | **Lote "A" de una superficie de 6.443,79 ha.** Norte: Línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins, Laguna Escondida y Lote "b"; Este: Línea imaginaria de altas cumbres que lo separa de terrenos fiscales; Sur: Línea imaginaria de altas cumbres que lo separa de terrenos fiscales; Oeste: Lago O'Higgins, línea imaginaria que lo separa de terrenos fiscales, Río Bravo, línea imaginaria que lo separa de lote "d" y línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins. **Lote "c" de una superficie de 1.406,89 ha.** Norte: Línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins; Este: Línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins y laguna sin nombre que lo separa de lote "d"; Sur: Río Bravo que lo separa de lote "e"; Oeste: Línea imaginaria de altas cumbres que lo separa de terrenos fiscales. **Lote "e" de una superficie de 1.473,68 ha.** Norte: Línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins y Río Bravo que lo separa de lote "c"; Este: Río Bravo que lo separa de lote "a" y Lago O'Higgins; Sur: Línea imaginaria que lo separa de terrenos fiscales; Oeste: Línea imaginaria que lo separa de terrenos fiscales. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 170. Bien Nacional Protegido Laguna Vera

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/31 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Vera | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 3.228,67 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a Agrupación Ecológica El Cóndor | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 27 de enero de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 388, del 16/11/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Laguna Vera". Resolución N° 22, del 22/01/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, entrega en concesión por 5 años a la Agrupación Ecológica El Cóndor. | | |
| Características de Importancia: | El predio conserva formaciones de bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus betuloides* y *Chusquea macrostachya*, el cual se encuentra con baja representación en el sistema de áreas protegidas. En el predio se encuentran poblaciones de huemules (*Hippocamelus bisulccus*) y pumas (*Puma concolor*) los cuales están altamente amenazados debido a la destrucción de su hábitat y a la caza furtiva. El objetivo de la concesión es la conservación y el desarrollo de actividades de turismo de bajo impacto y educación ambiental. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 22 vta., N° 21 del Registro de Propiedad del año 2003, del C.B.R. de Cisnes, individualizado en Plano N° XI-1-912-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea imaginaria que lo separa de terreno fiscal; Este: Límite de las más altas cumbres y línea imaginaria que lo separa de terreno fiscal; Sur: Línea imaginaria que lo separa de terreno fiscal; Oeste: Línea imaginaria y arroyo sin nombre que lo separa de terreno fiscal. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 171. Bien Nacional Protegido Río Mosco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/32 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Mosco | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 10.316,52 | Ubicación: | Comuna de O'Higgins, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de octubre de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 285, del 18/08/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Río Mosco". | | |
| Características de Importancia: | El área protegida presenta un alto potencial turístico, debido a la cercanía del glaciar Mosco, en el cual se pueden desarrollar actividades de trekking y montañismo. Presenta formaciones dominadas por bosque siempreverde templado costero de *Nothofagus betuloides* y *Drimys winteri*, y formaciones de pradera dominadas por juncáceas, ambas formaciones constituyen el hábitat de invierno y verano de una importante población de huemul (*Hippocamelus bisulccus*) existente en la cuenca. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción a mayor cabida a Fjs. 2 vta. N° 2, del Registro de Propiedad del año 1980 del C.B.R. de Cochrane. Plano N° XI-4-612-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Límite internacional que lo separa de la República Argentina y línea imaginaria que lo separa de terreno fiscal (franja fiscal). Este: Límite internacional de las más altas cumbres que lo separa de la República Argentina. Sur: Límite internacional de las más altas cumbres que lo separa de la República Argentina. Oeste: Límite internacional que lo separa de la República Argentina, Arroyo sin nombre que lo separa de Terreno Particular y Línea imaginaria que lo separa de Terreno Fiscal (Franja Fiscal). | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado de actividad ganadera en el interior del área protegida. | | |

## Ficha N° 172. Bien Nacional Protegido Nalcayec

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/33 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Nalcayec | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 22.934,46 | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a Nalcayec S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de enero de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 116, del 01/03/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Nalcayec". D. Ex. N° 409, del 25/09/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, lo entregó en concesión por 20 años a Sociedad Nalcayec S.A. | | |
| Características de Importancia: | Bosque resinoso templado costero | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida (global), a Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad de 1941, del C.B.R. de Aysén, singularizado en el Plano N° XI-1-2686-CR. | | |
| Deslindes: | Parte del Lote a, ubicado en Isla Simpson, enrolado en el Servicio de Impuestos Internos con el N° 1083-7, con una superficie de 15.075,66 ha. Norte: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; Este: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; Sur: Terreno particular en línea quebrada imaginaria, línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; terreno particular en línea quebrada imaginaria, línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa y Lote d, en línea quebrada imaginaria; y Oeste: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa. Parte del Lote b, ubicado en Isla Simpson, enrolado en el Servicio de Impuestos Internos con el pre-rol N° 1083-15, con una superficie de 472,82 ha. Norte: Terreno particular en línea quebrada imaginaria; Este: Terreno particular en línea quebrada imaginaria; Sur: Terreno particular en línea quebrada imaginaria; y Oeste: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa. Parte del Lote c, ubicado en Isla Huemules, enrolado en el Servicio de Impuestos Internos con el pre-rol N° 1102-82, con una superficie de 7.385,98 ha. Norte: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; terreno particular en línea quebrada imaginaria y línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; Este: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa; Sur: Lote e, en línea quebrada imaginaria; y Oeste: Línea a 80 m de la más alta marea, en línea imaginaria que lo separa de terrenos de playa. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 173. Bien Nacional Protegido Lago Copa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/34 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lago Copa | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 11.569,08 | Ubicación: | Comuna de Cisnes, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a Fundación Wilderness | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de febrero de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 783, del 28/12/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Lago Copa". D. Ex. N° 603, del 07/10/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, lo entrega en concesión por 20 años a Fundación Wilderness. | | |
| Características de Importancia: | El predio presenta formaciones de Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio* y *Ribes cucullatum* altamente conservado, que permiten la protección de la cuenca y el aporte de nutrientes a los cuerpos de agua adyacentes. El objetivo del proyecto de concesión es la conservación de las áreas de bosque que permiten la protección y el flujo de materia orgánica al interfaz terrestre acuático de la cuenca y la creación de un AP que preste servicios de recreación y turismo en beneficio de la comunidad local y comunal. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscritos en mayor cabida a Fjs. 24 vta., N° 22, del Registro de Propiedad de 2003 del C.B.R. de Cisnes. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 783, del 28/12/07, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 174. Bien Nacional Protegido Cerro Rosado

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/35 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro Rosado | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 1.843,63 | Ubicación: | Comuna de Coyhaique, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de febrero de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 813, del 18/12/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Cerro Rosado". | | |
| Características de Importancia: | Ventisquero y la vegetación periglaciar. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 194 vta. N° 162, del Registro de Propiedad del año 1960 del C.B.R. de Coyhaique, singularizado en el Plano N° XI-2-3098-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Línea imaginaria que lo separa de franja fiscal; Este: Línea imaginaria que lo separa de franja fiscal; Sur: Línea imaginaria, línea de aguas máximas (laguna sin nombre) y arroyo sin nombre que lo separa de franja fiscal; y, Oeste: Arroyo sin nombre y línea imaginaria que lo separa de franja fiscal. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 175. Bien Nacional Protegido Ventisquero Montt

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/36 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ventisquero Montt | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 10.060,82 | Ubicación: | Comuna de Tortel, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de octubre de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 481, del 06/08/2008, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Ventisquero Montt". | | |
| Características de Importancia: | Ventisquero y la vegetación periglaciar. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción mayor cabida, a Fjs. 2 vta. N° 2, del Registro de Propiedad del año 1980 del C.B.R. de Cochrane, singularizado en el Plano N° XI-4-646-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Arroyo sin nombre que lo separa de terrenos fiscales; Este: Línea imaginaria que lo separa de terrenos fiscales; Sur: Línea imaginaria que lo separa de Parque Nacional Bernardo O'Higgins (campos de hielo sur), y Oeste: Línea imaginaria que lo separa de Ventisquero Jorge Montt (Parque Nacional Bernardo O'Higgins). | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado presencia de ocupante irregular. | | |

## Ficha N° 176. Bien Nacional Protegido Laguna Caiquenes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/37 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Caiquenes | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 8.510,08 | Ubicación: | Comuna de Tortel, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado a concesión a Fundación Aumen. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 2010 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 198, del 16/02/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Laguna Caiquenes". Resolución N° 98, del 24/03/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales lo entregó en concesión por 5 años a la Fundación Aumen. | | |
| Características de Importancia: | Hábitat del huemul. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 2 vta. N° 2, del Registro de Propiedad de 1980, del C.B.R. de Cochrane. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 198, del 16/02/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado la existencia de problemas con ocupante irregular, como asimismo tránsito de ganado en la Ruta 7. | | |

## Ficha N° 177. Bien Nacional Protegido Río Azul

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/38 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Azul | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 12.009 | Ubicación: | Comuna de O'Higgins, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de febrero de 2010 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 1.055, del 30/12/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Río Azul". | | |
| Características de Importancia: | La conservación del patrimonio de biodiversidad, específicamente para la conservación y protección del hábitat del huemul. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1, del D. Ex. N° 1.055, del 30/12/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado de actividad ganadera en el área protegida. | | |

## Ficha N° 178. Bien Nacional Protegido Cerro San Lorenzo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/39 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cerro San Lorenzo | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 19.400 | Ubicación: | Comuna de Cochrane, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | Información no disponible |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 379, del 26/04/ 2011, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Cerro San Lorenzo". | | |
| Características de Importancia: | Conservación y protección ambiental y el hábitat del huemul (*Hippocamelus bisulcus*), especie que en la actualidad se encuentra en peligro de extinción. Además de la protección y conservación de las formaciones geológicas y belleza escénica del lugar, e investigación científica relacionada con la paleontología y glaciología. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción global a Fjs. 2 vta. N° 2, del Registro de Propiedad del año 1980, del C.B.R. de Cochrane, individualizado en el Plano N° 11301-525 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes se señalan en el numeral N° 1, del D. Ex. N° 379, del 26/04/2011, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 179. Bien Nacional Protegido Ruppert

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/40 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ruppert | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 46,93 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de octubre de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 275, del 04/08/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Ruppert". | | |
| Características de Importancia: | Contiene formaciones de bosque que constituyen el hábitat de nidificación del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) y skúa (*Catharacta lonnbergi*) y ofrece hábitat para un importante ensamble de especies de aves y mamíferos marinos asociados. Estos atributos le otorgan al predio la condición de laboratorio natural. El área forma parte de un ecosistema mayor en el cual se desarrollan innumerables procesos biológicos de ocurrencia en la interfaz costera. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción en mayor cabida a Fjs. 221 vta. N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes, individualizado en el Plano N° XII-2-1458-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Segmento b4-b1, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de Mar Chileno, Estrecho de Magallanes - Paso Inglés, en una extensión de 705.75 m. Este: Segmento b1-b2, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de Mar Chileno, Estrecho de Magallanes - Paso Inglés, en una extensión de 661.61 m. Sur: Segmento b2-b3, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de Mar Chileno, Estrecho de Magallanes - Paso Inglés, en una extensión de 1054.58 m. Oeste: Segmento b3-b4, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de Mar Chileno, Estrecho de Magallanes - Paso Inglés, en una extensión de 409.77 m. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado de actividad turística no regulada y malas prácticas de pescadores artesanales. | | |

## Ficha N° 180. Bien Nacional Protegido Batchelor

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/41 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Batchelor | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 24.124,43 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 29 de octubre de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 272, del 4/08/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Batchelor". | | |
| Características de Importancia: | Conserva formaciones vegetacionales que incluye maitén enano (*Maytenus disticha*) los que proveen hábitat para una diversa comunidad de especies de fauna, dentro de las que destacan poblaciones de huemules, puma, huillín y chungungo. Destaca, además, la compleja matriz de elementos geográficos y climáticos, los que favorecen la existencia de lagos, lagunas y numerosos ríos favoreciendo actividades de ecoturismo en el futuro. Este predio cumple una funcionalidad de gran relevancia para la conservación de procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marino-costero. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida a Fjs. 221 vta., N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes, Plano N° XII-2-1458 CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Segmento a-b, en línea sinuosa Río Sin Nombre, que los separa de lote fiscal N° 17 y parte del lote 16 de Juan Ernest Sielfeld Gondlah en 8.374.99 m y segmento b-c, en línea recta que lo separa del lote 16 de Juan Ernest Sielfeld Gondlah en 12125.22 m. Este: Segmento c-d, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de mar chileno, Estuario Wickham en 22214.41 m; segmento d-e, en línea recta que lo separa de lote 14 de Carlos Fabres Gutiérrez, en 4908.52 m, y segmento e-f, en línea sinuosa que lo separa del río Batchelor en una extensión de 11832.51 m. Sur: Segmento f-g, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa del mar chileno, en parte Paso Inglés y Canal Jerónimo en una extensión de 13882.99 m. Oeste: Segmento g-a, en línea sinuosa a 80 m de la más Alta Marea, que lo separa de mar chileno, en Canal Jerónimo y Ensenada Hyatt en una extensión de 28359.16 m. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas jurídicos para su gestión asociado a ocupaciones irregulares, caza furtiva, y malas prácticas de pescadores artesanales. | | |

## Ficha N° 181. Bien Nacional Protegido Omora

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/42 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Omora | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 405,91 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a Fundación Omora | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 644, del 06/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales declara BNP "Omora". D. Ex. N° 570, del 02/11/2005, lo entregó en concesión por 25 años a Fundación Omora. | | |
| Características de Importancia: | Bosque siempreverde templado costero, matorral templado antiboreal andino, desierto antiboreal andino. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscripción en mayor cabida (global), a Fjs. 1.782 N° 1.963, Registro de Propiedad de 1992, del C.B.R. de Punta Arenas, Plano N° XII-4-247 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D. Ex. N° 644, del 06/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado la presencia de especies exóticas invasivas y turismo masivo potencial. | | |

## Ficha N° 182. Bien Nacional Protegido Isla Carlos III

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/43 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Carlos III | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 6.482,19 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Costero |
| Administración: | Entregado a concesión a WhaleSound S.A. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 22 de abril de 2006 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 662, del 16/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales declara BNP "Isla Carlos III". D. Ex. N° 185, del 19/04/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, lo entregó en concesión por 25 años a WhaleSound S.A. | | |
| Características de Importancia: | Este predio presenta una gran relevancia para la conservación de procesos ecosistémicos que se dan en el interfaz marino costero. La presencia de surgencias marinas genera una alta disponibilidad de alimento para las especies vinculadas al ecosistema marino-costero, lo que permite que este lugar contenga una gran abundancia y riquezas de especies, destacando lobo marino común (*Otaria flavescens*) y lobo fino (*Arctocephalus australis*); sitios de nidificación y descanso de colonias de cormorán de las rocas (*Phalacrocorax magellanicus*), cormorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*), cormorán de las Malvinas (*Phalacrocorax albiventer*) y ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). El predio protegido ofrece para algunas de estas especies hábitat de refugio, alimentación y reproducción. El objetivo de la concesión es el desarrollo de ciencia básica asociada al ecosistema terrestre marino, y actividad de turismo científico. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 221 vta. N° 810, Registro de Propiedad de 1906, del C.B.R. de Magallanes, individualizado como Lote "B" del Plano N° XII-2-1458 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D. Ex. N° 662, del 16/12/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 183. Bien Nacional Protegido Río Serrano Milodón

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/44 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Serrano Milodón | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 44,3 | Ubicación: | Comunas de Natales y Torres del Paine, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 07 de marzo de 2007 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 064, del 31/01/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales declara BNP "Río Serrano Milodón". | | |
| Características de Importancia: | La unidad presenta una rica diversidad de paisajes que incluyen formaciones de estepas, bosques magallánicos, montañas, ríos y lagunas formadas por los deshielos de los glaciares. De gran interés la existencia de Bosque Caducifolio Antiboreal Andino de *Nothofagus pumilio* y *Chiliotrichum diffudum*, formación vegetacional que se encuentra escasamente protegida en el sistema de área protegidas. El objetivo de la futura concesión es la conservación y desarrollo de turismo ligado a la actividad de *trekking*. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 254 vta. N° 234 del Registro de Propiedad del año 2004, del C.B.R. de Puerto Natales, individualizado en los Planos N° XII-1-996-CR, N° XII-1-966-CR N° XII-1-1034-CR, Nº XII-1-1035-CR, N° XII-1-1036-CR, N° XII-1-1037-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están descritos en el numeral 1, del D. Ex. 064, del 31/01/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas en el plano y el decreto, además de actividades ganaderas (tránsito de ganado en zonas húmedas, erosión, cambios en el sistema de drenaje) y caza furtiva. | | |

## Ficha N° 184. Bien Nacional Protegido Río Robalo Navarino

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/45 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Robalo-Navarino | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 5.196,24 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de agosto de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 468, del 29/12/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Río Robalo-Navarino". D. Ex. N° 547, del 28/07/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, modifica D. Ex. N° 468, del 29/12/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | Destaca por su enorme valor turístico y paisajístico. En ella se encuentran formaciones de granito reconocidas mundialmente, y en cuyas laderas se observan lagos y lagunas escondidas. El área protegida contiene formaciones de Matorral Templado Antiboreal Andino de *Bolax gumífera* y *Azorella selago* y del Desierto Antiboreal Andino de *Nassauvia pygmaea* y *Nassauvia lagascae* que constituyen el hábitat de una rica avifauna. El objetivo de la futura concesión es la conservación y desarrollo de turismo ligado a la actividad de *trekking*. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 221 vta. N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906, del C.B.R. de Magallanes, individualizado en Plano N° XII-4-257-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Tramo e-d en línea recta de 3004,40 m con lote 4-c; Tramo d-c en línea quebrada de 2023,62 m con terrenos fiscal; Tramo c-b en línea quebrada de 3517,95 m con terreno fiscal y parte del Lote 5a1-a; Tramo b-a en línea quebrada de 4934,82 m con parte del Lote 5a1-a y Lote 5d2-a; Tramo a-1 en línea sinuosa de 816,88 m con Lote 5d3-c y terrenos de playa del mar chileno - Caleta Róbalo; Tramo 1-k en línea recta de 717,49 m con parte del Lote 5d1; y Tramo k-j en línea quebrada de 1698,23 m con terreno fiscal; Este: Tramo j-i en línea quebrada de 5488,11 m con Lote 5d- 4; parte del lote 5a1-c y terreno fiscal; y Tramo i-h en línea quebrada de 3918,43 m con terrenos fiscal; Sureste: Tramo h-g en línea recta de 4467,97 m con terreno fiscal; y Oeste: Tramo f-e en línea recta de 4448,08 m con terreno fiscal. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas en el plano y el decreto, además de extracción de leña y actividades ganaderas. | | |

## Ficha N° 185. Bien Nacional Protegido Punta Sedger

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/46 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Punta Sedger | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 14,52 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a la Unión de Ornitólogos de Chile. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 16 de marzo de 2007 |
| Normativa del Área: | Resolución 206, del 13/07/2004, del Ministerio de Bienes Nacionales, lo entregó en concesión por 5 años a Unión de Ornitólogos de Chile. D. Ex. N° 423, del 05/12/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales declara BNP "Punta Sedger". | | |
| Características de Importancia: | En el predio se ha registrado la presencia del canquén colorado (Chloëphaga rubidiceps), considerándose como zona de anidamiento de esta especie, incluida en el Apéndice I de la Convención de Especies Migratorias (CMS) debido a la condición de especie migratoria y a la alta amenaza en que se encuentran sus poblaciones. El objetivo del proyecto de concesión es la conservación. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a mayor cabida a Fjs. 221 vta. N° 810 del Registro de Propiedad del año 1906 del C.B.R. de Magallanes, individualizado en Plano N° XII-2-1590-CR. | | |
| Deslindes: | Norte: Tramo d-e y e-a, línea sinuosa a 5 m del más alto caudal, que lo separa del Río San Juan en extensiones de 223,04 y 112,76 m respectivamente; Este: Tramo a-b, línea sinuosa a 80 m de la más alta marea que lo separa del Mar Chileno, Estrecho de Magallanes en 963,87 m; Sur: Tramo b-e, línea recta que lo separa de terrenos fiscales en 852,07 m; Oeste: Tramo c-d, línea sinuosa a 5 m del más alto caudal, que lo separa del río Juan en una extensión de 184,84 m. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 186. Bien Nacional Protegido Cabo Froward

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/47 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cabo Froward | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 9.888,54 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Entregado en concesión a Sociedad Marítima Cabo Froward Ltda. | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 24 de agosto de 2009 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 467, del 29/12/2006, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Cabo Froward". D. Ex. N° 437, del 10/10/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, lo entregó en concesión por 25 años a Sociedad Marítima Cabo Froward Ltda. | | |
| Características de Importancia: | Este predio fiscal tiene un alto interés turístico debido a que es el punto más austral de la masa continental de América del Sur, y área de recreación de la comunidad de Punta Arenas. Desde el punto de vista de la conservación, esta unidad contiene las poblaciones más australes de huemules y pumas, especies fuertemente amenazadas en la región. A su vez el área se ha descrito como punto de arribo al continente del castor (*Castor canadensis*), especie altamente dañina para los ecosistemas nativos, registrándose su presencia al interior de la unidad. El objetivo de la concesión es la conservación y el desarrollo de turismo de avistamiento de fauna, *trekking* y navegación. | | |
| Régimen de dominio | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en forma global, a Fjs. 221 vta. N° 810, en el Registro de Propiedad de 1906, del C.B.R. de Magallanes. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1 del D. Ex. N° 467, del 29/12/06, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha informado que en el sector de Cabo Froward ronda un ocupante ilegal esporádico. Asimismo, se ha detectado incumplimiento de obligaciones por parte del concesionario debido a que existe mal uso del borde costero (existencia de camping, explotación de bosque, uso de fuego, etc.). | | |

## Ficha N° 187. Bien Nacional Protegido Isla Madre de Dios

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/48 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Madre de Dios | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 123.668,3 | Ubicación: | Comuna de Natales, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Fecha de publicación D.O. | Información no disponible. |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 480, del 26/11/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Isla Madre de Dios". | | |
| Características de Importancia: | Esta unidad de conservación posee suelos constituidos por un manto calcáreo, que ha sido eternamente modelado por las aguas y la fuerza del viento, produciendo un sinnúmero de cuevas de gran profundidad, entre la que se encuentra la mayor sima de Chile de 376 metros bajo el nivel del mar. En las profundidades abisales se encuentran ecosistemas constituidos entre otras especies por invertebrados acuáticos, microorganismos e insectos de reciente descubrimiento por la ciencia. El área posee evidencias arqueologías de las comunidades Kawésqar, que son de gran importancia puesto que las cavernas fueron utilizadas como refugios, sepulturas y pinturas rupestres, estas últimas son las primeras halladas bajo tierra en Chile. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 144 vta. N° 87, del Registro de Propiedad del año 1967, del C.B.R. de Puerto Natales, singularizado en el Plano N° XII-1-1100-CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el D. Ex. N° 480, del 26/11/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado de actividades turísticas no reguladas. | | |

## Ficha N° 188. Bien Nacional Protegido Islas Diego Ramírez

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/49 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islas Diego Ramírez | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 79,17 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Costero |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Fecha de publicación en el D.O. | 07 de mayo de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 665, del 28/12/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Islas Diego Ramírez". | | |
| Características de Importancia: | Lugar de nidificación de aves antárticas y subantárticas, como el albatros de ceja negra (*Talassarche Melanopris*), albatros de cabeza gris (*Talassarche chrysostoma*) y pingüino macaroni (*Eudyptes chrysolophus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 1.782 N° 1.963, del Registro de Propiedad del año 1992, del C.B.R. de Punta Arenas, singularizado en el Plano N° XII-4-268-CR. | | |
| Deslindes: | ISLA 1 (superficie 1,22 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 2a (superficie 0,17 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 2b (superficie 0,54 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 3 (superficie 56,66 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 4 (superficie 0,13 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 5 (superficie 16,79 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 6 (superficie 0,49 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. ISLA 7 (superficie 3,17 ha); Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 189. Bien Nacional Protegido Islas San Idelfonso

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/50 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Islas San Idelfonso | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 37,55 | Ubicación: | Comuna de Cabo de Hornos, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Costero |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 17 de mayo de 2008 |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 666, del 28/12/2007, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Islas San Idelfonso". | | |
| Características de Importancia: | Esta unidad tiene un alto valor para la conservación de aves antárticas y subantárticas, siendo el área de nidificación de aves como el pingüino macaroni (*Eudyptes chrysolophus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito en mayor cabida, a Fjs. 1.782 N° 1.963, del Registro de Propiedad del año 1992, del C.B.R. de Punta Arenas, singularizado en el Plano N° XII-4-267-CR. | | |
| Deslindes: | ISLA 1 (superficie 2,91 ha), ISLA 2 (superficie 2,78 ha), ISLA 3 (superficie 2,65 ha), ISLA 4 (superficie 0,76 ha), ISLA 5 (superficie 4,26 ha), ISLA 6 (superficie 2,67 ha), ISLA 7 (superficie 14,00 ha), ISLA 8 (superficie 2,73 ha), ISLA 9 (superficie 4,79 ha): todas en Norte, Este, Sur y Oeste, terrenos de playa que lo separa de mar chileno-Océano Pacífico. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 190. Bien Nacional Protegido Humedal Tres Puentes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/51 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Humedal Tres Puentes | Categoría AP: | Bien Nacional Protegido |
| Superficie (ha): | 16,42 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | Información no disponible. |
| Normativa del Área: | D. Ex. N° 199, del 16/02/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Humedal Tres Puentes". | | |
| Características de Importancia: | Humedal y comunidad de aves que nidifican en el área. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Lote 1A-C Poligono A-B-C-D-A Superficie: 42.337,50 m$^2$. Norte: Tramo A-B, en línea recta de 100 m con otros propietarios; Sur: Tramo C-D, en línea recta de 150 m con Avenida Los Generales; Oriente: Tramo B-C, en 329 m em línea curva con prolongación Av. Eduardo Frei; y, Poniente: Tramo D-A, en línea recta de 305 m con otros propietarios. Lote 1A-A Poligono F-G-H-I-F Superficie: 121250,76 m$^2$. Norte: Tramo F-G en línea recta de 446,82 m con ensanche calle El Retiro; Sur: Tramo H-I en línea recta de 399,82 m en Avenida Los Generales; Oriente: Tramo G-H en línea recta de 294,00 m con lote 1A-B, propiedad del INIA; y, Poniente: Tramo I-F en línea curva de 329 m con prolongación Av. Eduardo Frei. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, ha informado de problemas asociados con la expansión inmobiliaria de la ciudad de Punta Arenas. | | |

## Ficha N° 191. Bien Nacional Protegido Río Paralelo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/52 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Área:** | Río Paralelo | **Categoría AP:** | Bien Nacional Protegido |
| **Superficie (ha):** | 15.347 | **Ubicación:** | Comuna de Timaukel, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| **Propietario:** | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Terrestre |
| **Administración:** | Ministerio de Bienes Nacionales. | **Publicación en el D.O. de la norma de creación:** | Información no disponible. |
| **Normativa del Área:** | **D. Ex. N° 891**, del 19/11/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Río Paralelo". | | |
| **Características de Importancia:** | Bosque Caducifolio templado antiboreal andino de *Nothofagus pumilio* y *Maytenus disticha*. Conservación del humedal y la protección de las aves que nídifican en el área. | | |
| **Régimen de dominio:** | Bien Fiscal. | | |
| **Inscripción o Registro:** | Información no disponible. | | |
| **Deslindes:** | Los deslindes están señalados en el D. Ex. N° 891, del 16/11/2009, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| **Problemas y dificultades jurídicas para su gestión:** | Aunque no se han reportado problemas jurídicos para su gestión, se ha informado del ingreso de especies exóticas invasoras (castor) e intervención antrópica asociada a riesgos de incendio. | | |

## Ficha N° 192. Bien Nacional Protegido Río Olivares

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - BNP/53 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Río Olivares | Categoría AP: | Bienes Nacionales Protegidos |
| Superficie (ha): | 30.400 | Ubicación: | Comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana de Santiago |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Ministerio de Bienes Nacionales | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 18 de enero del 2011 |
| Normativa del Área: | Resolución N° 1.138, del 13/11/2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional la Comuna de San José de Maipo. D.S. 78, del 04/10/2005, declara "Zona de Interés Científico para Efectos Mineros". D. Ex. N° 1.293, 19/11/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara BNP "Río Olivares". | | |
| Características de Importancia: | La destinación tiene como objetivo especifico la conservación y protección a la formación vegetacional de Estepa Altoandina de Santiago y Bosque Esclerófilo Andino, y el hábitat de especies con problemas de conservación como el cóndor (*Vultur gryphus*), además de la presencia de sitios arqueológicos. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | Inscrito a Fjs. 1.838 vta. N° 2.064 del Registro de Propiedad del año 1982, del C.B.R. de Puente Alto. | | |
| Deslindes: | Los deslindes están señalados en el numeral 1, del D. Ex. N° 1.293, 19/11/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas jurídicos para su gestión. | | |

## Ficha N° 193. Ramsar Salar de Surire

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Surire | Categoría AP: | RAMSAR-MN (Salar de Surire) |
| Superficie (ha): | 15.858<br>(11.298 MN) | Ubicación: | Comuna de Putre, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile es propietario de la superficie correspondiente al Monumento Natural del mismo nombre | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. El Salar de Surire es además Monumento Natural, a través de D.S. 29, del 8/03/83, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Su creación tiene como sustento conservar la fauna asociada a los cuerpos de agua. Es el único lugar de anidación de las tres especies chilenas de flamencos: flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*). Las lagunas del salar están habitadas además por otras especies de aves adaptadas a grandes altitudes, como: el suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*) y de mamíferos como el puma (*Puma concolor*), el gato colocolo (*Oncifelis colocolo*), el quirquincho (*Euphractus nationi*) y la vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*). En las áreas circundantes al salar de Surire hay formaciones de vegetación esteparia de camaefitos (*chamaephytes*) y nanofanerofitos (*nanophanerophytes*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. correspondiente a la superficie del Monumento Natural del mismo nombre. | | |
| Inscripción o Registro: | El Monumento Natural del mismo nombre que se superpone con este sitio RAMSAR tiene inscripción global a Fjs. 78 N° 77, del Registro de propiedad del año 1985, del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | El Monumento Natural del mismo nombre que se superpone con este sitio RAMSAR tiene los siguientes deslindes: NORTE: línea recta imaginaria desde el Cerro Calajalata cota 4.777, a la cota 4.412; el meridiano de la cota 4.412 hasta interceptar el camino que bordea el Salar de Surire; este camino hasta su intersección con camino a Portezuelo Quilhuiri. ESTE: Camino que bordea el Salar de Surire desde su intersección con camino a Portezuelo Quilhuiri hasta interceptar con camino a Portezuelo Capitán. SUR: Camino que bordea el Salar de Surire desde su intersección camino a Portezuelo Capitán hasta interceptar el lecho del río Surire. OESTE: La línea recta que une el punto de intersección, del camino de borde del Salar de Surire con el río Surire, con el Cerro Oquecolle, cota 4.325, y línea recta al Cerro Calajalata, cota 4.777. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Esta unidad se superpone con el Monumento Natural del mismo nombre. CONAF reporta que en este caso, sólo el MN forma parte del SNASPE y cuenta con Plan de Manejo, personal guardaparque y presupuesto estatal propio para su gestión, mientras que no ocurre lo mismo con el Sitio Ramsar. Por lo tanto, en la actualidad, sólo el área superpuesta del Sitio Ramsar con el MN cuenta con protección efectiva, no así el área que está fuera de esos límites del MN. En general, los problemas dicen relación a la regularización de derechos de agua y solicitudes para la ejecución de actividades mineras o geotérmicas dentro de las AP. | | |

## Ficha N° 194. Ramsar Salar del Huasco

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar del Huasco | Categoría AP: | RAMSAR-PN-SN-BNP (Salar del Huasco) |
| Superficie (ha): | 6.000 (9.950 SN; 110.962 PN; 119.701 BNP) | Ubicación: | Comuna de Pica, Región de Tarapacá |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Esta AP está inserta en tres unidades con categoria de protección distintas: PN Salar del Huasco, SN y BNP del mismo nombre, creados por D.S. 07, del 02/02/2010, del Ministerio de Bienes Nacionales, D.S. 561, del 9/05/2005, del Ministerio de Educación y D. Ex. 633 de 30/11/2005, del Ministerio de Bienes Nacionales, respectivamente. | | |
| Características de Importancia: | El sitio ofrece características únicas de la estepa subdesértica altoandina. De las comunidades vegetacionales predominantes en este clima, destacan las siguientes especies: llaratilla (*Pycnophyllum molle*), ñacatula (*Baccharis incarum*), lampaya (*Lampaya medicinalis*), llareta (*Azorella compacta*), queñoa (*Polylepis tarapacana*). Una gran variedad de fauna se encuentra alrededor del salar; entre los mamíferos destacan la vicuña (*Vicugna vicugna*) y en las aves la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Nacional Protegido en el cual está inserto este sitio RAMSAR está inscrito a Fjs. 1.388 vta., N° 1.365 del Registro de Propiedad del año 1983, del C.B.R. de Pozo Almonte, individualizado en el plano N° I-2-9293-CR. | | |
| Deslindes: | Las coordenadas UTM de los vértices que determinan el área del Santuario de la Naturaleza del mismo nombre constan en el D.S. 561, del 9/05/2005, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 195. Ramsar Salar de Pujsa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Pujsa | Categoría AP: | RAMSAR-RN (Los Flamencos) |
| Superficie (ha): | 17.397<br>(73.987 RN) | Ubicación: | Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 14 de agosto de 2009 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte del sitio Ramsar coincide con la RN Los Flamencos, declarada a través de D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | El sitio constituye uno de los humedales de mayor importancia para la conservación de flamencos sudamericanos, pues las tres especies (andino, chileno y de James) son relativamente abundantes en el sitio (más del 1% de la población global en todos los casos). El humedal además es un sitio de paso (descanso y alimentación) de aves migratorias interhemisféricas, como los playeros (*Calidris bairdii C., melanotos*, *C. himantopus*, *Catoptrophorus semipalmatus*), pitotoyes (*Tringa melanoleuca*, *T. flavipes*) y el falaropo de Wilson (*Steganopus tricolor*). Destaca también la presencia de numerosos grupos de vicuña austral (*Vicugna vicugna vicugna*), que se alimentan de las vegas existentes en los alrededores del Salar. Las comunidades indígenas de Toconao y Talabre utilizan las vegas y bofedales para el pastoreo de ganado (llamas y alpacas) y la colecta de plantas medicinales. En los últimos años estas comunidades, apoyadas por el sector público, han empezado a incorporarse a la actividad turística para complementar así su economía familiar tradicional. El Salar de Pujsa forma parte del sitio de Atacama, uno de los 14 sitios prioritarios de la Red de Humedales para la Conservación de Flamencos Altoandinos en Argentina, Bolivia, Chile y Perú. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Fiscal. que corresponde a la RN Los Flamencos del cual forma parte este sitio RAMSAR, está inscrito en mayor cabida a Fjs. 34 N° 28, del Registro de Propiedad de 1933 del C.B.R. de Loa-Calama, singularizado en el Plano N° II-3-3233 CR. | | |
| Deslindes: | Este sitio RAMSAR está inserto dentro de la RN Los Flamencos cuyos deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas para su gestión, se ha informado de problemas asociados a extracción de recursos hídricos por actividades mineras como asimismo ingreso de visitantes no controlado. | | |

## Ficha N° 196. Ramsar Salar de Aguas Calientes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Aguas Calientes IV | Categoría AP: | RAMSAR-RN (Los Flamencos) |
| Superficie (ha): | 15.529<br>(73.987 RN) | Ubicación: | Comuna de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 14 de agosto de 2009 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte del sitio Ramsar coincide con la RN Los Flamencos, declarada a través de D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Al igual que el sitio Ramsar vecino "Salar de Pujsa", este humedal es un sitio de paso (descanso y alimentación) de aves migratorias interhemisféricas, como playeros (*Calidris bairdii*, *C. melanotos*, *C. himantopus*, *Catoptrophorus semipalmatus*), pitotoyes (*Tringa melanoleuca*, *T. flavipes*), y el falaropo de Wilson (*Steganopus tricolor*). Asimismo, las tres especies de flamencos altoandinos (andino, chileno y de James), el suri (*Pterocnemia pennata*), piuquén (*Chloephaga melanoptera*), perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*) y los mamíferos chinchilla andina (*Chinchilla brevicaudata*) y vicuña (*Vicugna vicugna*) están presentes en el área. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Fiscal. que corresponde a la RN Los Flamencos del cual forma parte este sitio RAMSAR, está inscrito en mayor cabida a Fjs. 34 N° 28, del Registro de Propiedad de 1933 del C.B.R. de Loa-Calama, singularizado en el Plano N° II-3-3233 CR. | | |
| Deslindes: | Este sitio RAMSAR está inserto dentro de la RN Los Flamencos cuyos deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | En la actualidad existen concesiones vigentes para la extracción de sales, lo que constituye una amenaza para la conservación de estos humedales, ya sea por la extracción directa de sales desde la superficie del salar y/o por la extracción del recurso hídrico de las surgencias de agua que drenan al Salar. Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas para su gestión, se ha informado de problemas asociados a extracción de recursos hídricos por actividades mineras como asimismo ingreso de visitantes no controlado. | | |

## Ficha N° 197. Ramsar Salar de Tara

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Salar de Tara | Categoría AP: | RAMSAR-RN (Los Flamencos) |
| Superficie (ha): | 96.439<br>(73.987 RN) | Ubicación: | Comuna de San Pedro,<br>Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte del sitio Ramsar coincide con la RN Los Flamencos, declarada a través de D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Se caracteriza por la vegetación de vegas y bofedales asociadas a cuerpos de aguas permanentes y estacionales. Además, es el principal lugar de nidificación de la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*). Otras especies de aves características son el suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*), la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*), el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), la tagua (*Fulica cornuta*) y la gaviota andina (*Larus serranus*). Especies de mamíferos típicas son el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el tucotuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*). Los tres principales hábitats son las lagunas altamente saladas, los pantanos con afluencias de agua dulce y las estepas secas y pastosas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Fiscal. que corresponde a la RN Los Flamencos del cual forma parte este sitio RAMSAR, está inscrito en mayor cabida a Fjs. 34 N° 28, del Registro de Propiedad de 1933 del C.B.R. de Loa-Calama, singularizado en el Plano N° II-3-3233 CR. | | |
| Deslindes: | Este sitio RAMSAR está inserto dentro de la RN Los Flamencos cuyos deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas para su gestión, se ha informado de problemas asociados a extracción de recursos hídricos por actividades mineras como asimismo ingreso de visitantes no controlado. | | |

## Ficha N° 198. Ramsar Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama | Categoría AP: | RAMSAR-RN (Los Flamencos) |
| Superficie (ha): | 67.133<br>(73.987 RN) | Ubicación: | Comuna de San Pedro Atacama, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte del sitio Ramsar coincide con la Reserva Nacional Los Flamencos, declarada a través de D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Su creación se vincula con cuatro cuerpos someros de agua permanente y otros estacionales. Es un importante lugar de alimentación de aves. Es hábitat de un gran número de flamencos (*Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *P. jamesi*). El sitio también es importante para otras aves, como el caití (*Recurvirostra andina*), el chorlo serrano (*Charadrius alticola*) la gaviota andina (*Larus serranus*), el suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*), y aves migratorias de América del Norte, como el pollito de mar o el pollito de la vega (*Calidris bairdii*). Las microalgas y copépodos constituyen la alimentación de flamencos y aves pequeñas. También se observan lagartijas del género *Liolaemus* y mamíferos, como el zorro culpeo y la chilla (*Pseudalopex culpaeus* y *P. griseus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Fiscal. que corresponde a la RN Los Flamencos del cual forma parte este sitio RAMSAR, está inscrito en mayor cabida a Fjs. 34 N° 28, del Registro de Propiedad de 1933 del C.B.R. de Loa-Calama, singularizado en el Plano N° II-3-3233 CR. | | |
| Deslindes: | Este sitio RAMSAR está inserto dentro de la RN Los Flamencos cuyos deslindes están señalados en el numeral 2 del D.S. 50, del 02/04/90, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas, se ha informado de problemas asociados a extrtacción de recursos hídricos por actividades mineras como asimismo ingreso de visitantes no controlado. | | |

## Ficha N° 199. Ramsar Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Santa Rosa

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Santa Rosa | Categoría AP: | RAMSAR-PN (Nevado Tres Cruces) |
| Superficie (ha): | 62.460 (59.082 PN) | Ubicación: | Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, Región de Atacama |
| Propietario: | El Fisco de Chile es propietario del PN Nevados Tres Cruces que forma parte de este sitio RAMSAR. | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF administra el PN Nevado Tres Cruces que forma parte de este sitio Ramsar. | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte del sitio Ramsar coincide con el PN Nevado Tres Cruces, declarado a través de D.S. 947, del 29/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Características de Importancia: | Hay 41 especies de aves y ocho de mamíferos. En las aves encontramos los tres tipos de flamencos (*Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicoparrus andinus* y *P. jamesi*), así como el pato juarjual (*Lophonetta specularoides*) y la tagua cornuda (*Fulica cornuta*). Entre los mamíferos destacan la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*). Las porciones de agua dulce de la Laguna del Negro Francisco están rodeadas por planicies amplias y casi desnudas. Existen praderas y bofedales donde los dos cuerpos de agua se unen, con presencia de praderas y plantas herbáceas, tales como queña (*Deyeuxia curvula*), llacho (*Potamogeton strictus*) y picantillo (*Ranunculus cymbalaria*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. correspondiente a la superficie del PN Nevado Tres Cruces de 59.081,87 ha. | | |
| Inscripción o Registro: | El Bien Fiscal. que corresponde a la PN Nevados Tres Cruces del cual forma parte este sitio RAMSAR está inscrito a Fjs. 527 vta. N° 500 en el Registro de Propiedad de 1964, del C.B.R. de Copiapó; individualizado en los Planos N° III-2-3361 CR y III-2-3362 CR. | | |
| Deslindes: | Los deslindes del Parque Nacional Nevados Tres Cruces que forma parte de este sitio RAMSAR están señalados en el numeral 1 del D.S. 947, del 29/07/94, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No obstante que no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas para su gestión, se ha informado la existencia de proyectos mineros, que realizan extracción de agua de la cuenca que alimenta las lagunas. | | |

## Ficha N° 200. Ramsar Laguna Conchalí

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna Conchalí | Categoría AP: | RAMSAR-SN (Laguna Conchali) |
| Superficie (ha): | 34<br>(50,9 SN) | Ubicación: | Comuna de Los Vilos,<br>Región de Coquimbo |
| Propietario: | Compañía Minera Los Pelambres | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Compañía Minera Los Pelambres | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de febrero de 2004 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. Parte de este Sitio RAMSAR forma parte del SN del mismo nombre, creada por D. Ex. N° 41, del 27/01/2000, del Ministerio de Educación. | | |
| Características de Importancia: | Es un humedal costero representativo de la zona mediterránea de Chile Central, de gran relevancia regional, ya que alberga flora y fauna terrestre y acuática de alta diversidad de especies. Se registran más de setenta especies de aves, entre las que destacan especialmente la tagua (*Fulica sp.*), el pato jergón chico y grande (*Anas flavirostris* y *A. Georgica*), el pato real (*Anas sibilatryx*), el pato cuchara (*Anas platalea*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphera*) y el cuervo de pantano (*Plegades chihi*), entre otros. Además de corresponder a un punto importante en la ruta de migración de las aves a lo largo de la costa chilena, esta laguna constituye un hábitat importante para la fauna íctica, pues es posible encontrar en ella abundantes poblaciones de peces. La unidad vegetacional existente en las riberas corresponde a la denominada vegetación de marismas. La flora acuática está bien desarrollada, constituyendo las especies macrófitas un hábitat propicio para la alimentación, refugio y desove de gran número de especies ícticas y de macroinvertebrados. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Las coordenadas UTM de los vértices que determinan el área del SN del mismo nombre, en el cual está inserta esta AP, se señalan en el D. Ex. N° 41, del 27/01/2000, del Ministerio de Educación. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 201. Ramsar el Yali

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | El Yali | Categoría AP: | RAMSAR-RN (El Yali) |
| Superficie (ha): | 520<br>(520 RN) | Ubicación: | Comuna de Santo Domingo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | CONAF | Fecha de declaración RAMSAR: | 2 de diciembre de 1996 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. El sitio RAMSAR El Yali, se encuentra inserto dentro de la Reserva Nacional del mismo nombre creada por D.S. 41, del 23/05/96, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a un humedal costero de tipo albuférico, uno de los más importantes de la zona central del país. Lugar de descanso y alimentación de aves migratorias. Un total de 115 especies han sido descritas, representando el 25 por ciento de todas las aves del mundo en Chile. El sitio es importante para aves como el chorlo chileno (*Charadrius modestus*), la huala (*Podiceps mayor*), la garza grande (*Casmerodius albus*), la garza cuca (*Ardea cocoi*), el huairavillo (*Ixobrychus involucris*), el cuervo de pantano (*Plegadis chihi*), la bandurria (*Theristicus caudatus*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) la coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el pato jergón grande (*Anas georgica*), el pato real (*Anas sibilatrix*), el pato gargantillo (*Anas bahamensis*), el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), la tagua (*Fulica armillata*) y la gaviota cáhuil (*Larus maculipennis*). La vegetación está principalmente compuesta de praderas del borde costero con pequeñas especies de arena, pajonal, arbustos espinosos de baja densidad y un pequeño remanente del bosque nativo esclerófilo. El sitio está ubicado en el área vegetacional de matorral y bosque espinoso. Los árboles del bosque nativo cercanos a la Laguna de Colejuda son el boldo (*Peumus boldus*), el corcolén o hilén (*Azara celastrina*) y el molle (*Schinus latifolius*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El predio Fiscal que corresponde a la RN El Yali que forma este sitio RAMSAR se encuentra inscrito, en mayor cabida, a Fjs. 844 vta. N° 1.052, en el Registro de Propiedad de 1971, del C.B.R. de San Antonio. | | |
| Deslindes: | Noreste: Con Hijuela ex Hacienda El Peumo, en línea quebrada del tramo B-G, dividiendo de allí la Laguna Matanzas en línea Imaginaria de 2.770 m a través del tramo G-H, siguiendo por el Estero Las Rosas hasta el vértice I, continúa en línea recta limitando hoy con varios propietarios en el tramo I-J. Sureste: Con parte del terreno de la Sociedad Agrícola y Comercial Guillermo Ferias Castro y Cía., hoy varios propietarios, a través de una línea sinuosa a 100 m de las aguas de la Laguna Matanzas en su cota máxima, lo que se define en el tramo J-K, luego continúa en línea quebrada tramo K-L, siguiendo en línea sinuosa en su cota máxima, definida por tramo I,-M y con terreno de la Sociedad Agrícola El Convento, en línea quebrada que rodea la Laguna Colejuda en el tramo M-N. Luego en línea quebrada en el tramo N-R, en línea recta que lo separa de terrenos de otro propietario en tramo R-S y en línea quebrada en el tramo S-T, con terrenos de la Sociedad Agrícola El Convento en línea quebrada en el tramo T-U. Suroeste: Con estero EL Yali, en línea sinuosa definido por tramo U-A. Noroeste: Con Océano Pacífico (Mar chileno). Deslindes de la Isla, Superficie 2,85 ha. Noreste: Con Estero El Yali, en línea sinuosa determinada por tramo V-W. Sur: Con Estero Yali, en línea sinuosa definida por tramo W-X. Noroeste: Con Estero El Yali, en línea sinuosa determinada por tramo X-V. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Aunque no se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas para su gestión, se ha informado de extracción de aguas subterráneas, quemas ilegales y problemas asociados a expansión urbana, como también ingreso ilegal de vehículos, personas y animales domésticos. Asimismo, se ha reportado la existencia de caza y pesca furtiva. | | |

## Ficha N° 202. Ramsar Parque Andino Juncal

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/10 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Parque Andino Juncal | Categoría AP: | RAMSAR |
| Superficie (ha): | 13.796 | Ubicación: | Comuna de Los Andes, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Comunidad Kenrick Lyon | Ambiente: | Humedal |
| Administración: | Comunidad Kenrick Lyon | Fecha de declaración RAMSAR: | 22 de mayo de 2010 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. | | |
| Características de Importancia: | Este sitio altoandino está ubicado en la zona central de Chile sobre la cordillera de los Andes desde los 2.500 a más de 5.000 m de altitud. Está conformado por una extensa red hídrica que incluye: ríos, esteros, glaciares, vegas andinas de altura y manantiales de aguas subterráneas. Es un área caracterizada por condiciones climáticas extremas como frío, nieve, sequía y alta radiación. Estas condiciones ambientales confieren al área su alto valor ecológico pues provee sustento a un importante grupo de fauna y flora, entre las que destacan especies endémicas como la culebra cola corta (*Tachymenis chilensis*), así como especies en peligro como el matuasto (*Phymaturus flagellifer*), un alto número de aves migratorias y vertebrados mayores. El ecosistema es representativo de la zona de matorral Mediterráneo, único en América del Sur y categorizado en peligro por el Banco Mundial y WWF. Está dentro del predio privado "Mineral Cordillera", en el cual predomina el uso recreativo, educacional y científico de sus recursos. | | |
| Régimen de dominio: | Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 203. Ramsar Carlos Andwanter

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/11 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Carlos Andwanter | **Categoría AP:** | RAMSAR-SN (Río Cruces) |
| Superficie (ha): | 4.877<br>(4.877 SN) | **Ubicación:** | Comuna de Valdivia, Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile | **Ambiente:** | Mixto |
| Administración: | CONAF | **Fecha de declaración RAMSAR:** | 27 de julio de 1981 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que disponga su creación, sino que una declaración de nuestro país, la primera efectuada en Chile, y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar (N° Lista RAMSAR 6CL001). 4.877 ha están protegidas como Santuario de la Naturaleza por el Ministerio de Educación (D.S. 2.734 del, 03/06/81, del Ministerio de Educación) | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a un humedal costero del tipo estuario con influencia oceánica. Mantiene una importante colonia de aves y mamíferos. Los humedales concentran más del 1% de la población nacional de las tres especies de los géneros Áulica (*Cygnus Aulica*), taguas (*Fulica cornuta*) y cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). Este humedal es el de mayor valor ecológico reconocido en la Región de Los Ríos, de régimen estuarial y de más de 6 mil ha. El valor ecológico, social y cultural de este humedal está ampliamente reconocido. El humedal se formó tras el descenso del terreno ocasionado por el terremoto de 1960. La extensión de este humedal es de 25 km de largo y un promedio de 2 km de ancho. Su superficie incluye lechos, islas, riberas y bañados de los ríos Cruces y Chorocomayo y se emplaza en el cauce del primero, uno de los afluentes de la cuenca hidrográfica del río Valdivia, compuesta por una red fluvial de unos 250 km. En el Santuario se han censado 119 especies de aves que además de ser su principal sitio de nidificación, dependen directa o indirectamente de este humedal y ambientes aledaños. Destaca por haber sido el principal núcleo de nidificación del cisne de cuello negro, además de albergar especies en peligro de extinción como el cisne coscoroba, cuervo de pantano y águila pescadora. | | |
| Régimen de dominio | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas para su gestión; sin embargo, se informa de actividades de caza y pesca ilegal y fue objeto en 2005 de un controvertido proceso de contaminación, aun no totalmente aclarado en su origen, que provocó alta mortandad en población de cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). | | |

## Ficha N° 204. Ramsar Bahía Lomas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RAMSAR/12 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bahía Lomas | Categoría AP: | RAMSAR |
| Superficie (ha): | 58.946 | Ubicación: | Comuna de Primavera, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | DIRECTEMAR. | Fecha de declaración RAMSAR: | 6 de diciembre de 2004 |
| Normativa del Área: | En Chile no se ha dictado acto administrativo que establezca su creación, sino que una declaración de nuestro país y su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional previsto en la Convención de Ramsar. | | |
| Características de Importancia: | Corresponde al segundo sitio Ramsar más austral del mundo. El sitio es el único ejemplo de un humedal costero en la región biogeográfica. En el sitio se describe avifauna como el chorlo de Magallanes (*Pluvianellus socialis*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*). Juega un importante rol como sitio de alimentación de aves migratorias. Respecto al valor ecológico, la flora del sitio comprende estepa típica, como coirón blanco (*Festuca pallescens*), coirón (*F. gracillima*), mata verde (*Lepidophyllum cupressiforme*), entre otras. En la bahía también hospedan 13 especies de mamíferos, 108 especies de aves y una especie de reptil. Se describen las siguientes especies: conejo común o europeo (*Oryctolagus cuniculus*), visón (*Mustela vison*), zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), rata almizclera (*Ondatra zibethica*) y castor canadiense (*Castor canadensis*). Los cetáceos superiores frecuentemente tienen varamientos en la planicie, con un récord de 21 especies, entre ellas, el calderón común o la ballena piloto (*Globicephala melaeana*), la orca negra (*Pseudorca crassidens*) y un espécimen de delfín del Antártico (*Lagenorhynchus cruciger*). Se ubica en la boca este del estrecho de Magallanes, en la costa norte de isla de Tierra del Fuego. Se trata de una planicie mareal, con un rango amplio de variación mareal que supera diariamente los 7 kilómetros (medidos desde la línea de máxima marea en dirección al mar). Esta bahía contiene además una amplia área de llanuras barrosas continuas y canalizadas (Morrison & Ross 1989), después de las cuales predominan grandes extensiones de arena. La distancia lineal entre los extremos de la bahía es de 69 km aproximadamente. En el período de verano (diciembre a marzo), se caracteriza por presentar temperaturas bajas (entre 6º y 12º C), vientos que superan los 80-90 km/h y precipitaciones escasas, siendo comunes los cambios climáticos abruptos. En invierno (junio/agosto), las condiciones climáticas cambian hacia temperaturas por debajo de -1º C y la ocurrencia de fuertes vientos.<br>Concentra casi el 50% de la población de *Calidris canutus rufa*, representando de esa forma el área de invernada más importante para la subespecie en Sudamérica (Morrison & Ross 1989; Morrison *et al.* 2004; Niles *et al.* 2008). Del mismo modo, Bahía Lomas es el segundo lugar en importancia individual para el ave migratoria neártica *Limosa haemastica* con 10.000-12.000 individuos registrados durante la época de invernada (Morrison & Ross 1989; Morrison *et al.* 2004; Niles *et al.* 2008). Adicionalmente, la bahía constituye un área de invernada importante para *Calidris fuscicollis* y *Charadrius falklandicus* (Matus, Blank & Espoz, en preparación). Considerando sus densidades poblacionales más las registradas para *Haematopus leucopodus* (cerca de 4,000 individuos), *C. canutus* y *L. haemastica* al año las aves playeras superan las 20.000 individuos. Es importante mencionar además que la bahía es un sitio de varamiento de cetáceos. Entre las especies que han varado en forma masiva se cuentan: *Globicephala melaeana* (Venegas 1982) y *Pseudorca crassidens* (Koen *et al.* 1999). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playas y los terrenos de playas fiscales, son propiedad del Estado de Chile, y están bajo la tuición y dependencia jurídica de la Armada de Chile, en particular de la Dirección General de Marina Mercante y Territorio Marítimo (DIRECTEMAR). De esta forma, esta institución es la encargada directa del control y fiscalización del territorio marítimo de Bahía Lomas. Según el Plano Predial del año 2002 (ENAP Magallanes, 2002), en las tierras que se encuentran frente a las costas entre Punta Catalina y Punta Anegada, zona circundante a Bahía Lomas, existen alrededor de 20 estancias, las cuales pertenecen a unos 12 propietarios, siendo los principales las familias Retamal, Gutiérrez y Solo de Zaldívar. Las tierras que se encuentran frente a las costas, entre Punta Catalina y el centro de la Bahía (69º05') pertenecen principalmente a miembros de la familia Retamal Solo de Zaldivar (Vilina *et al.* 2004). La otra mitad, pertenece a diversos propietarios (I.Vilicic, R.Tafra, R.Damianovic, J.Gutierrez, R.Doberti, Suc. A.Mimica, Suc. R. Jara, J.Gysling). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas para su gestión. | | |

## Ficha N° 205. Reserva de Biosfera Lauca

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lauca | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN, RN y MN) |
| Superficie (ha): | 358.312 (137.883 PN Lauca, 209.131 RN Las Vicuñas y 11.298 MN Salar de Surire) | Ubicación: | Comuna de Putre, Región de Arica y Parinacota |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de designación: | 1981 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | La Reserva de la Biosfera tiene un valor florístico de alta, lo que representa una gran parte de la biodiversidad andina en Chile. La vasta meseta del altiplano se compone de prados, atravesada por profundos barrancos, salpicado de lagunas, afloramientos de lava oscura y ocasionales salinas espumoso blanco, con un número de miembros permanentes frescos, los lagos salobres y salinas, marismas, así como ríos rápidos de montaña y arroyos. Hay tres principales formaciones vegetales: estepa tólar, Andina y llaretal. Tólar se caracteriza por arbustos con los árboles de *Polylepis tarapacana* y el cactus *Opuntia spp*. La estepa andina comprende perennes pastizales andinos y prados húmedos, así como especies de gramíneas. El llaretal se caracteriza por *Laretia spp.* con muestras similares a colchones. Aunque no es muy abundante, la fauna es diversa. Entre los mamíferos lama (*Lama glama*), alpaca (*Lama pacos*) y la vicuña (*Vicugna Vigugna*). Destacan las aves ibis de puna (*Plegadis ridgwayi*), huallata (*Chloephaga melanoptera*) y el cóndor andino (*Vultur gryphus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El PN Lauca está inscrito a Fjs. 25 vta. N° 60, del Registro de Propiedad del año 1935 (Inscripción Global) del C.B.R. de Arica. La RN Las Vicuñas está inscrita a Fjs. 25 vta. N° 60, del Registro de Propiedad del año 1935 (Inscripción Global) del C.B.R. de Arica a es Fjs. 78 N° 77, del Registro de Propiedad del año 1985 (Inscripción Global) del C.B.R. de Pozo Almonte. Y el Monumento Natural Surire está bajo inscripción global a Fjs. 78 N° 77, del Registro de Propiedad del año 1985, del C.B.R. de Pozo Almonte. | | |
| Deslindes: | Los deslindes del PN Lauca, RN Las Vicuñas y del MN Salar de Surire están señalados en el D.S. 29, del 08/03/83, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que la detentación de derechos por parte de particulares, al interior de las AP, comprendiendo éstas, el PN Lauca, la RN Las Vicuñas e inclusive, el MN Salar de Surire, es propio de la realidad regional, toda vez que, la labor institucional a cargo de dichas áreas, se ejerce en reconocimiento de múltiples títulos de propiedad de particulares (indígenas aymará, mayoritariamente), que a la fecha de hoy conforman importantes sucesiones (comunidades). Lo anterior ha obligado a realizar un trabajo de protección y cuidado en base a políticas de relación, cooperación y logro de acuerdos o consensos de largo aliento con las comunidades sucesoriales que detentan derechos sobre dichos lugares, situación que dificulta, en cierto grado, la capacidad de gestión y toma de decisiones. | | |

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lauca | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN, RN y MN) |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Sin embargo, lo anterior no implica, en todos los casos, que dichas comunidades o las personas que las integran, realicen usos ajenos de dichas tierras al objetivo de protección del área, lo que se puede manifestar por ejemplo en el éxito de las políticas sobre manejo sustentable y sostenibilidad productiva de la vicuña, ejecución de planes sociales de desarrollo comunitario, como lo es el Proyecto de Gestión Territorial o el Programa Orígenes, para ayudar a mejorar la calidad de vida de las comunidades del lugar, además de otros programas como lo son los de educación ambiental y extensión forestal, éste último, fuera de las AP. Sin perjuicio de todo esto, no es menos cierto que existe la amenaza de sectores productivos, en especial minería, que podrían entablar negociaciones con los propietarios por el uso del terreno y de los recursos hídricos. Asimismo ha informado de la caza furtiva de Vicuñas.<br>Es preciso señalar en cuanto a la superposición entre el RB y el PN, RN y MN ya mencionados que sólo estos ultimos forman parte del SNASPE y cuentan con Planes de Manejo, personal de guardaparques y presupuesto estatal propio para su gestión, mientras que no ocurre lo mismo con el Sitio Ramsar. Por lo tanto, en la actualidad, sólo el área superpuesta del Sitio Ramsar con las AP del SNASPE cuenta con protección efectiva. En general, los problemas dicen relación a la regularización de derechos de agua y solicitudes para la ejecución de actividades mineras o geotérmicas dentro de las AP. | | |

## Ficha N° 206. Reserva de Biosfera Bosque Fray Jorge

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bosque Fray Jorge | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN) |
| Superficie (ha): | 9.959 (9.959 PN) | Ubicación: | Región de Coquimbo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de designación: | 1977 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | La característica más importante de esta RB es la presencia de los bosques más al norte de Chile. Los bosques son verdes "oasis" rodeados de tierras semiáridas. Ellos tienen algunas características en común con los bosques higrófilos en el sur y como refugia casi todas las especies típicas mediterráneas de Chile. Gran variedad de aves son la perdiz (*Nothoprocta perdicaria*), alondra (*Ioyca Sturnella*), el jilguero (*Diuca diuca*) y sinsonte (*Mimus thenca*). Mamíferos son relativamente pocos, entre los que destacan el zorro (*Dusicyon culpaeus*). La zona núcleo de la RB se ha mantenido en su estado natural. No hay evidencia de aumento de la agricultura, la ganadería intensiva o la explotación del bosque a pesar de que ha habido una cierta introducción de la ganadería en la zona de transición. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El PN Fray Jorge, que forma parte de esta Reserva de la Biosfera, se encuentra inscrito a Fjs. 242 N° 269, del año 1942; 280 N° 387, del año 1945; 619 N° X, del año 1966, todas de los Registro de Propiedad del C.B.R. de Ovalle. | | |
| Deslindes: | Los deslindes del PN Fray Jorge, que forma parte de esta RB están señalados en el numeral 1 del D.S. 867, del 30/12/81, del Ministerio de Bienes Nacionales. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se ha reportado que falta demarcar en terreno los límites actuales de la propiedad fiscal que forma parte de esta Reserva de la Biosfera. Asimismo se reporta la presión por la actividad de pescadores artesanales para la extracción de algas marinas ("huiro"), ejerciendo cierto furtivismo para su ingreso e intervención.<br>OBSERVACION MBN: existe plano N° 20 del Ministerio de Tierras y Colonización, pero no coincide la superficie del plano con la indicada por CONAF. Plano de CONAF escala 1:20.000 señala una superficie de 9.845 ha. Existen además dos decretos anteriores, el decreto N° 2.501 del 06/10/1938, en que nombra una comisión de hombres buenos para tasar 845 ha del bosque Fray Jorge, declarando este bosque de utilidad pública y ordena la expropiación de esos terrenos boscosos. El decreto N° 1.167 del 19/07/1940, aprueba la tasación y ordena el pago del Bosque Fray Jorge. | | |

## Ficha N° 207. Reserva de Biosfera Juan Fernández

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Juan Fernández | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN) |
| Superficie (ha): | 9.967<br>(9.967 PN) | Ubicación: | Comuna de Juan Fernández, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de uso Público y Privados. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de designación: | 1977 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | Comprende la isla Alejandro Selkirk y la mayor parte de la isla Róbinson Crusoe y el islote Santa Clara. La vegetación de las islas se caracteriza por una variedad de formas de crecimiento inusual, con casi el 60% de endemismo entre las especies vasculares. 146 especies nativas de plantas con flores se han registrado, incluyendo la familia de una endémica (*Lactoridaceae*), diez géneros endémicos y 97 especies endémicas. Entre las especies de fauna, destaca el lobo marino de dos pelos de Juan Fernández (*Arctocephalus philippi*) y la gran cantidad de especies de aves presentes como la fardela blanca de Juan Fernández (*Pterodroma externa*), la fardela blanca de Más a Tierra (*Pterodroma cooki defi lippiana*) y el picaflor de Juan Fernández (*Sephanoides fernandesis*). | | |
| Régimen de dominio: | Coexiste propiedad fiscal, bien nacional de uso público y propiedad privada. | | |
| Inscripción o Registro: | La propiedad fiscal, que corresponde al PN Juan Fernández de la cual forma parte esta RB, está inscrita en mayor cabida a Fjs. 506 N° 1.361, en el Registro de Propiedad de 1911, del C.B.R. de Valparaíso; individualizados en el Plano N° V-6-1120-CR. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Se han reportado problemas asociados a falta claridad de superficie y límites de la propiedad fiscal de la cual forma parte esta RB. Asimismo, se ha informado de la presencia de especies exóticas con potencialidad de convertirse en plagas, además de ganado que la comunidad local mantiene en el AP. | | |

## Ficha N° 208. Reserva de Biosfera La Campana-Lago Peñuelas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | La Campana-Lago Peñuelas | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN-RF) |
| Superficie (ha): | 238.216<br>(8.000 PN La Campana; 9.094 RF Peñuelas) | Ubicación: | Comunas de Olmué, Hijuelas y Valparaíso, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Fisco de Chile y propiedad privada | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF para las unidades del SNASPE | Fecha de designación: | 1984 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. La Reserva de la Biosfera La Campana-Peñuelas, con fecha 26 de Mayo de 2009 (SC-09/CONF.207/INF.3), fue considerada por UNESCO para ampliar sus fronteras a 230.000 ha. | | |
| Características de Importancia: | Esta Reserva de la Biosfera comprende el PN La Campana y la RF Lago Peñuelas. El relieve es suavemente ondulado con algunas pequeñas colinas y varios barrancos. Los picos más altos son "El Roble" (2.222 m.s.n.m.), y "La Campana" (1.920 m). El tipo de vegetación es matorral con peumo (*Cryptocarya alba*), boldo (*Peumus boldus*), y el canelo (*Drimys winteri*). La zona alberga una de las dos masas de relictos de palma chilena (*Jubaea chilensis*) y el haya roble (*Nothophagus obliqua*) en Chile. Aunque no es muy abundante, la fauna es diversa. Entre los mamíferos zorro culpeo (*Dusicyon culpaeus*) y zorros chilla (*D. griseus*). Destacan las aves buitre-águila (*Geranoetus melanoleucus*), el ratonero dorsirrojo (*Buteo polyosoma*), y sinsonte (*Mimus thenca*). El Lago Peñuelas consiste en un cuerpo de agua dulce permanente con las marismas y praderas asociadas a sus costas, con matorrales semiárido con plantaciones de pinos introducido y *Eucalyptus spp.* El agua del lago suministra a las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. La RB recibe alrededor de 56.000 turistas nacionales y 1.000 internacionales anualmente. Minas de cobre y la tala ilegal han dañado la vegetación y el paisaje en algunas zonas. | | |
| Régimen de dominio: | Coexiste Bien Fiscal y propiedad privada. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Información no disponible. | | |

## Ficha N° 209. Reserva de Biosfera Las Araucarias

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Araucarias | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN, RF y RN) |
| Superficie (ha): | 1.142.850 (PN Conguillío: 60.832; RF Alto Biobío: 30.050; PN Huerquehue: 12.500; PN Villarrica: 53.000; PN Tolhuaca: 6.374; RF Malleco: 16.625; RN Malalcahuello: 12.789; RF Villarrica: 72.462; RF Nalcas: 17.530 y RF China Muerta: 12.825) | Ubicación: | Comunas de Melipeuco, Vilcún y Lonquimay, Región de La Araucanía |
| Propietario: | Fisco de Chile y propiedad privada. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF para las unidades del SNASPE | Fecha de designación: | 1983 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | Está situada en la parte meridional de la cordillera de los Andes volcánica, en el sur-centro de Chile. Una de las características más notable de los bosques templados lluviosos o Bosque Valdiviano del sur de Chile, en donde la RB Araucarias está enmarcada, es su extraordinario endemismo, el cual ha sido consecuencia de un largo y acentuado aislamiento biogeográfico. Además, debido a su escasa superficie a nivel mundial fueron incluidos dentro de los 25 sitios prioritarios para la conservación (*hotspots*) que poseen los principales centros de endemismo de vertebrados terrestres y de plantas, identificándolas como uno de los sitios de más alto valor para conservar la biodiversidad a nivel mundial. La especie más destacada de la RB es la Araucaria, también llamada "Pino Araucaria o chilena", que ha sido declarada monumento natural en Chile. Cuatro especies de Nothofagus se encuentran, así como *Andinus Podocarpus* y *Austrocedrus chilensis*. Entre las especies de mamíferos, el "pudú (*Pudu pudu*) y" guanaco (*Lama guanicoe*) son especialmente dignos de mención. El monito del monte (*Dromiciops gliroides*), también llamado chumaihuén, es un marsupial muy raro que vive dentro de la RB, tanto la avifauna como la herpetofauna son muy ricas. Recientemente, el 3 de junio de 2010 la UNESCO amplió superficie de esta Reserva a 1.142.850 ha. | | |
| Régimen de dominio: | Coexiste dominio fiscal con propiedad privada. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Información no disponible. | | |

## Ficha N° 210. Reserva de Biosfera Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes. | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN, RF, RN) |
| Superficie (ha): | 2.168.956 (PN Villarrica: 16.728; PN Puyehue: 107.000; PN V. Pérez Rosales: 253.780; PN Alerce Andino: 39.255; PN Hornopirén: 48.232; RN Mocho-Choshuenco: 7.536; RF Llanquihue: 33.972; RN Futaleufú: 12.065) | Ubicación: | Región de Los Lagos y Región de Los Ríos |
| Propietario: | Fisco de Chile y Propiedad Privada. | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | Comité de Gestión.<br>CONAF para las unidades del SNASPE | Fecha de designación: | 18 de septiembre de 2007 |
| Normativa del Área: | Decisión del Consejo Internacional del Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biosfera de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | Sección de la ecorregión valdiviana (WWF, 2006) que constituye un rico mosaico de sistemas ecológicos, con importantes gradientes latitudinales y altitudinales que se comprimen en una estrecha faja y dan origen a variadas condiciones climáticas, hidrológicas y edáficas, y a una gran variabilidad de especies y procesos. De once subregiones biogeográficas identificadas para la ecorregión, esta reserva contiene cuatro de ellas: Bosques de Araucaria andina; Bosques de *Nothofagus* mixtos; Bosques de Alerces andinos, y Bosques del litoral de Aysén. Existen varias especies de coníferas que se encuentran en la lista de la Convención Internacional de Comercio de Especies Amenazadas (CITES) entre ellas *Fitzroya cupressoides*, *Araucaria araucana* y *Pilgerodendron uviferum*. Las dos primeras están declaradas Monumento Natural. La zona que comprende esta reserva fue incorporada en la lista de las 238 ecorregiones, de entre 800 en todo el mundo, donde se aloja la biodiversidad más extraordinaria y representativa del planeta (Dinerstein *et al.* 1995). | | |
| Régimen de dominio: | Coexiste dominio fiscal con propiedad privada. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Información no disponible. | | |

## Ficha N° 211. Reserva de Biosfera Laguna San Rafael

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/07 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Laguna San Rafael | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN) |
| Superficie (ha): | 1.742.000<br>(1.742.000 PN) | Ubicación: | Comuna de Aysén, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de designación: | 1979 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | Ubicada en la selva valdiviana / *Nothofagus* de Chile región biogeográfica, la Laguna San Rafael es una zona de topografía muy variada y gran belleza escénica. Incluye el Continental Patagónico compuesta por los ríos y lagos, la Patagonia Insular, la Llanura Central y los glaciares de la Patagonia. Los glaciares alimentan la Laguna de San Rafael, una gran laguna salobre donde se han producido cambios en los niveles de agua de gran interés científico. El programa abarca cuatro regiones ecológicas: la templada oceánica fría, la subantártica oceánica, la oceánica trasandina y la andina. La vegetación es muy variada y está intacta en casi la totalidad de la RB. En altitudes bajas hay un bosque de hayas del sur muy exuberante dominado por *Nothofagus betuloides* y *N. nitida* con sotobosque rico y abundante de arbustos y helechos arborescentes y epífitas muchas. Entre 650 y 1.000 m hay un bosque subalpino de los dos hayas caducifolios pumilio y *N. antárctica* y una zona alpina entre 1.000 y 1.300 m. Alrededor de la Laguna San Rafael existen muchos humedales de turba y las morrenas de diferentes edades llevan etapas interesantes de la sucesión del bosque. Entre los mamíferos Pudú (*Pudu pudu*), el puma (*Felis concolor*), el zorro (*Dusicyon culpaeus*), mustélidos (*Conepatus humboldtii*) y Kodkod (*Felis guigna*). No hay población residente permanente. El sitio tiene un alto potencial para el ecoturismo y toda la zona disponible para la investigación científica. Se da prioridad a los estudios relacionados con la gestión, geología, glaciología, el inventario de la flora y la fauna, la sucesión de la vegetación y la ecología de los animales de especial interés. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | El PN Laguna San Rafael que forma parte de esta Reserva de la Biosfera está inscrito en mayor cabida a Fjs. 50 N° 68, del Registro de Propiedad del año 1941, del C.B.R. de Aysén. | | |
| Deslindes: | Los deslindes de este PN están señalados en el numeral 3 del D.S. 737, del 23/11/83, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. En ocasiones menos frecuentes ello puede ser conducente a la tala de árboles argumentando el desconocimiento del límite.<br>En un ámbito menos impactante, pero igualmente válido para el propósito, existen sectores del AP que son utilizados para el desarrollo de actividades turísticas (excursiones) sin formalización. | | |

## Ficha N° 212. Reserva de Biosfera Torres del Paine

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/08 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Torres del Paine | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera |
| Superficie (ha): | 184.414<br>(184.414 PN) | Ubicación: | Comuna de Torres del Paine, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile | Ambiente: | Terrestre |
| Administración: | CONAF | Fecha de designación: | 1978 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO. | | |
| Características de Importancia: | Torres del Paine se encuentra entre la cordillera de los Andes y la estepa patagónica del sur de Chile que da a la costa atlántica. Es una zona de gran belleza paisajística, con muchas arrugas, peñascos, glaciares, cascadas, ríos, lagos y lagunas. Los Glaciares Grey, Tyndall y Balmaceda se conservan restos de un sistema una vez mucho más extenso. Las mesetas y llanuras son parte de la estepa patagónico-fueguina. Los bosques siempreverdes de verano se extienden hacia el este hasta el pie de la cordillera de los Andes, donde comienza a desarrollarse una zona alpina sin árboles. Hay alrededor de 106 especies de aves, algunas de las cuales están en peligro de extinción, como el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) y Darwin-Nandu (*Pterocnemia pennata*). Hay 24 especies de mamíferos, de los cuales el puma (*Felis concolor*) se encuentra en zonas boscosas bien protegidas, es clave en el control de la población de pequeños mamíferos. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Fiscal. | | |
| Inscripción o Registro: | PN Torres del Paine está inscrito a mayor cabida, a Fjs. 133 vta. N° 86 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R. Última Esperanza; Fjs. 144 vta. N° 87 del Registro de Propiedad del año 1964, del C.B.R de Última Esperanza (global); a mayor cabida, a Fjs. 45 N° 36, del Registro de Propiedad del año 1977, del C.B.R. Puerto Natales. | | |
| Deslindes: | Los deslindes del PN Torres del Paine que forma parte de esta Reserva de la Biosfera están señalados en el numeral 1 del D.S. 315, del 05/11/79, del Ministerio de Agricultura. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Existen conflictos respecto a límites que no han llegado a las instancias judiciales (ej., Estancia Lazo - Parque Nacional Torres del Paine). Está el caso de la Estancia Cerro Paine, que se encuentra inmersa al interior del PN Torres del Paine, pero que no ha producido hasta la fecha conflictos de ninguna índole. Asimismo, se informa el riesgo de incendios forestales y contaminación como consecuencia de actividad turística deficientemente regulada y presión ganadera de propietarios colindantes. | | |

## Ficha N° 213. Reserva de Biosfera Cabo de Hornos

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RB/09 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Cabo de Hornos | Categoría AP: | Reserva de la Biosfera (PN) |
| Superficie (ha): | 4.884.273<br>(63.093 PN Cabo de Hornos;<br>1.460.000 PN Alberto de Agostini) | Ubicación: | Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Fisco de Chile, Bien Nacional y propiedad de Privados | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Gobernación de la Provincia Antártica Chilena | Fecha de designación: | 29 de junio de 2005 |
| Normativa del Área: | Resolución de la Red Mundial de Reservas de Biosferas del Programa "El Hombre y la Biosfera" (MAB) de la UNESCO, a solicitud del Ministerio de Relaciones Exteriores y Ministerio de Educación del Estado de Chile. | | |
| Características de Importancia: | Este complejo de ecosistemas incluye los bosques húmedos subantárticos de Magallanes dominado por las especies de hoja perenne *Drimys winteri* y *Nothofagus betuloides*, el último, que es endémico de este tipo de ecosistema. El complejo de los ecosistemas de tundra que incluye formaciones que también tiene especies endémicas de flora y fauna. El esquema de zonificación de integra-terrestre de conservación marina, protección de las especies que utilizan los dos tipos de entornos. Entre ellas, varias especies en peligro de extinción como el gato de mar (*Lontra felina*) y la nutria de río del sur (*L. provocax*) se registran. En la zona costera, el régimen de zonificación permite la protección de las extensas praderas de algas marinas marrones subantárticas bosques y algas compuesta por especies de *Lessonia*, *Druvillea* y/o *Macrocystis*. En las zonas marinas, el régimen protege pelágicos y especies bentónicas de algas, invertebrados y vertebrados, entre los que varias especies de cetáceas. Por encima de todo, el régimen de zonificación actual es nuevo para Chile en el sentido de que es la protección de un sistema integrado de hábitats marinos y terrestres que contribuyan no sólo a la protección de especies, sino también de los procesos ecológicos y evolutivos de relevancia local, regional y mundial. Las áreas principales incluyen los PN Cabo de Hornos y A. Agostini. | | |
| Régimen de dominio: | Coexisten Bien Fiscal, Bien Nacional de Uso Público y Privado. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Información no disponible. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | Información no disponible. | | |

## Ficha N° 214. Área Marina y Costera Protegida Punta Morro e Isla Grande de Atacama

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Punta Morro e Isla Grande de Atacama | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 3.839,04 | Ubicación: | Comuna de Caldera, Región de Atacama |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Subsecretaría de Marina | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 05 de febrero de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 360, del 09/12/2004, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Punta Morro e Isla Grande de Atacama". | | |
| Características de Importancia: | Es representativa de sistemas de importancia global y regional, y contiene los hábitats característicos del sistema de surgencias costeras de la corriente de Humboldt y de los ambientes submareales e intermareales del norte de Chile. Comprende sistemas de islas, promontorios rocosos, humedales, salinas costeras, costas rocosas expuestas, semiexpuestas y playas de arenas que constituyen lugares de importancia para la conservación de la biota marina. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playas y los terrenos de playas fiscales que corresponden a los sectores comprendidos en el borde costero de la Región de Atacama entre Punta Morro y la ribera sur de la desembocadura del Río Copiapó, junto con las superficies correspondientes a terrenos de playa fiscales de la Isla Chata Chica e Isla Grande). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el numeral 3, del D.S. 360, del 09/12/2004, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. Una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se reporta extracción ilegal de recursos, como asimismo, contaminación provocada por visitantes. | | |

## Ficha N° 215. Área Marina y Costera Protegida Las Cruces

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Las Cruces | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 14,5 | Ubicación: | Comuna de El Tabo, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Entregado en concesión a la P. Universidad Católica de Chile | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de agosto de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 107, del 22/04/2005, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Las Cruces". | | |
| Características de Importancia: | Existen poblaciones de invertebrados, algas, aves y micromamíferos asociados a hábitat de la costa rocosa expuesta de Chile central, que es preciso resguardar a través de acciones de protección y recuperación, como la realización de monitoreos ecológicos y de recursos marinos litorales costeros, cuyos resultados han posibilitado contar con una importante base de datos y numerosos publicaciones nacionales e internacionales, representando por ello un patrimonio científico y cultural de gran relevancia para todo el país. Esta concesión marítima entregada a la P. Universidad Católica de Chile por 50 años es con fines de investigación de los recursos marítimos y costeros, habiéndose creado la estación costera de investigaciones marítimas de la Universidad Católica, la que ha implementado planes de administración para la conservación de la biodiversidad marina. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playa, ubicadas en el borde costero de Las Cruces, en el lugar conocido como Punta El Lacho, comuna de El Tabo, Región de Valparaíso). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el D.S. 107 del 22/04/2005, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. Una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. | | |

## Ficha N° 216. Área Marina y Costera Protegida Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Parques Submarinos Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo. | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 182,85 | Ubicación: | Comuna de Isla de Pascua, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | DIRECTEMAR | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 05 de abril de 2000 |
| Normativa del Área: | D.S. 547, del 30 diciembre de 1999, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Parques Submarinos Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo". | | |
| Características de Importancia: | Las tres áreas, Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo, corresponden a pequeñas zonas de mar y de costa que rodean Isla de Pascua, cuyo relieve submarino, único en el mundo, se conforma por enormes arcos, cavernas profundas, plataformas de lava, acantilados bajo el mar y singulares fondos rocosos. La temperatura de las aguas, que oscila en torno a los 21 ºC, y su aislamiento geográfico favorecen la existencia de una fauna única, consistente principalmente en corales, moluscos, crustáceos y peces, siendo el 25 por ciento de esta endémica de los mares de la Isla. La administración de dichas áreas fue regulada y facultada para promover fundamentalmente la educación ambiental, la investigación científica y la participación comunitaria como base para la administración del área. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playa, que corresponden a los sectores denominados Parques Submarinos Coral Nui Nui, Motu Tautara y Hanga Oteo, ubicados en Isla de Pascua, comuna y provincia de Isla de Pascua, Región de Valparaíso). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el D.S. 547, del 30/12/99, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. Una de las mayores dificultades a la fecha es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. | | |

## Ficha N° 217. Área Marina y Costera Protegida Fiordo Comau

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Fiordo Comau (San Ignacio de Huinay) | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 212 | Ubicación: | Comuna de Palena, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Subsecretaría de Marina | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 13 de enero de 2003 |
| Normativa del Área: | D.S. 357, del 8/11/2001, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Fiordo Comau", por 5 años. D.S. 34, del 14/01/2010, del Ministerio de Defensa Nacional, declararación de AMCP indefinida. | | |
| Características de Importancia: | Corresponde a la necesidad de proteger los ecosistemas y hábitat naturales, así como lograr el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su ambiente natural para toda la zona materia de protección oficial. Esta AMCP tiene por finalidad establecer una modalidad de conservación *in situ* de la biodiversidad del sector. Se promueven sólo aquellas actividades de índole científica, ecológica, arqueológica, cultural y educativa. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playa, que corresponden a los sectores comprendidos en borde costero del Fiordo Comau colindante con el predio denominado Hacienda Huinay -Estero Comau-, ubicado en la comuna y provincia de Palena). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el numeral 1, del D.S. 34, del 14/01/2010, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas o dificultades jurídicas específicas. Una de las mayores dificultades a la fecha es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. | | |

## Ficha N° 218. Área Marina y Costera Protegida Lafken Mapu Lahual

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Lafken Mapu Lahual | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 4.463,75 | Ubicación: | Comuna de Río Negro, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Subsecretaría de Marina | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 07 de junio de 2006 |
| Normativa del Área: | D.S. 517, del 12/12/2005, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Lafken Mapu Lahual". D. Ex. N° 354, 21/08/2002, establece Prohibición Temporal de Caza en el área denominada Lago Budi-Lafken-Mapu y áreas adyacentes. | | |
| Características de Importancia: | El área abarca numerosos elementos que aseguran la conservación y representación adecuada de la biodiversidad marina del Pacífico templado sudoriental, constituida por áreas marinas, estuarinas y sectores terrestres prístinos de diversa geomorfología. Las características físicas de la zona son variadas e incluyen diversidad de tipos de masas de agua oceánicas y costeras, surgencias y zonas de mezcla (incluidos estuarios); sustratos duros, blandos, rocosos y arenosos; ausencia de fuentes contaminantes, impacto antrópico muy bajo y la presencia de bosque nativo templado y prístino, que alcanza hasta el borde del agua, todo lo cual le otorga un alto valor y significado al área de conservación propuesta. Las zonas estuarinas sirven como áreas de reproducción y crianza para numerosas especies, tales como el robalo (*Eleginops maclovinus*), el puye (*Galaxias maculatus*), la lisa (*Mugil cephalus*) y el pejerrey (*Austromenidia sp.*), y comunidades biológicas de aguas salobres como los bancos de choro zapato (*Choromytilus chorus*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas y la playa y los terrenos de playas fiscales que corresponden a los sectores comprendidos en el borde costero de la X Región de Los Lagos entre Punta Tiburón y Punta Lobería, junto con las superficies correspondientes a terrenos de playa fiscales de la Isla Hueyelhue). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el D.S. 517 del 12/12/2005, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. Una de las mayores dificultades a la fecha es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se ha reportado prácticas pesqueras no reguladas. | | |

## Ficha N° 219. Área Marina y Costera Protegida Francisco Coloane

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - AMCP/06 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Francisco Coloane | Categoría AP: | Área Marina y Costera Protegida |
| Superficie (ha): | 65.691 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | Subsecretaría de Marina y SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 15 de enero de 2004 |
| Normativa del Área: | D.S. 276, del 5/08/2003, del Ministerio de Defensa Nacional, declara AMCP "Francisco Coloane". | | |
| Características de Importancia: | Es representativa de sistemas ecológicos de importancia global y regional, existiendo una variada diversidad biológica de vertebrados acuáticos. Es el único sitio de alimentación de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) que se localiza fuera de las aguas antárticas. Asimismo, tanto su hábitat marino como terrestre destaca por sus interesantes atributos paisajísticos y culturales, que, junto con la existencia de múltiples ecosistemas, una gran variedad biológica, la localización de sitios de reproducción y de alimentación de vertebrados acuáticos, le otorgan un alto valor científico y turístico. En esta misma área, se ubica una colonia reproductiva de pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), siendo el islote Rupert un sector que puede constituirse como una futura Reserva Genética para las poblaciones residentes de esta especie en la zona austral de Chile y, a su vez, ser utilizada como sitio de monitoreo de cambios poblacionales de las mismas. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (porciones de agua, fondo de mar, las rocas, la playa y los terrenos de playas fiscales que corresponden a los sectores comprendidos en el borde costero del Estrecho de Magallanes y fiordos adyacentes a la isla Carlos III, Provincia de Magallanes, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el numeral 2, del D.S. 276 del 5/08/2003, del Ministerio de Defensa Nacional, a través de coordenadas UTM. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas específicas. El PM Francisco Coloane se encuentra dentro del Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCPMU) Francisco Coloane, lo que permite que esta AP esté bajo cierto control, por lo que se considera por parte de SERNAPESCA que esta sobreposición es una ventaja. Se ha reportado contaminación proveniente de derrame de petróleo de navegación comercial, pesca y caza de recursos hidrobiológicos. | | |

## Ficha N° 220. Reserva Marina la Rinconada

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RM/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | La Rinconada | Categoría AP: | Reserva Marina |
| Superficie (ha): | 331,61 | Ubicación: | Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 10 de noviembre de 1997 |
| Normativa del Área: | D.S. 522, del 15/09/97, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Características de Importancia: | Es una de las más importantes del país, tanto en tamaño como en diversidad genética. Se pretende, a través de su protección, establecer medidas de administración que involucren la conservación integral y ecosistémica de los recursos hidrobiológicos y de su ambiente, de acuerdo con lo señalado en la Ley General de Pesca y Acuicultura, siendo el recurso objetivo de la Reserva el ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) que representa una importante fuente económica para el país, así como la presencia de bancos naturales actualmente escasos, debido a una intensa explotación de este recurso en la zona. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados, en el numeral N° 1, del D.S. 522, del 15/09/97, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Sin perjuicio de la limitación ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se ha informado la realización de actividad ilegal de extracción de Ostión del Norte y ocupación no regulada del borde costero. | | |

## Ficha N° 221. Reserva Marina Isla Chañaral

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RM/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Chañaral | Categoría AP: | Reserva Marina |
| Superficie (ha): | 425,1 | Ubicación: | Comuna de Freirina, Región de Atacama |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de julio de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 150, del 28/04/2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Características de Importancia: | Desde el punto de vista de la protección de especies, es un área de anidación y protección del pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) y área de protección de poblaciones residentes de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*). Además, es un corredor biológico de ballenas y se constituye como un área de reproducción, asentamiento y exportación de larvas de moluscos de importancia económica, como los locos (*Concholepas concholepas*) y las lapas (*Fissurella sp.*). La implementación de esta área protegida constituye un punto de referencia para el monitoreo de especies en categoría de conservación y especies bentónicas de importancia comercial. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (correspondiente a la columna de agua, fondo de mar y rocas contenidas en el polígono resultante de la proyección circular con radio de una milla náutica proyectados a partir de los puntos de línea de costa e islotes, y las respectivas playas que circunscriben el perímetro de dicha isla contigua al polígono trazado (ver deslindes). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el numeral 1, del D.S. 150, del 28/04/2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Sin perjuicio de la limitante ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se reporta riesgos asociadas a proyectos termoeléctricos y extracción ilegal de recursos hidrobiológicos de la Reserva. | | |

## Ficha N° 222. Reserva Marina Isla Choros-Damas

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RM/03 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Isla Choros-Damas | Categoría AP: | Reserva Marina |
| Superficie (ha): | 2.500 | Ubicación: | Comuna de La Higuera, Región de Coquimbo |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 11 de julio de 2005 |
| Normativa del Área: | D.S. 151, del 28/04/2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Características de Importancia: | Su importancia radica en la necesidad de conservar la estructura de las comunidades marinas costeras de las Islas Choros y Damas, su valor ambiental, y las poblaciones de recursos hidrobiológicos de interés para la pesca artesanal, como el loco (*Concholepas concholepas*), las lapas (*Fissurella sp.*) y el erizo (*Loxechinus sp.*), con el objeto de potenciar las áreas de manejo y la explotación de los recursos bentónicos locales. Asimismo, resulta necesario conservar y restaurar, cuando proceda, las poblaciones de algas macrófitas (*Lessonia trabeculata* y *Lessonia nigrescens*), de gran importancia, dado su rol estructurador de hábitat. De igual manera, se considera la protección de los principales grupos de vertebrados acuáticos superiores residentes en el área, tales como el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el chungungo (*Lontra felina*) y el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (correspondiente a la columna de agua, fondo de mar y rocas contenidas en el polígono resultante de la proyección circular con radio de una milla náutica proyectados a partir de los puntos de línea de costa e islotes, y las respectivas playas que circunscriben el perímetro de la Isla Damas contigua al polígono trazado (ver deslindes). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D.S. 151, del 28/04/2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Sin perjuicio de la limitante ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Asimismo, se ha informado del interés por uso comercial de recursos pesqueros y turísticos, como la instalación cercana de industrias dañinas. | | |

## Ficha N° 223. Reserva Marina Ostrícola Pullinque

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RM/04 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Ostrícola Pullinque | Categoría AP: | Reserva Marina |
| Superficie (ha): | 740 | Ubicación: | Comuna de Ancud, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 20 de diciembre de 2004 |
| Normativa del Área: | D.S. 133, del 31/07/2003, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Características de Importancia: | Se fundamenta en la necesidad de resguardar la especie nativa ostra chilena (*Tiostrea chilensis*). Debido al terremoto de 1960, el objetivo de conservación y propagación de la especie desde la ostricultura de Pullinque adquiere mayor relevancia, como resultado de la explotación ilegal y desaparición de muchos bancos naturales, siendo este uno de los últimos existentes para dicha especie. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (corresponden a las porciones de playa, columna de agua, fondo de mar y rocas ubicados dentro del Golfo de Quetalmahue, en el sector correspondiente al fondo de saco de Ensenada de Cuimio y Estero Quetalmahue) | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D.S. 133, del 31/07/2003, del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Sin perjuicio de la limitante ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se ha informado de la extracción ilegal de recursos hidrobiológicos. | | |

## Ficha N° 224. Reserva Marina Choro Zapato Putemún

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - RM/05 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Choro Zapato Putemún | Categoría AP: | Reserva Marina |
| Superficie (ha): | 751 | Ubicación: | Comuna de Castro, Región de Los Lagos |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Marino |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 08 de octubre de 2004 |
| Normativa del Área: | D.S. 134, del 31/07/2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Características de Importancia: | Su creación obedece a la necesidad de mantener, recuperar y potenciar el banco natural de la especie choro zapato (*Choromytilus chorus*) existente en la Reserva Genética ubicada en el sector de Putemún, con el objeto de preservar la citada especie, ya que como consecuencia del terremoto de 1960 se produjeron importantes modificaciones en el sustrato de las zonas costeras e intermareales, que destruyeron los principales bancos de choro zapato de la zona. Esta también se ha visto amenazada por una intensa explotación ilegal de dicho recurso. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público (corresponde a las porciones de playa, columna de agua, fondo de mar y rocas, ubicados dentro del Estero de Castro). | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Están señalados en el D.S. 134, del 31/07/04, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. Sin perjuicio de la limitante ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. Se ha información de actividad de extracción ilegal de recursos hidrobiológicos y contaminación proveniente de descarga de emisarios. | | |

## Ficha N° 225. Parque Marino Motu Motiro Hiva

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PM/01 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Motu Motiro Hiva | Categoría AP: | Parque Marino |
| Superficie (ha): | 15.000.000 | Ubicación: | Comuna de Isla de Pascua, Región de Valparaíso |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 04 de diciembre de 2010 |
| Normativa del Área: | D.S. 235, 30/09/2010, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, declara Parque Marino "Motu Motiro Hiva". | | |
| Características de Importancia: | El objeto es preservar los ecosistemas marinos en torno a la isla, como también aquellos asociados a montes submarinos que constituyen parte de la plataforma continental del cordón Salas y Gómez y los componentes de la biota acuática presente en el área bajo protección, como una forma de contribuir a la conservación de la biodiversidad nacional y mundial. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el numeral primero del D.S. 235 del 30/09/2010, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No se han reportado problemas y dificultades jurídicas vigentes. | | |

## Ficha N° 226. Parque Marino Francisco Coloane

| Ficha Técnica Áreas Protegidas - PM/02 | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre del Área: | Francisco Coloane | Categoría AP: | Parque Marino |
| Superficie (ha): | 1.506 | Ubicación: | Comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena |
| Propietario: | Bien Nacional de Uso Público | Ambiente: | Mixto |
| Administración: | Subsecretaría de Marina y SERNAPESCA | Publicación en el D.O. de la norma de creación: | 15 de enero de 2004 |
| Normativa del Área: | D.S. 276, del 5/08/2003, del Ministerio de Defensa Nacional, declara Parque Marino Francisco Coloane. | | |
| Características de Importancia: | Este PM es representativo de sistemas ecológicos de importancia global y regional, existiendo una variada diversidad biológica de vertebrados acuáticos. Es el único sitio de alimentación de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) que se localiza fuera de las aguas antárticas. Asimismo, tanto su hábitat marino como terrestre destaca por sus interesantes atributos paisajísticos y culturales, que, junto con la existencia de múltiples ecosistemas, una gran variedad biológica, la localización de sitios de reproducción y de alimentación de vertebrados acuáticos, le otorgan un alto valor científico y turístico. En esta misma área, se ubica una colonia reproductiva de pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), siendo el islote Rupert un sector que puede constituirse como una futura Reserva Genética para las poblaciones residentes de esta especie en la zona austral de Chile y, a su vez, ser utilizada como sitio de monitoreo de cambios poblacionales de las mismas. También se ubica en este sector una importante colonia de lobo marino común (*Otaria flavescens*) residente habitual de la Región, que, por su bajo nivel poblacional y reproductivo, requiere ser objeto de protección. | | |
| Régimen de dominio: | Bien Nacional de Uso Público. | | |
| Inscripción o Registro: | Información no disponible. | | |
| Deslindes: | Se señalan en el numeral segundo del D.S. 276 del 5/08/2003, del Ministerio de Defensa Nacional. | | |
| Problemas y dificultades jurídicas para su gestión: | No existe en la Ley General de Pesca y Acuicultura la tipificación de la falta o delito de transgredir las actividades no autorizadas en un Plan General de Administración de un Parque o Reserva Marina. El PM Francisco Coloane (XII Región) se encuentra dentro del Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCPMU) Francisco Coloane, lo que permite que esta AP esté bajo cierto control, por lo que se considera por parte de SERNAPESCA que la sobreposición es una ventaja. Sin perjuicio de la limitante ya mencionada, una de las mayores dificultades a la fecha, es el insuficiente presupuesto asignado a la institucionalidad ambiental para efectos de realizar su labor de fiscalización y aplicación de las normas vigentes, situación que fue identificada por el informe de la OCDE durante el proceso de incorporación de nuestro país a esta organización. | | |

# Anexo N° 2
# Tablas de Tipología de Problemas Detectados en AP del SNASPE

## Tabla N° 1: Problemas de Cabida o Superficie (ha)

| Parques Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Putre | 271.300 | 137.883 | 137.883 | 137.883 | D.S. N° 29, de 1983, del MINAGRI, desafecta parte de su superficie, quedando en 137.883 ha. |
| 3 | Volcán Isluga | Tarapacá | Colchane | 401.135 | 174.744 | 174.744 | 174.744 | D.S. N° 97, de 1985, del MBN, desafecta parte de su superficie, quedando en 174.744 ha. |
| 9 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Ovalle | 845 | 9.959 | 9.959 | 9.959 | D.S. N° 867, de 1981, del MBN, fusiona los PN "Talinay", "Punta del Viento" y "Bosque Fray Jorge", en uno solo. |
| 10 | La Campana | Valparaíso | Hijuelas/Olmué | No indica | 8.000 | 8.000 | 8.000 | Declarado por la Ley Nº 16.699, publicada en el Diario Oficial el 03/11/1967. No indica superficie. |
| 11 | Rapa Nui | Valparaíso | Isla de Pascua | No indica | 7.129,98 | 7.130 | 7.130<br>*7150,88 | D.S. N° 103, del 16/01/1935, del Ministerio de Tierras y Colonización que creó este PN no indica la superficie. Sin embargo, D.S. N° 148, de 18/03/1966, del MINAGRI, que lo crea como Parque Nacional de Turismo señala como superficie 6.977 ha. Posteriormente, D.S. N° 72, del 20/03/95, del Ministerio de Bienes Nacionales, señala la superficie de este PN en 7.129,98 ha y sus límites. No obstante, en sitio web de CONAF se señalan dos superficies: 7.130 ha y 7.150,88 ha. |
| 12 | Archipiélago de Juan Fernández | Valparaíso | Juan Fernández | No indica | 9.570,55 | 9.571 | 9.570,55 | D.S. N° 103, del 16/01/1935, del Ministerio de Tierras y Colonización que creó este PN no indica la superficie. |



Folio Nº 2234

| Parques Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | 11.600,00 | 11.889,50 | 11.600 | 11.600 | Ficha técnica del MBN indica 11.889,50 ha, sin embargo el D.S. N° 652, de 25/06/58, del MINAGRI que creó este PN señala 11.600 ha de superficie. |
| 16 | Huerquehue | La Araucanía | Pucón | 3.900,00 | 12.500 | 12.500 | 12.500 | D.S. N° 82, del 02/03/85, del MBN, amplía PN a 12.500 ha. |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | No indica | 61.000 | 53.000 | 53.000 *63.000 | Decreto de creación no indica la superficie. Ficha técnica del MBN menciona como superficie 61.000 ha. En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas. |
| 18 | Nahuelbuta | La Araucanía | Angol | 5.415 | 6.831,90 | 6.832 | 6.832 | D.S. 882, del 12/05/83, del MBN, amplía superficie y fija nuevos límites. |
| 19 | Tolhuaca | La Araucanía | Victoria | No indica | 6.374 | 6.374 | 6.374 | Decreto de creación no indica la superficie. D.S. N° 28, del 23/01/85, del MBN, indica la superficie del PN en 6.374 ha y sus límites. |
| 22 | Puyehue | Los Lagos | Entre Lagos | 75.000 | 106.757,09 | 107.000 | 107.000 | D.S. N° 369, del 07/03/94, del MBN, actualiza deslinde del PN, con una superficie de 106.772 ha y posteriormente el D.S. N° 277, del 5/10/2000, del MBN, desafecta 14,91 ha del sector Villa Pajaritos. Discrepancia entre D.S. N° 369, de 1994, del MBN y su modificación y lo informado por CONAF. |

Folio Nº 2235

| Parques Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 23 | Vicente Pérez Rosales | Los Lagos | Puerto Varas | 135.175 | 253.780 | 253.780 | 253.780<br>*253.789 | D.S. N° 369, del 07/03/94, del MBN, actualiza deslinde del PN, con una superficie de 253.780,00 ha. En el D.S. N° 369, de 1994, del MBN, se señala una superficie de 253.780 ha. En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 253.789 ha y 253.780 ha. |
| 25 | Chiloé | Los Lagos | Ancud | 43.057,00 | 42.567,78 | 42.567 | 42.567 | D.S. N° 369, del 27/12/00, del MBN, desafecta parte de la superficie del PN, quedando con una superficie de 42.567,78 ha. |
| 27 | Isla Guamblín | Aysén | Aysén | 10.625 | 10.625 | 10.625 | 10.625<br>*154.093 | En el decreto de creación se señala una superficie de 10.625 ha, en el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 10.625 y 154.093 ha. |
| 28 | Corcovado | Aysén | Chaitén | 209.623,84 | 293.986,44 | 293.986 | 293.986 | D.S. N° 12, del 26/01/2007, del MBN, modifica la superficie a 293.986,44 ha. |
| 32 | Bernardo O'Higgins | Magallanes y Antártica Chilena | Tortel /Natales | 1.761.000 | 3.525.901 | 3.525.901 | 3.525.901 | D.S. N° 392, del 11/10/89, del MBN, desafecta parte de su superficie, indicando límites y una superficie de 3.525.901,20 ha. |
| 33 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | Torres del Paine | 24.532 | 181.414 | 181.414 | 181.414 | D.S. N° 315, de 1979, del MINAGRI, amplía límites, pero no indica superficie. |
| 34 | Pali Aike | Magallanes y Antártica Chilena | San Gregorio | 3.000 | 5.030 | 5.030 | 5.030 | D.S. N° 900, del 21/07/94, del MBN, modifica superficie y deslindes del PN Pali Aike a 5.030 ha. |



Folio Nº 2236

| Parques Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 35 | Alberto de Agostini | Magallanes y Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 480.000 | 1.460.000 | 1.460.000 | 1.460.000 | D.S. N° 136, del 24/04/85, del MBN, incorpora terrenos al PN Alberto Agostini, quedando con una superficie final de 1.460.000 ha. |
| 36 | Cabo de Hornos | Magallanes y Antártica Chilena | Cabo de Hornos | No indica | 63.093 | 63.093 | 63.093 | Decreto de creación no indica superficie. |
| Total Sup. Ha. | | | | 6.191.864 | 9.023.466 | 9.130.330 | 9.130.330 | |

Fuente: elaboración propia.

| Reservas Forestales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 1 | Lago Peñuelas | Valparaíso | Valparaíso | 9.095 | 9.168,10 | 9.094 | 9.094<br>*9.262,3 | Existe discrepancia entre información disponible en MBN y CONAF. Además, en el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 9.094 ha y 9.262,3 ha. Por D.S. N° 7, del 10/01/1985, del MBN, se desafectan 1,02 ha para acceso Caleta Quintay. |

Folio Nº 2237

| Reservas Forestales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 3 | Ñuble | Biobío | Pinto/Antuco | 55.948 | 76.715,00 | 55.948 | 55948 | Según observación de MBN, de acuerdo a la planimetría de esta AP tiene una sup. de 76.715 ha, pero según el D.S. de creación y la información de CONAF la superficie es de 55.948 ha. |
| 4 | Alto Biobío | La Araucanía | Lonquimay | No se cuenta con la información | 35.000,00 | 33.050 | 33.050 *33.525 | Existe discrepancia entre información disponible en MBN y CONAF. En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas. |
| 5 | Malalcahuello | La Araucanía | Lonquimay | 29.530 | 28.910,00 | 12.789 | 12.789 | D.S. N° 131, del 15/04/87, del MBN, desafecta 620 ha y las incorpora al PN Conguillío, dejando a la RF Malalcahuello con una cabida de 28.910 ha. Existe discrepancia entre información disponible en MBN y CONAF. |
| 6 | Nalcas | La Araucanía | Lonquimay | No se cuenta con la información | 13.775,00 | 17530 | 17.530 *21.164 | En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas. Existe discrepancia entre información disponible en MBN y CONAF. |
| 7 | Malleco | La Araucanía | Collipulli | No se cuenta con la información | 17.371,00 | 16.625 | 16625 | |



Folio Nº 2238

| Reservas Forestales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | No se cuenta con información | 60.005 | 72462 | 72.462 *61.462 | En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas. |
| 9 | China Muerta | La Araucanía | Melipeuco | 9.887 | 9.887 | 12825 | 12.825 | |
| 10 | Llanquihue | Los Lagos | Puerto Montt/ Puerto Varas/ Cochamó | No se cuenta con información | 33.972 | 33972 | 33.972 | |
| 11 | Lago Palena | Los Lagos | Palena/Lago Verde | 49.415 | 41.356 | 49415 | 49.415 *41.380 | D.S. N° 278, del 14/08/70, del MINAGRI, desafecta parte de su superficie. Según D.S. N° 159, de 26/02/1965, del MINAGRI y CONAF la superficie sería de 49.415 ha. Al trazar los límites según decreto de creación la superficie queda en 35.556 ha. En el D.S. N° 159, de 1965, del MINAGRI, que creó esta RF se señala una superficie de 49.415 ha; en el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas. |
| 12 | Lago Rosselot | Aysén | Cisnes | No se cuenta con la información | 12.725 | 12725 | 12.725 | Existe plano elaborado por Ministerio de Agricultura (1968) que indica superficie de 12.390 ha. |
| 14 | Cerro Castillo | Aysén | Coyhaique/Río Ibáñez | 179.550 | 179.550 | 179550 | 179.550 | |

Folio Nº 2239

| Reservas Forestales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 16 | Lago Carlota | Aysén | Lago Verde | 5.873 | 27.110 | 18060 | 18.060 | Mediante D.S. N° 329, de 1/06/1967, del MINAGRI amplía superficie en 12.185 ha. |
| 19 | Lago Cochrane | Aysén | Cochrane | 3.836 | 8.361 | 8361 | 8.361 *6943 | Mediante D.S. N° 339, de 6/06/1967, del MINAGRI, se agregaron 4.516 ha. En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 8.361 ha y 6.943 ha. |
| 20 | Alacalufes | Magallanes y Antártica Chilena | Natales/Río Verde/Punta Arenas | No se cuenta con la información | 2.313.875 | 2.313.875 | 2.313.875 | Mediante D.S. N° 618, de 3/12/1987, del MBN, se señala que esta RF tiene una superficie de 2.313.875 ha. |
| 21 | Laguna Parrillar | Magallanes y Antártica Chilena | Pta. Arenas | 20.814 | 27.267 | 18814 | 18.814 | Mediante D.S. N° 423, de 22/06/1982, de MBN, se desafectan 2.400 ha. |
| 22 | Magallanes | Magallanes y Antártica Chilena | Pta. Arenas | No se cuenta con la información | 13.500 | 13500 | 13.500 *20.878 | En el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 13.500 ha y 20.878 ha. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2240

| Reservas Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 1 | Las Vicuñas | Arica y Parinacota | Putre | 209.131 | 209.131 | 209.131 | 209.131 | Creada en terrenos desafectados del Parque Nacional Lauca. Propietario: Fisco de Chile. |
| 2 | Pampa del Tamarugal | Tarapacá | Pozo Almonte/ Huara | 100.650 | 102.264 | 100.650 | 100.650 | D.S. N° 310, de 1994, del Ministerio de Agricultura, aumenta la superficie de la RN Pampa del Tamarugal en 1.614 ha, por lo que esta RN queda con una cabida de 102.264 ha. Propietario: Fisco de Chile. |
| 3 | La Chimba | Antofagasta | Antofagasta | 2.583 | 2.583,37 | 2.583 | 2.583 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 4 | Los Flamencos | Antofagasta | San Pedro de Atacama | 73.986,5 | 73.986,5 | 73.987 | 73.987 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 5 | Pingüino de Humboldt | Coquimbo | Freirina/La Higuera | 859,3 | 859,3 | 859 | 859 *888,68 | En el decreto de creación se señala una superficie de 859,3 ha, en el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 859 ha y 888,68 ha. Propietario: Fisco de Chile. |
| 8 | El Yali | Valparaíso | San Antonio | 520,37 | 520,37 | 520 | 520 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 9 | Río Clarillo | Metropolitana | Pirque | 10.185 | 10.185 | 10185 | 10185 *13.085 | En el decreto de creación se señala una superficie de 10.185 ha, en el sitio web de CONAF se mencionan dos cabidas, 10.185 ha y 13.085 ha. Propietario: CONAF. |
| 10 | Río de los Cipreses | Bernardo O´Higgins | Machalí | 38.582 | 38.582 | 36882 | 36882 | Propietario: Fisco de Chile. |

Folio Nº 2241

| Reservas Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 11 | Roblería del Cobre de Loncha | Bernardo O´Higgins | Alhué | 5.870 | 5.870 | 5870 | 5870 | Propietario: CODELCO Chile. |
| 12 | Radal Siete Tazas | Maule | Molina | 5.148 | 1.009,34 | 1009 | 1009 | D.S. N° 15, del 27/03/08, del MBN, desafecta parte de la RN y crea el PN Radal Siete Tazas con una superficie de 4.138,24 ha. Propietario: Fisco de Chile. |
| 13 | Laguna Torca | Maule | Vichuquén | 604 | 604 | 604 | 604 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 14 | Los Ruiles | Maule | Chanco | 45 | 45 | 45 | 45 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 15 | Altos de Lircay | Maule | San Clemente | No indica | 12.163 | 12163 | 12163 | Decreto de creación no señala la superficie de la RN Altos de Lircay. Propietario: Fisco de Chile. |
| 16 | Los Queules | Maule | Pelluhue | 147,3 | 147,3 | 147 | 147 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 17 | Bellotos del Melado | Maule | Colbún | 417 | 417 | 417 | 417 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 18 | Nonguén | Biobío | Concepción | 3037 | No disponible | 3037 | 3037 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 19 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | 2.369,27 | 2.369,27 | 2369 | 2369 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 20 | Los Huemules de Niblinto | Biobío | Coihueco | 2.022,8 | 2.022,8 | 2021 | 2021 | Propietario: Fisco de Chile. |



Folio Nº 2242

| Reservas Nacionales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 21 | Ralco | Biobío | Sta. Bárbara | 12.421,2 | 12.421,2 | 12421 | 12421 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 22 | Altos de Pemehue | Biobío | Quilaco | 18.855,71 | 18.855,71 | 18856 | 18856 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 23 | Mocho-Choshuenco | Los Ríos | Panguipulli/ Futrono | 7.536,5 | 7.536,5 | 7537 | 7537 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 24 | Futaleufú | Los Lagos | Futaleufú | 12.065 | 12.065 | 12065 | 12065 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 25 | Trapananda | Aysén | Coyhaique | 2.305 | 2.305 | 2305 | 2305 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 26 | Río Simpson | Aysén | Aysén | 41.620,5 | 41.620 | 41621 | 41621 | Propietario: Fisco de Chile y propietarios privados. |
| 27 | Lago Jeinimeni | Aysén | Chile Chico | 161.100 | 161.100 | 161.100 | 161000 | D.S. N° 219, de 7/09/1998, del MBN, que crea esta RN, la declara además como "lugar de interés científico" para los efectos mineros. Propietario: Fisco de Chile. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2243

| Monumentos Naturales | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Informe Conaf | Sitio Web Conaf | Observaciones |
| 1 | Salar de Surire | Arica y Parinacota | Putre | 11298 | 11298 | 11298 | 11298 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 8 | Cerro Ñielol | La Araucanía | Temuco | 89.5 | 89.5 | 89 | 89 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 9 | Islotes de Puñihuil | Los Lagos | Ancud | 8.6 | 8.6 | 9 | 9 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 10 | Lahuen Ñadi | Los Lagos | Puerto Montt | 200 | 200 | 200 | 200 | Propietario: CONAF. |
| 11 | Dos Lagunas | Aysén | Coyhaique | 181 | 181 | 181 | 181 | Decreto de creación señala una superficie aproximada de 181 ha. |
| 12 | Cinco Hermanas | Aysén | Aysén | 228 | 228 | 228 | 228 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 14 | Los Pingüinos | Magallanes y Antártica Chilena | Punta Arenas | 97 | 97 | 97 | 97 | Propietario: Fisco de Chile. |
| 15 | Laguna de los Cisnes | Magallanes y Antártica Chilena | Porvenir | 25.3 | 25.3 | 25 | 25 | Decreto de creación señala una superficie aproximada de 25 ha. Propietario: Fisco de Chile. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2244

## Tabla N° 2: Problemas de Dominio

| Parques Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Putre | No indica | Fjs. 25 vta. Nº 60 del Registro de Propiedad de 1935 (inscripción global) | Arica | La administración de CONAF se ejerce en reconocimiento de múltiples títulos de propiedad de particulares (indígenas aymará, mayoritariamente), que a la fecha de hoy conforman importantes sucesiones (comunidades). D.S. N° 219, de 7/09/1998, del MBN, que crea esta Reserva Nacional la declara además como "lugar de interés científico" para los efectos mineros. Propietario: Fisco de Chile, coexiste con propiedad privada (personas naturales y comunidades aymarás mayoritariamente). |
| 2 | Salar del Huasco | Tarapacá | Pica | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 1388 vta. Nº 1365, del Registro de Propiedad de 1983 | Pozo Almonte | D.S. N° 219, de 7/09/1998, del MBN, que crea esta RN la declara además como "lugar de interés científico" para los efectos mineros. Propietario: Fisco de Chile. |
| 3 | Volcán Isluga | Tarapacá | Colchane | No indica | Fjs. 72 vta. Nº 308, del Registro de Propiedad de 1919; Fjs. 75 Nº 194, del Registro de Propiedad de 1919; Fjs. 36 vta. Nº 29 del Registro de Propiedad de 1971; Fjs. 625 vta. Nº 839, del Registro de Propiedad de 1979; Fjs. 1380 Nº 1364, del Registro de Propiedad de 1983; Fjs. 78 Nº 77, del Registro de Propiedad de 1985. | Pisagua, Iquique, Pozo Almonte. | Propietario: Fisco de Chile, coexiste con propiedad privada (personas naturales y comunidades aymarás mayoritariamente). |

Folio Nº 2245

| Parques Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 10 | La Campana | Valparaíso | Hijuelas/ Olmué | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 998 Nº 1030, del Registro de Propiedad de 1968 | Quillota | Existe un conflicto por la tuición de terrenos con la Comunidad Mariana de Osorio de Granizo - Olmué. Individualización: Juzgado de Letras de Limache. Propietario: Fisco de Chile. |
| 11 | Rapa Nui | Valparaíso | Isla de Pascua | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 1 Nº 1 del Registro de Propiedad de 1966 | Isla de Pascua | Existe conflicto con comunidades indígenas sobre terrenos del AP. Propietario: Fisco de Chile. |
| 13 | Las Palmas de Cocalán | Bernardo O´Higgins | Las Cabras | No indica | Fjs. 438 vta. Nº 309, del año 1982; 124 vta. Nº 91, del Registro de Propiedad de 1969 | Peumo, Cachapoal | Esta AP es en su totalidad de propiedad privada. |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | No indica | Fjs. 346 vta. Nº 416 del Registro de Propiedad de 1958; Fjs. 542 Nº 714 del Registro de Propiedad de 1970 y Fjs. 2339 Nº 3029 del Registro de Propiedad de 1987 | Los Ángeles | Se ha reportado que en 1998 se presentó ante los tribunales de justicia en Santiago una demanda de jactancia contra CONAF, presentada por don Luis Claro Lagarrigue y Otro, en relación con el dominio de las 4.800 ha. Propietario: Fisco de Chile, que coexiste con dominio privado y reclamación de terrenos por un tercero. |
| 16 | Huerquehue | La Araucanía | Pucón | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 467 Nº 361, del Registro de Propiedad de 1996 | Pucón | Falta modificar Decreto e inscripción de dominio. Propietario: Fisco de Chile. |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | No indica | Fjs. 607 Nº 1.042 del año 1948; Fjs.1.628 N° 960 del año 2003; Fjs. 545 vta. Nº 566 del año 2009; Fjs. 3.270 Nº 1.873 del año 2008; Fjs. 579 Nº 459 del año 1993. | Loncoche, Pucón, Panguipulli, Villarrica | Se ha reportado que falta primera inscripción fiscal; no existe claridad de deslindes entre el AP y particulares colindantes y existencia de predios particulares al interior de la unidad. Propietario: Fisco de Chile. |



Folio Nº 2246

| Parques Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 19 | Tolhuaca | La Araucanía | Victoria | No indica | Fjs. 99 Nº 146, del Registro de Propiedad de 1909; Fjs. 91vta. Nº 36, del Registro de Propiedad de 1958. | Collipulli, Curacautín | Falta modificar Decreto e inscripción de dominio. Propietario: Fisco de Chile. |
| 21 | Alerce Costero | Los Ríos | Corral/ Unión | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 196 N° 255; a Fjs. 580 N° 815 y a Fjs. 85 vta. N° 113 en el Registro de Propiedad de 1944, 1982 y 1986, respectivamente. | La Unión | PN Alerce Costero fue creado de la desafectación de la RN Valdivia y MN Alerce costero más terreno fiscal. Propietario: Fisco de Chile. |
| 22 | Puyehue | Los Lagos | Entre Lagos | No indica | Fjs. 615 Nº 921, del año 1930; Fjs. 514 Nº 730, del año 1953; Fjs. 51 Nº 63, del año 1959; Fjs. 375 Nº 403 del año 1962; Fjs. 354 Nº 524 del año 1967; Fjs. 54 vta. Nº 85, del año 1968; Fjs.138 Nº 190, del año 1971; Fjs. 80 vta. Nº 118, del año 1972; Fjs. 171 Nº 327, del año 1990, todos del respectivo Registro de Propiedad. | Osorno, Rio Bueno | Existen conflictos históricos de uso por parte de un particular, Sociedad El Caulle Ltda., que alega propiedad de 20.000 ha de la unidad, realiza principalmente actividades vinculadas al ecoturismo. Comunidad Indígena Ñielay Mapu identifica como territorio indígena el Área Norte del PN, tiene pretensiones territoriales. Propietario: Fisco de Chile. |
| 23 | Vicente Pérez Rosales | Los Lagos | Puerto Varas | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 130 Nº 104, del año 1909; Fjs. 387 Nº 447, del año 1943; Fjs. 13 Nº 20, del año 1980, todos del respectivo Registro de Propiedad. | Puerto Montt, Puerto Varas, Osorno | Conflicto de dominio con particular en el acceso al AP y pretensiones de dominio de particular en islote fiscal. Propietario: Fisco de Chile. |

Folio Nº 2247

| Parques Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 26 | Hornopirén | Los Lagos | Hualaihué | A nombre del Fisco de Chile | Fjs. 128 N° 146, del año 1899; a Fjs. 79 N° 112 de 1958 y a Fjs. 230 N° 354 y Fjs. 231 N° 355 de 1959, todos del respectivo Registro de Propiedad. | Calbuco, Llanquihue | Se ha reportado imprecisión de deslindes con propietarios colindantes y pretensiones de comunidades indígenas. Propietario: Fisco de Chile. |

Fuente: elaboración propia.

| Reservas Forestales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 3 | Ñuble | Biobío | Pinto | Declarado Predio o terreno Fiscal | Fjs. 240 Nº 231, del año 1969 | Yungay | Se ha reportado la necesidad de reformular el decreto de creación para incorporar 2.467 ha y excluir otras 12.500 ha de propiedad de ENDESA (Alto Polcura), redefiniendo los límites de la Reserva. Además, CONAF reporta problemas con el propietario vecino del sector Las Catalinas, Fundo El Cupón, quien alega que es dueño de parte del valle del mismo nombre. Propietario: Fisco de Chile. |
| 4 | Alto Biobío | La Araucanía | Lonquimay | Información no disponible. | Información no disponible. | Información no disponible. | Falta primera inscripción fiscal. Propietario: Fisco de Chile. |



Folio Nº 2248

| Reservas Forestales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 5 | Malalcahuello | La Araucanía | Lonquimay | Declarado Predio o terreno Fiscal | Fjs. 41vta. Nº 36, del Registro de Propiedad de 1958 | Curacautín | Existe reclamación de terrenos por parte de comunidad indígena. Propietario: Fisco de Chile. |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | Información no disponible. | Fjs. 607 Nº 1.042, del año 1948; Fjs. 1.628 Nº 960, del año 2003; Fjs. 545 vta. Nº 566, del año 2009; Fjs.3.270 Nº 1.873, del año 2008; Fjs. 579 Nº 459, del año 1993, todas del respectivo Registro de Propiedad. | Loncoche, Pucón, Panguipulli, Villarrica | CONAF reporta que falta primera inscripción fiscal; no existe claridad de deslindes entre el AP y particulares colindantes y existencia de predios particulares al interior de la unidad. Propietario: Fisco de Chile. |
| 9 | China Muerta | La Araucanía | Melipeuco | Declarado Predio o terreno Fiscal | información no disponible | información no disponible | Falta primera inscripción fiscal. Propietario: Fisco de Chile. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2249

| Reservas Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 1 | Las Vicuñas | Arica y Parinacota | Putre | No Indica | Fjs. 25 vta. Nº 60, del año 1935; Fjs. 78 Nº 77, del año 1985 | Arica, Pozo Almonte | Propietario: Coexiste predio fiscal con propiedades privadas, mayoritariamente de comunidades indígenas. |
| 2 | Pampa del Tamarugal | Tarapacá | Pozo Almonte/ Huara | Declarado en Predio o terreno Fiscal | Fjs. 78 Nº 77 del año 1985; Fjs. 128 vta. Nº 122 del año 1982; Fjs. 1388 vta. Nº 1.365 del año 1983 y Fjs. 207 N° 196 del año 1984. | Pozo Almonte | Existe superposición de dominio con terrenos de Fuerza Aérea de Chile. Propietario: Fisco de Chile. |
| 7 | Río Blanco | Valparaíso | Las Andes | Información no disponible. | Fjs. 244 Nº 366, del año 1925. | Los Andes | Propietario: Privada. |
| 9 | Río Clarillo | Metropolitana | Pirque | Declara como inscrito a nombre de CONAF | Fjs. 344 Nº 370 del año 1979. | Puente Alto | Propietario: CONAF. |
| 11 | Roblería del Cobre de Loncha | Bernardo O´Higgins | Alhué | Terrenos pertenecientes a la División El Teniente de la Corporación Nacional del Cobre de Chile | Fjs. 2 Nº 2, del año 1983. | Melipilla | Propietario: Fisco de Chile. Terrenos otorgados en comodato por la División El Teniente de la Corporación Nacional del Cobre de Chile. |
| 16 | Los Queules | Maule | Pelluhue | No Indica | Fjs. 11 vta. Nº 9, del año 1984. | Cauquenes | Propietario: Fisco de Chile Terrenos otorgados en comodato a CONAF. |



Folio Nº 2250

| Reservas Nacionales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 17 | Bellotos del Melado | Maule | Colbún | No Indica | Fjs. 32 vta. Nº 50, del año 1995. | Linares | Según decreto fue donada por un particular a la CONAF. |
| 19 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | Declara como inscrito a nombre del Fisco de Chile | Fjs. 212 vta. N° 262 del año 1986. | Cañete | Propietario: Fisco de Chile. Reclamación de terrenos por parte de terceros. |
| 25 | Río Simpson | Aysén | Aysén | Declara como inscrito a nombre del Fisco de Chile | Fjs. 50 Nº 68, del año 1941; Fjs. 194 vta. Nº 162, del año 1960. | Aysén, Coyhaique | Propietario: Coexiste propiedad del Fisco de Chile y de propietarios privados. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2251

| Monumentos Naturales | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de creación | Ficha Técnica M.B.N. | Conservador de Bienes Raíces | Observaciones |
| 10 | Lahuen Ñadi | Los Lagos | Puerto Montt | No indica | Fjs. 1710 Nº 2331, del año 1997. | Puerto Montt | Según ficha técnica del MBN, está inscrito como propiedad de CONAF. |
| 13 | Cueva del Milodón | Magallanes y Antártica Chilena | Natales | No indica | Fjs. 251 vta. Nº 189, del año 1972. Mayor Cabida. | Puerto Natales | Terrenos pertenecientes a la CONAF. |
| 15 | Laguna de los Cisnes | Magallanes y Antártica Chilena | Porvenir | No indica | Fjs. 24 Nº 40, del año 1941. Global. | Tierra del Fuego | No se especifica el documento legal de inscripción en la ficha técnica de Bienes Nacionales. |

Fuente: elaboración propia.

## Tabla N° 3: Problemas de Ocupación y Acceso

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Putre | Existe ocupación de terrenos por parte de particulares (individuales y comunidades). | No se han reportado problemas. |
| 2 | Volcán Isluga | Tarapacá | Colchane | Existe ocupación de terrenos por parte de particulares (individuales y comunidades). | No se han reportado problemas. |



Folio Nº 2252

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 5 | Morro Moreno | Antofagasta | Antofagasta | Existe ocupación por parte de particulares que se dedican a la extracción de algas. | No se han reportado problemas. |
| 9 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Ovalle | No se han reportado problemas. | Se ha reportado ingreso furtivo de particulares con fines de extracción de algas. |
| 11 | Rapa Nui | Valparaíso | Isla de Pascua | Existe ocupación irregular por parte de comunidades indígenas. | No se han reportado problemas. |
| 14 | Radal Siete Tazas | Maule | Molina, Pelarco y San Clemente | Ocupación irregular consistente en construcción de un particular. | No se han reportado problemas. |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | Superficie de Ocupación por Terceros: 90 ha, número total de ocupantes: aproximadamente 35 casas particulares y 5 instituciones (Chile Deportes; Endesa, Ejército de Chile, Club de Esquí, Carabineros), tipos de ocupantes (Comunidades Indígenas, pescadores, privados, otros), varios privados y organismos públicos y privados (club de Esquí Los Ángeles, Ejército, Municipio de Los Ángeles, U. de Concepción, etc.). | No se han reportado problemas. |
| 16 | Huerquehue | La Araucanía | Pucón | Ocupante irregular. | No se han reportado problemas. |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | Existencia de predios particulares al interior del AP y ocupaciones irregulares. | No se han reportado problemas. |
| 21 | Alerce Costero | De Los Ríos | La Unión | Presencia esporádica de un ocupante solitario en casa rústica. | No se han reportado problemas. |

Folio Nº 2253

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 22 | Puyehue | Los Lagos | Entre Lagos | Ocupación ilegal del propietario colindante. | No se han reportado problemas. |
| 23 | Vicente Pérez Rosales | Los Lagos | Puerto Varas | Ocupaciones ilegales e irregulares: Al interior del Parque Nacional subsiste un gran número de ocupaciones ilegales, algunas de larga data. | Acceso a los Saltos del Petrohué: Conflicto de dominio del área de estacionamientos con Turística Los Saltos S.A. que compromete el acceso al AP. |
| 24 | Alerce Andino | Los Lagos | Puerto Montt | Se ha reportado la presencia de ocupantes irregulares aislados. | No se han reportado problemas. |
| 25 | Chiloé | Los Lagos | Ancud | No se han reportado problemas. | Se han reportado problemas de carencia de servidumbre para libre acceso a los diversos sectores. |
| 26 | Hornopirén | Los Lagos | Hualaihué | No se han reportado problemas. | Existe precariedad de acceso al AP, se está en conversaciones con los siete propietarios que están a lo largo del camino de acceso para resolver esta situación. |
| 27 | Isla Guamblín | Aysén | Aysén | No se han reportado problemas. | No se han reportado problemas. |
| 28 | Corcovado | Aysén | Chaitén | No se han reportado problemas. | Se ha reportado problema de acceso terrestre. |
| 29 | Laguna San Rafael | Aysén | Aysén | No se han reportado problemas. | No existe control de acceso por zona aledaña al AP. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2254

| Reservas Forestales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 3 | Ñuble | Biobío | Pinto | Ocupación de terrenos: Superficie de Ocupación por Terceros: 50 ha sector Las Catalinas, 30 ha sector El Fuerte, Número Total de Ocupantes: cerca de 100 animales en cada zona, más unos cinco perros y dos o tres baqueanos. Uso ganadero del área en conflicto, Tipo de Ocupantes (Comunidades Indígenas, pescadores, privados, otros) privado empresario, Superficie Reclamada por Terceros: 50 ha. | No se han reportado problemas. |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/Curarrehue | Presencia de ocupantes irregulares. | No se han reportado problemas. |
| 11 | Lago Palena | Los Lagos | Palena | No se han reportado problemas. | Existen problemas de acceso terrestre por territorio nacional. |

Fuente: elaboración propia.

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 1 | Las Vicuñas | Arica y Parinacota | Putre | Existe ocupación de terrenos por parte de particulares (individuales y comunidades). | No se han reportado problemas. |

Folio Nº 2255

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 18 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | Se han reportado problemas con propiedades aledañas: destrucción de cercos de deslindes en sector frente a la Parcela 23, por parte de ocupantes de terrenos fiscales. | No se han reportado problemas. |
| 20 | Ralco | Biobío | Sta. Bárbara | Se ha reportado que 25 familias pehuenches (125 personas) que realizan uso tradicional de los terrenos de la RN como campos de veranada (pastoreo familiar, recolección de piñones y quema de pastizales). | No se han reportado problemas. |
| 22 | Mocho-Choshuenco | Los Ríos | Panguipulli/ Futrono | Se ha reportado que existe una situación que se arrastra por al menos 4 años, correspondiente a una ocupación intermitente del área nororiente de la unidad, de parte del propietario del terreno colindante (Víctor Peterman - Fundo Huilo Huilo), usada para brindar servicios turísticos diversos ligados a actividades de nieve y hielo; como esquí, caminatas, escaladas, uso motos de nieve, tablas de nieve, etc. | No se han reportado problemas. |
| 23 | Futaleufú | Los Lagos | Futaleufú | No se han reportado problemas. | Conflicto por servidumbre para acceso público. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2256

| Monumentos Naturales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Ocupación | Acceso |
| 10 | Lahuen Ñadi | Los Lagos | Puerto Montt | No se han reportado problemas. | El camino de acceso actual está en terrenos de un condominio privado, con el cual se mantiene un contrato de buena convivencia referido a algunas acciones que debe realizar CONAF para mantenerlo en uso (para la unidad y para el condominio). |
| 15 | Laguna de los Cisnes | Magallanes y Antártica Chilena | Porvenir | No se han reportado problemas. | Se ha reportado falta de acceso y servidumbre de paso. |

Fuente: elaboración propia.

## Tabla N° 4: Problemas de Superposición de Categorías de AP

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Putre | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Lauca", en conjunto con la Reserva Nacional Las Vicuñas y el Monumento Natural Salar de Surire. Mediante D.S. N° 36, de 1986, del Ministerio de Minería, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. D.S. N° 12, de 1989, del Ministerio de Minería, concede permiso para efectuar labores mineras en lugar que señala. |

Folio Nº 2257

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 2 | Volcán Isluga | Tarapacá | Colchane | SÍ | Mediante D.S. N° 680, de 1975, del MINEDUC, declara Monumento Nacional el Santuario de Isluga. Mediante Res. N° 560 exenta, de 2008, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico comuna de Colchane. |
| 3 | Salar del Huasco | Tarapacá | Pica | SÍ | El sitio RAMSAR llamado Salar del Huasco está inserto en este PN, además del SN y del BNP con el mismo nombre. Mediante Res. N° 1248 exenta, de 2005, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico el Área de Pica-Salar del Huasco. |
| 4 | Llullaillaco | Antofagasta | Antofagasta | NO | D.S N° 856, de 1995, del Ministerio de Minería, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 6 | Pan de Azúcar | Atacama | Taltal/ Chañaral | SÍ | El D.S. N° 527, de 1985, del Ministerio de Bienes Nacionales, declara además como "lugar de interés científico" a dichos terrenos fiscales en la II y III Región. D.S. N° 21, de 1986, del Ministerio de Minería, autoriza labores mineras en un islote del Parque Nacional Pan de Azúcar. |
| 8 | Nevados de Tres Cruces | Atacama | Copiapó/ T. Amarilla | SÍ | El sitio RAMSAR llamado "Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Santa Rosa" está inserto en este Parque Nacional. |
| 8 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Ovalle | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Fray Jorge". D.S. N° 132, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 10 | La Campana | Valparaíso | Hijuelas/ Olmué | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "La Campana-Lago Peñuelas". D.S. N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 12 | Archipiélago de Juan Fernández | Valparaíso | Juan Fernández | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Juan Fernández". D.S. N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. Mediante Res. N° 956 exenta, de 2006, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional el área denominada Isla Róbinson Crusoe de la comuna de Juan Fernández. |



Folio Nº 2258

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | SÍ | Mediante Res. N° 738, de 2008, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional el área Cordillera de Chillán-Laguna del Laja. |
| 16 | Huerquehue | La Araucanía | Pucón | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". Mediante Res. N° 547, de 2003, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional las comunas de Pucón y Villarrica. |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias" y a la Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". Mediante Res. N° 547, de 2003, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional las comunas de Pucón y Villarrica. |
| 19 | Tolhuaca | La Araucanía | Victoria | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 20 | Conguillío | La Araucanía | Melipeuco/Vilcún | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". Mediante D.S. N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 22 | Puyehue | Los Lagos | Entre Lagos | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 23 | Vicente Pérez Rosales | Los Lagos | Puerto Varas | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". |
| 24 | Alerce Andino | Los Lagos | Puerto Montt | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". Mediante Res. N° 567, de 2007, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico el Área de las Cuencas de los Ríos Puelo y Cochamó. |
| 25 | Chiloé | Los Lagos | Ancud | SÍ | |

Folio Nº 2259

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 26 | Hornopirén | Los Lagos | Hualaihué | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes”. Mediante Res. N° 567, de 2007, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico el Área de las Cuencas de los Ríos Puelo y Cochamó. |
| 27 | Isla Guamblín | Aysén | Aysén | SÍ | Islas Oceánicas Guamblín-Ipun ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, según Oficio Ord. N° 0298, de 3/11/2010, de la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. |
| 29 | Laguna San Rafael | Aysén | Aysén | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Laguna San Rafael”. Mediante D.S N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 30 | Queulat | Aysén | Cisnes | SÍ | Mediante D.S. N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 33 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | Torres del Paine | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Torres del Paine”. Mediante D.S. N° 131, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 35 | Alberto de Agostini | Magallanes y Antártica Chilena | Cabo de Hornos | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Cabo de Hornos”. |
| 36 | Cabo de Hornos | Magallanes y Antártica Chilena | Cabo de Hornos | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Cabo de Hornos”. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2260

| Reservas Forestales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 1 | Lago Peñuelas | Valparaíso | Valparaíso | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "La Campana-Lago Peñuelas". Mediante D.S. N° 133, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 4 | Alto Biobío | La Araucanía | Lonquimay | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". Mediante D.S. N° 131, de 1989, del Ministerio de Agricultura, lo declara lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 5 | Malalcahuello | La Araucanía | Lonquimay | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 6 | Nalcas | La Araucanía | Lonquimay | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 7 | Malleco | La Araucanía | Collipulli | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | SÍ | Mediante Res. N° 547, de 2003, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico Nacional las comunas de Pucón y Villarrica. Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Las Araucarias". |
| 10 | Llanquihue | Los Lagos | Puerto Montt | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2261

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 1 | Las Vicuñas | Arica y Parinacota | Putre | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Lauca”, en conjunto con la Reserva Nacional Las Vicuñas y el Monumento Natural Salar de Surire. D.S. N° 29, de 1983, del Ministerio de Agricultura, lo declara además como lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 4 | Los Flamencos | Antofagasta | San Pedro de Atacama | SÍ | D.S. N° 50, de 1990, del Ministerio de Agricultura, lo declara como lugar de interés científico para efectos mineros. Los sitios RAMSAR llamados; “Salar de Pujsa”, “Salar de Aguas Calientes”, “Salar de Tara” y “Sistema Hidrológico de Soncor” pertenecen a esta Reserva Nacional. En su interior se encuentra el SN Valle de La Luna declarado mediante D.S. N° 37, de 1982, del MINEDUC. |
| 5 | Pingüino de Humboldt | Coquimbo | Freirina/La Higuera | NO | D.S. N° 4, de 1990, del Ministerio de Minería, lo declara además como lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 8 | El Yali | Valparaíso | San Antonio | SÍ | El sitio RAMSAR llamado “El Yali” está inserto en esta Reserva Nacional. D.S. N° 143, de 1998, del Ministerio de Agricultura, declara un área de casi 37.680 hectáreas, comprendiendo una amplia zona entre los ríos Maipo y Rapel, incluido el estero El Yali y zonas aledañas como Área Prohibida de Caza. |
| 13 | Laguna Torca | Maule | Vichuquén | SÍ | Mediante D. Ex. 1014, de 1998, del MINEDUC, la declara como Santuario de la Naturaleza. |
| 18 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | NO | Área Marina Isla Mocha ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, según Oficio Ord. N° 0298, de 3/11/2010, de la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. |
| 19 | Los Huemules de Niblinto | Biobío | Coihueco | SÍ | Mediante D.S. N° 680, de 1975, del MINEDUC, la declara como Santuario de la Naturaleza. D.S. N° 102, de 2002, del Ministerio de Minería, lo declara además como lugar de interés científico para efectos mineros. |



Folio Nº 2262

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 20 | Ralco | Biobío | Sta. Bárbara | SÍ | D.S. N° 20, de 2006, del Ministerio de Agricultura, lo declara como lugar de interés científico para efectos mineros. |
| 22 | Nonguén | Biobío | Concepción | NO | Fundo Nonguén ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, según Oficio Ord. N° 0298, de 3/11/2010, de la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. |
| 23 | Mocho-Choshuenco | Los Ríos | Panguipulli/ Futrono | SÍ | Pertenece a la unidad que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". Mediante Resolución Nº 661, de 10/07/2006, se declaró Zona de Interés Turístico Nacional la comuna de Panguipulli. Mocho Choshuenco ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, según Oficio Ord. N° 0298, de 3/11/2010, de la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. |
| 24 | Futaleufú | Los Lagos | Futaleufú | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera "Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes". Mediante Resolución Nº 465, de 30/04/2001, se declaró Zona de Interés Turístico Nacional el área del Río Futaleufú y sus alrededores. |
| 27 | Lago Jeinimeni | Aysén | Chile Chico | SÍ | D.S. N° 219, de 7/09/1998, del MBN, que crea esta Reserva Nacional la declara además como "lugar de interés científico" para los efectos mineros. Además, parte de su superficie forma parte de la Zona de Interés Turístico Lago General Carrera declarada por Resolución Ex. N° 296, de 16/03/2001, del SERNATUR. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2263

| Monumentos Naturales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Superposición | Observaciones |
| 1 | Salar de Surire | Arica y Parinacota | Putre | SÍ | Pertenece al área que fue declarada como Reserva de la Biosfera “Lauca”, en conjunto con la Reserva Nacional Las Vicuñas y el Parque Nacional Lauca, como asimismo, del sitio Ramsar Salar de Surire. D.S. N° 29, de 1983, del Ministerio de Agricultura, lo declara además como Monumento Natural. |
| 4 | Pichasca | Coquimbo | Río Hurtado | SÍ | D.S. N° 29, de 1983, del Ministerio de Agricultura, lo declara como Monumento Natural. D.S. 132, de 29/08/1989, de Agricultura, lo declara además como “lugar de interés científico” para los efectos mineros. |
| 5 | Isla Cachagua | Valparaíso | Zapallar | SÍ | Es adyacente al Santuario de la Naturaleza Isla de Cachagua. |
| 6 | El Morado | Metropolitana | San José de Maipo | SÍ | D.S. N° 78, de 2005, del Ministerio de Agricultura, declara, entre otros, el predio al que corresponde el Monumento Natural El Morado como lugar de interés científico para efectos mineros. Mediante Res. N° 1.138, de 2001, de SERNATUR, declara Zona de Interés Turístico la comuna de San José de Maipo. El Morado ha sido declarado Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, según Oficio Ord. N° 0298, de 3/11/2010, de la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. Además, tiene el carácter de Área de Preservación Ecológica de la Región Metropolitana. |
| 13 | Cueva del Milodón | Magallanes y Antártica Chilena | Natales | SÍ | Esta AP tiene además la categoría de Monumento Nacional sujeto a la tuición del Consejo de Monumentos Nacionales. |
| 14 | Los Pingüinos | Magallanes y Antártica Chilena | Punta Arenas | SÍ | Esta AP tiene además la categoría de Monumento Histórico sujeto a la tuición del Consejo de Monumentos Nacionales. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2264

## Tabla N° 5: Problemas de Delimitación

| Parques Nacionales | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Características del Problema |
| 9 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Ovalle | Se ha reportado que falta demarcar en terreno los límites actuales de la propiedad. |
| 10 | La Campana | Valparaíso | Hijuelas/Olmué | |
| 11 | Rapa Nui | Valparaíso | Isla de Pascua | Decreto de creación no señala limites del AP. |
| 12 | Archipiélago de Juan Fernández | Valparaíso | Juan Fernández | Decreto de creación no señala limites del AP. |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | Se ha reportado imprecisiones de deslindes: Se debe corregir la cabida real del Parque, ya que al crearse, a pesar de tener deslindes más amplios que los actuales tenía menos superficie (11.600 ha). Realizado el estudio de límites y cartografía se excluyó del territorio del Parque el Fundo La Cueva (en su límite suroriente), y un retazo junto al río Trubunleo (límite noroeste), pues eran propiedad particular. Por tanto, se debe modificar en el Decreto de creación en sus deslindes y superficie. |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | Se ha reportado que no existe claridad de deslindes entre la unidad y propietarios particulares colindantes. |
| 20 | Conguillío | La Araucanía | Melipeuco/Vilcún | Se han reportado problemas de deslindes con propietarios colindantes. |
| 22 | Puyehue | Los Lagos | Entre Lagos | Está pendiente resolver los límites del área norte, parte de la Región de Los Ríos, del PN Puyehue, producto de la ocupación ilegal del propietario colindante. En el sector incluido en la Región de Los Ríos de esta unidad no existe claridad respecto a los límites legales de esta unidad. |
| 24 | Alerce Andino | Los Lagos | Puerto Montt | Se ha reportado superposición de límites. |

Folio Nº 2265

| Parques Nacionales | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Características del Problema |
| 25 | Chiloé | Los Lagos | Ancud | Se ha reportado superposición de límites. |
| 26 | Hornopirén | Los Lagos | Hualaihué | Se ha reportado imprecisión de deslindes con propietarios colindantes y pretensiones de comunidades indígenas. Actualmente, el volcán Hornopirén está fuera de los límites de la unidad, lo que ha generado una presión por parte de las comunidades huilliches sobre el alerce. |
| 29 | Laguna San Rafael | Aysén | Aysén | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el área protegida y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva, corta ilegal de arboles y uso del área para actividades turísticas. |
| 32 | Bernardo O'Higgins | Magallanes y Antártica Chilena | Tortel /Natales | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el área protegida y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva, corta ilegal de arboles y uso del área para actividades turísticas. |
| 33 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | Torres del Paine | Existen conflictos respecto a límites que no han llegado a las mencionadas instancias judiciales (ej. Estancia Lazo - Parque Nacional Torres del Paine). Está el caso de la Estancia Cerro Paine, que se encuentra inmersa al interior del Parque Nacional Torres del Paine, pero que no produce conflictos de ninguna índole con CONAF. |

Fuente: elaboración propia



Folio Nº 2266

| Reservas Forestales | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Características del Problema |
| 3 | Ñuble | Biobío | Pinto | Es necesario reformular Decreto para incorporar 2.467 ha, también nuevo decreto debiera excluir 12.500 ha de propiedad de ENDESA (Alto Polcura), redefiniendo los límites de la Reserva que actualmente lo incluyen como propiedad inserta. Perímetro aprox. con falta precisión deslindes (km): sector El Trumao: 13 km, sector Las Catalinas 5 km, sector Alto Polcura 40 km. Necesidad de replanteo en terreno: en sector Las Catalinas por problemas de deslinde con propietario vecino. |
| 7 | Malleco | La Araucanía | Collipulli | Imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Pucón/ Curarrehue | Imprecisiones de deslindes con propietarios colindantes. |
| 11 | Llanquihue | Los Lagos | Puerto Montt | Indefinición de límites, existe hasta la fecha una superposición de deslindes en un sector de la unidad, el cual no se ha resuelto y no se están haciendo gestiones para resolverlo. |
| 15 | Cerro Castillo | Aysén | Coyhaique | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva, corta ilegal de arboles y uso del área para actividades turísticas. |
| 23 | Magallanes | Magallanes y Antártica Chilena | Pta. Arenas | Se han reportado conflictos respecto a límites que aún no han llegado a instancias judiciales. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2267

| Reservas Nacionales | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Características del Problema |
| 2 | Pampa del Tamarugal | Tarapacá | Pozo Almonte/ Huara | Se ha reportado que existe problema de definición de límites con la Fuerza Aérea de Chile. |
| 12 | Radal Siete Tazas | Maule | Molina | Se han reportado problemas de delimitación. |
| 18 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | Se ha reportado imprecisiones de deslindes: Necesidad de reformular el decreto de creación para corregir la situación. Se hizo estudio de definición de límites de esta RN, producto de lo cual la superficie de la Reserva disminuyó a 2.181, 67 ha. |
| 20 | Ralco | Biobío | Sta. Bárbara | Se ha reportado imprecisiones de deslindes (necesidad de reformular el decreto de creación para corregir la situación) y problemas con propiedades aledañas (construcción de caminos hacia la reserva por parte de la comunidad pehuenche, en el sector El Pacha y Quillaicahue desde el fundo El Barco). |
| 27 | Lago Jeinimeni | Aysén | Chile Chico | La carencia de cercos limítrofes y/o el desconocimiento del deslinde en terreno, entre el AP y predios particulares vecinos, resulta en algunos sectores en un uso ajeno ilegal como es el caso de la ganadería extensiva. |

Fuente: elaboración propia.

| Monumentos Naturales | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Características del Problema |
| 4 | Pichasca | Coquimbo | Río Hurtado | Se han reportado problemas de imprecisión de límites de la unidad. |

Fuente: elaboración propia.



Folio Nº 2268

## Tabla N° 6: Problemas de Cartografía

| Parques Nacionales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Putre | No indica | Indica plano de Conaf | Plano de CONAF escala 1:100.000, incluye la RN las Vicuñas y el MN Salar de Surire. |
| 8 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Ovalle | No indica | Indica plano de Conaf | No coincide la superficie del plano con la indicada por CONAF. |
| 13 | Radal Siete Tazas | Maule | Molina, Pelarco y San Clemente | Indica N° de plano | Indica número de plano del MBN | Plano de CONAF con una superficie distinta a la situación actual. |
| 14 | Laguna del Laja | Biobío | Antuco | No indica | Indica número de plano del MBN | Plano CONAF con una superficie de 11.500 ha distinta a la descrita en el decreto. |
| 24 | Hornopirén | Los Lagos | Hualaihué | No indica | Indica número de plano del MBN | Plano con una superficie 49.837 ha al que se debe restar 1.605 ha de los lotes a1 y a2 quedando la superficie indicada en el D.S. Nº 884, de 1988, es decir, 48.232 ha. |
| 25 | Isla Guamblín | Aysén | Aysén | No indica | Indica plano de CONAF | Plano de CONAF escala 1:50.000, con una superficie de 15.915 ha. |
| 27 | Laguna San Rafael | Aysén | Aysén | Indica N° de plano | Indica número de plano del MBN | Plano con una superficie distinta a la situación actual. |
| 31 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | Torres del Paine | No indica | Indica plano de CONAF | Plano con una superficie distinta a la situación actual. |

Folio Nº 2269

| Parques Nacionales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 34 | Cabo de Hornos | Magallanes y Antártica Chilena | Cabo de Hornos | Indica N° de plano | Indica Nº de plano según decreto | Plano no señala los límites del PN. |

Fuente: elaboración propia.

| Reservas Forestales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 1 | Lago Peñuelas | Valparaíso | Valparaíso | No indica | Indica número de plano del MBN y plano de Conaf | Plano con una superficie distinta a la descrita en el decreto. |
| 3 | Ñuble | Biobío | Pinto | No indica | Indica plano de Conaf | Plano con una superficie distinta a la descrita en el decreto y la informada por CONAF. |
| 4 | Alto Biobío | La Araucanía | Lonquimay | Información no disponible | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 5 | Malalcahuello | La Araucanía | Lonquimay | No indica | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. Plano incluye 2 AP, Plano elaborado por CONAF que incluye la RF Nalcas. |
| 6 | Nalcas | La Araucanía | Lonquimay | Información no disponible | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. Plano incluye 2 AP, Plano elaborado por CONAF que incluye la Reserva Forestal Malalcahuello. |



Folio Nº 2270

| Reservas Forestales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 7 | Malleco | La Araucanía | Collipulli | Información no disponible | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 9 | China Muerta | La Araucanía | Melipeuco | Indica Nº de plano | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 11 | Lago Palena | Los Lagos | Palena | Indica Nº de plano | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 14 | Cerro Castillo | Aysén | Coyhaique | No indica | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 15 | Coyhaique | Aysén | Coyhaique | No indica | Indica plano del MTC | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 16 | Lago Carlota | Aysén | Lago Verde | Indica Nº de plano | Indica plano del MTC | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 21 | Laguna Parrillar | Magallanes y Antártica Chilena | Pta. Arenas | Indica Nº de plano | Indica plano de Conaf | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |
| 22 | Magallanes | Magallanes y Antártica Chilena | Pta. Arenas | Información no disponible | Indica plano de Conaf | Plano incluye 2 AP, Plano elaborado por CONAF que incluye la RF Laguna de Parrillar. |

Fuente: elaboración propia.

Folio Nº 2271

| Reservas Nacionales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 2 | Pampa del Tamarugal | Tarapacá | Pozo Almonte/ Huara | No indica | Indica número de plano del MBN | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. Falta agregar 1.614 ha al lote número 3, según lo establecido en el D.S. N° 310, de 1995, del Ministerio de Agricultura. |
| 4 | Los Flamencos | Antofagasta | San Pedro de Atacama | Indica Nº de plano | Indica número de plano del MBN | Existen 6 planos para 7 sectores de esta AP. |
| 5 | Pingüino de Humboldt | Coquimbo | Freirina/La Higuera | No indica | Indica número de plano del MBN y plano de CONAF | Plano del Ministerio de Bienes Nacionales incluye sólo Isla Choros, Damas y Gaviota faltando la Isla Chañaral de la III Región. La Isla Gaviota no pertenece a la RN, según el decreto de creación. |
| 7 | Río Blanco | Valparaíso | Las Andes | Información no disponible | Indica plano de CONAF | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. La superficie medida en el plano no corresponde a la actual. |
| 8 | El Yali | Valparaíso | San Antonio | Indica Nº de plano | Indica número de plano del MBN | Representada en dos planos. |
| 9 | Río Clarillo | Metropolitana | Pirque | No indica | Indica plano de CONAF | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. La superficie medida en el plano no corresponde a la actual. |
| 10 | Río de los Cipreses | Libertador Bernardo O´Higgins | Machalí | No indica | Indica número de plano del MBN | Falta cartografía oficial y modificar Decreto. |
| 12 | Radal Siete Tazas | Maule | Molina | Indica Nº de plano | Indica número de plano del MBN y plano de CONAF | Plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |



Folio Nº 2272

| Reservas Nacionales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 18 | Isla Mocha | Biobío | Tirúa | No indica | Indica plano de CONAF | Plano con una superficie distinta a la descrita en el decreto y la informada por CONAF. |

Fuente: elaboración propia.

| Monumentos Naturales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 5 | Isla Cachagua | Valparaíso | Zapallar | No indica | Plano elaborado por CONAF, escala 1:10.000, tiene calidad de un croquis de ubicación. Este lugar se denomina también Isla Pájaros Niño. | |
| 7 | Contulmo | La Araucanía | Purén | No indica | Existe plano elaborado por el Instituto Profesional Santiago para el MBN, escala 1:10.000, con coordenadas geográficas y U.T.M, curvas de nivel y colindantes con el Nº de rol del SII. Existe además plano de Bienes Nacionales Nº 37.043 escala 1:10.000, donde aparece el sector Nº 3 como reserva de turismo, que corresponde al actual Monumento Natural. | Se ha reportado que plano no da cuenta de situación actual de la unidad. |

Folio Nº 2273

| Monumentos Naturales | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Comuna | Decreto de Creación | Ficha Técnica MBN | Observaciones |
| 12 | Cinco Hermanas | Aysén | Aysén | No indica | Plano Nº 107 elaborado por el Ministerio de Agricultura, escala 1:25.000 con una superficie de 221 ha, Plano de CONAF escala 1:25.000, con una superficie de 221 ha, con coordenadas geográficas e hidrografía. | Según D.S. 160, de 09.02.82, la superficie de este MN es de 228 ha. |
| 14 | Los Pingüinos | Magallanes y Antártica Chilena | Punta Arenas | No indica | Indica Nº de plano de CONAF | Plano CONAF, XII-PN 37, escala 1:250.000 incluye los siguientes monumentos naturales: Los Pingüinos (97 ha) y Laguna de Los Cisnes (25,3 ha), tiene calidad de croquis de ubicación, la superficie está anotada en forma manuscrita y posterior a la ejecución del plano. |
| 15 | Laguna de los Cisnes | Magallanes y Antártica Chilena | Porvenir | No indica | El plano Nº 77 del Ministerio de Tierras y Colonización, colección de Magallanes, escala 1:20.000, indica una superficie de 23,5 ha. | Superficie según D.S. Nº 207, de 1966, es de 25,3 ha. Según D.S. Nº 160, de 1982, la superficie aproximada sería de 25 ha. |

Fuente: elaboración propia.



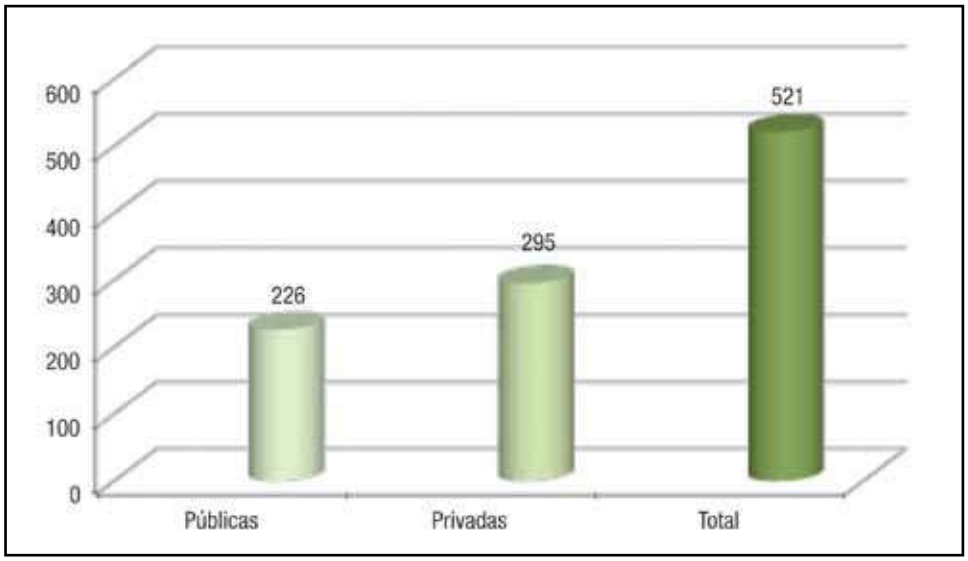
Folio Nº 2274

# Anexo N° 3
# Tablas y Gráficos Complementarios

## Tabla 1: Cantidad de AP por Categorías

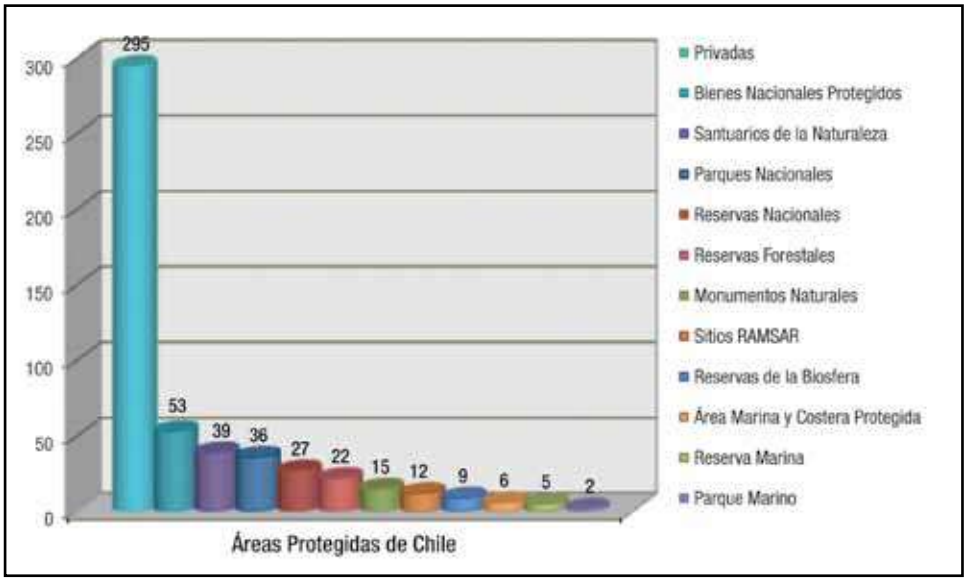
| Áreas Protegidas de Chile | |
|---|---|
| Categorías | Cantidad |
| 1. Parques Nacionales | 36 |
| 2. Reservas Nacionales | 27 |
| 3. Reservas Forestales | 22 |
| 4. Monumentos Naturales | 15 |
| 5. Santuarios de la Naturaleza | 39 |
| 6. Bienes Nacionales Protegidos | 53 |
| 7. Sitios RAMSAR | 12 |
| 8. Reservas de la Biosfera | 9 |
| 9. Área Marino-Costera Protegida | 6 |
| 10. Reserva Marina | 5 |
| 11. Parques Marinos | 2 |
| 12. Áreas Protegidas Privadas | 295 |
| Total | 521 |

## Gráfico 1: Cantidad de AP Públicas* y Privadas




* El carácter de público del AP está determinado por la existencia de un acto administrativo de la autoridad pública que dispuso su creación.

## Gráfico 2: Cantidad de AP por Categoría

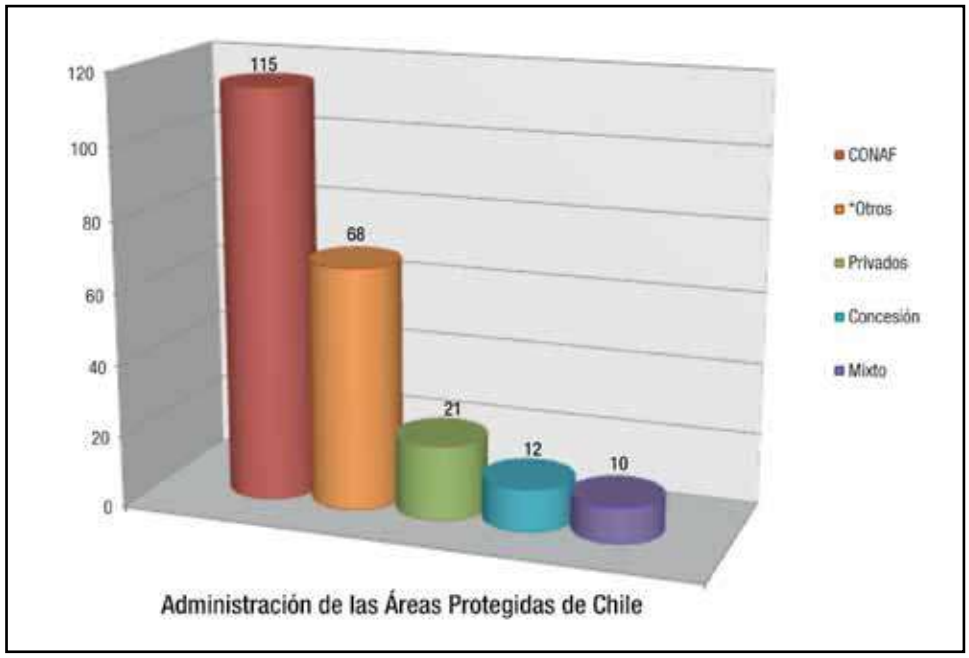



## Tabla 2: Tipos de Administración de las AP por Categorías

| Administración de las Áreas Protegidas de Chile | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Categorías | CONAF | Privados | Mixto | Concesión | *Otros | Cantidad por Categoría |
| Parques Nacionales | 35 | 1 | | | | 36 |
| Reservas Nacionales y Forestales | 47 | 1 | 1 | | | 49 |
| Monumentos Naturales | 15 | | | | | 15 |
| Santuarios de la Naturaleza | 6 | 17 | 3 | 1 | 12 | 39 |
| Bienes Nacionales Protegidos | | | | 10 | 43 | 53 |
| Sitios RAMSAR | 8 | 2 | 1 | | 1 | 12 |
| Reservas de la Biosfera | 4 | | 5 | | 1 | 9 |
| Área Marina y Costera Protegida | | | | 1 | 5 | 6 |
| Reservas Marinas | | | | | 5 | 5 |
| Parques Marinos | | | | | 2 | 2 |
| Total | 115 | 21 | 10 | 12 | 68 | 226 |

*Ministerios, Municipalidades, Universidades, FFAA y otros servicios.

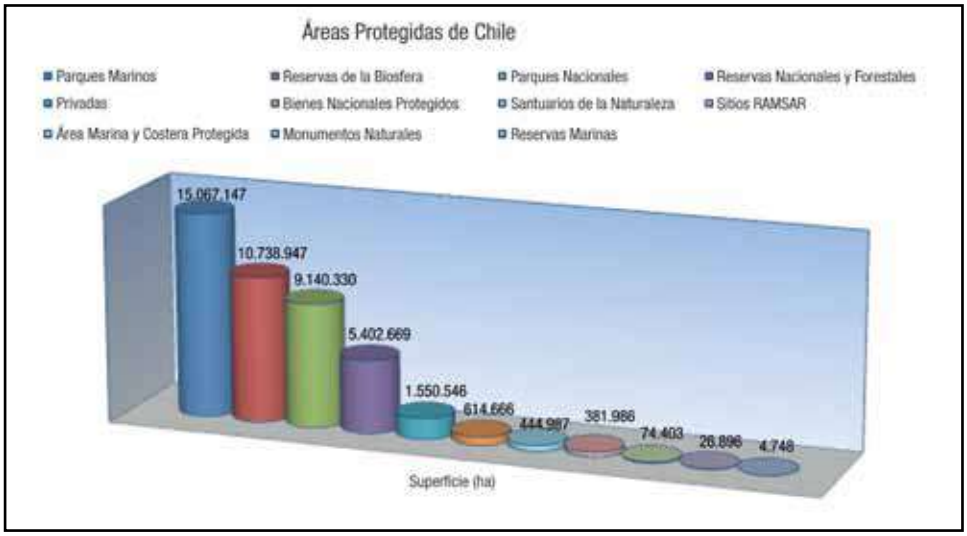
**Gráfico 3: Tipos de Administración de las AP por Categorías**



## Tabla 3: Superficie en Hectáreas por Categorías

| Áreas Protegidas de Chile | |
|---|---|
| Categorías | Superficie (ha) |
| Parques Nacionales | 9.140.330 |
| Reservas Nacionales y Forestales | 5.402.669 |
| Monumentos Naturales | 26.896 |
| Santuarios de la Naturaleza | 444.987 |
| Bienes Nacionales Protegidos | 614.666 |
| Sitios RAMSAR | 381.986 |
| Reservas de la Biosfera | 10.738.947 |
| Área Marina y Costera Protegida | 74.403 |
| Reserva Marina | 4.748 |
| Parque Marino | 15.067.147 |
| Privadas | 1.550.546 |
| Total | 43.447.325 |

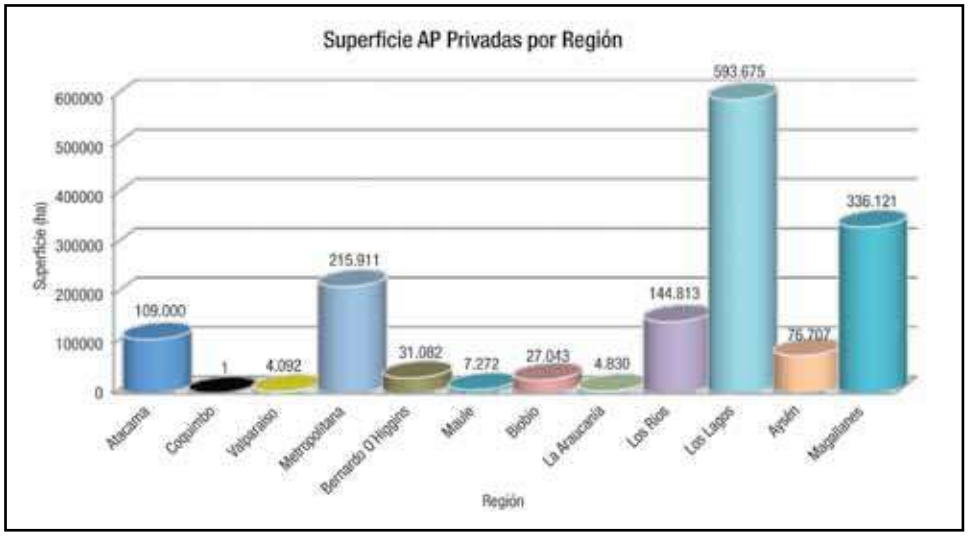
## Gráfico 4: Superficie en hectáreas por categoría



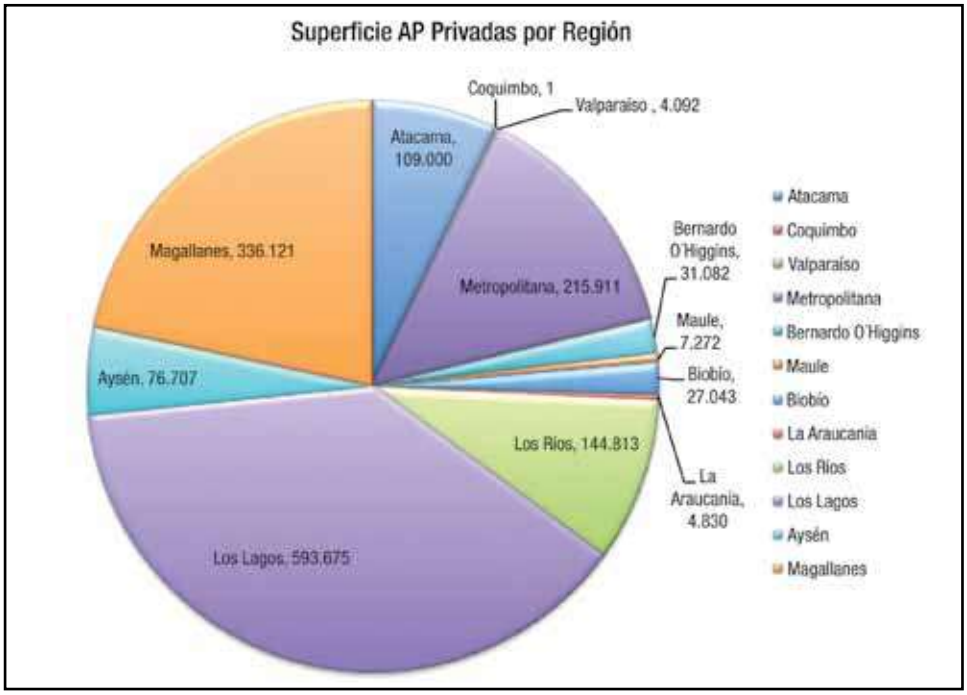
## Tabla 4: Superficie en Hectáreas de APP por Región

| Superficie AP Privadas por Región | |
|---|---|
| Región | Superficie |
| Atacama | 109.000 |
| Coquimbo | 1 |
| Valparaíso | 4.092 |
| Metropolitana | 215.911 |
| Bernardo O´Higgins | 31.082 |
| Maule | 7.272 |
| Biobío | 27.043 |
| La Araucanía | 4.830 |
| Los Ríos | 144.813 |
| Los Lagos | 593.675 |
| Aysén | 76.707 |
| Magallanes | 336.121 |
| Total | 1.550.546 |

## Gráfico 5: Superficie en hectáreas de APP por Región



## Gráfico 6: Superficie en Hectáreas de APP por Región



## Tabla 5: Parques Nacionales

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Parinacota | Putre | 137.883 |
| 2 | Volcán Isluga | Tarapacá | Tamarugal | Colchane, Huara, Camiña | 174.744 |
| 3 | Salar del Huasco | Tarapacá | Tamarugal | Pica | 110.962 |
| 4 | Llullaillaco | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 268.671 |
| 5 | Morro Moreno | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta / Mejillones | 7.314 |
| 6 | Pan de Azúcar | Atacama | Antofagasta / Chañaral | Taltal/Chañaral | 43.754 |
| 7 | Nevados de Tres Cruces | Atacama | Copiapó | Copiapó/T. Amarilla | 59.082 |
| 8 | Llanos de Challe | Atacama | Huasco | Huasco | 45.708 |
| 9 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Limarí | Ovalle | 9.959 |
| 10 | La Campana | Valparaíso | Quillota | Hijuelas/Olmué | 8.000 |
| 11 | Las Palmas de Cocalán | Bernardo O'Higgins | Cachapoal | Las Cabras | 3.709 |
| 12 | Rapa Nui | Valparaíso | Isla de Pascua | Isla de Pascua | 7.130 |
| 13 | Archipiélago de Juan Fernández | Valparaíso | Valparaíso | Juan Fernández | 9.571 |
| 14 | Radal Siete Tazas | Del Maule | Curicó-Talca | Molina, Pelarco y San Clemente | 4.138 |
| 15 | Laguna del Laja | Biobío | Biobío | Antuco | 11.600 |
| 16 | Huerquehue | La Araucanía | Cautín | Pucón | 12.500 |
| 17 | Villarrica | La Araucanía | Cautín | Pucón/ Curarrehue/ Villarrica | 53.000 |
| 18 | Nahuelbuta | Biobío/La Araucanía | Malleco / Arauco | Cañete/Angol /Purén/Los Sauces | 6.832 |
| 19 | Tolhuaca | La Araucanía | Malleco | Victoria/ Curacautín | 6.374 |
| 20 | Conguillío | La Araucanía | Cautín/Malleco | Melipeuco/Vilcún | 60.832 |

| Parques Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 21 | Alerce Costero | Los Ríos | Valdivia | Corral/La Unión | 13.975 |
| 22 | Puyehue | Los Ríos/Los Lagos | Valdivia/Osorno | Río Bueno/Lago Ranco/Puyehue/ Puerto Octay | 107.000 |
| 23 | Vicente Pérez Rosales | Los Lagos | Llanquihue | Puerto Varas | 253.780 |
| 24 | Alerce Andino | Los Lagos | Llanquihue | Puerto Montt | 39.255 |
| 25 | Chiloé | Los Lagos | Chiloé | Ancud/Dalcahue/ Castro/Chonchi | 42.568 |
| 26 | Hornopirén | Los Lagos | Palena | Hualaihué | 48.232 |
| 27 | Isla Guamplín | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 10.625 |
| 28 | Corcovado | Los Lagos | Palena | Chaitén | 293.986 |
| 29 | Laguna San Rafael | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén/General Carrera/Capitán Prat | Aysén/Río Ibáñez/Chile Chico/Cochrane/ Tortel | 1.742.000 |
| 30 | Queulat | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 154.093 |
| 31 | Isla Magdalena | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 157.616 |
| 32 | Bernardo O'Higgins | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo/Magallanes y Antártica Chilena | Capitán Prat/ U. Esperanza | Tortel/Natales/ O'Higgins | 3.525.901 |
| 33 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | U. Esperanza | Torres del Paine | 181.414 |
| 34 | Pali Aike | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | San Gregorio | 5.030 |
| 35 | Alberto de Agostini | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes/ Tierra del Fuego/ Antártica Chilena | Punta Arenas/ Timaukel/Cabo de Hornos | 1.460.000 |
| 36 | Cabo de Hornos | Magallanes y Antártica Chilena | Antártica | Cabo de Hornos | 63.093 |
| | | | | Total superficie (ha): | 9.140.330 |

## Tabla 6: Reservas Nacionales

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Las Vicuñas | Arica y Parinacota | Parinacota | Putre | 209.131 |
| 2 | Pampa del Tamarugal | Tarapacá | Iquique | Pozo Almonte/Huara | 100.650 |
| 3 | La Chimba | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 2.583 |
| 4 | Los Flamencos | Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | 73.987 |
| 5 | Pingüino de Humboldt | Coquimbo | Huasco/Elqui | Freirina/La Higuera | 859 |
| 6 | Las Chinchillas | Coquimbo | Choapa | Illapel | 4.229 |
| 7 | Río Blanco | Valparaíso | Los Andes | Las Andes | 10.175 |
| 8 | El Yali | Valparaíso | San Antonio | San Antonio | 520 |
| 9 | Río Clarillo | Metropolitana | Cordillera | Pirque | 10.185 |
| 10 | Río de los Cipreses | Bernardo O´Higgins | Cachapoal | Machalí | 36.882 |
| 11 | Roblería del Cobre de Loncha | Metropolitana | Melipilla | Alhué | 5.870 |
| 12 | Radal Siete Tazas | Maule | Curicó | Molina | 1.009 |
| 13 | Laguna Torca | Maule | Curicó | Vichuquén | 604 |
| 14 | Los Ruiles | Maule | Cauquenes | Chanco | 45 |
| 15 | Altos de Lircay | Maule | Talca | San Clemente | 12.163 |
| 16 | Los Queules | Maule | Cauquenes | Pelluhue | 147 |
| 17 | Bellotos del Melado | Maule | Linares | Colbún | 417 |
| 18 | Isla Mocha | Biobío | Arauco | Tirúa | 2.369 |
| 19 | Los Huemules de Niblinto | Biobío | Ñuble | Coihueco | 2.021 |
| 20 | Ralco | Biobío | Biobío | Sta. Bárbara | 12.421 |
| 21 | Altos de Pemehue | Biobío | Biobío | Quilaco | 18.856 |
| 22 | Nonguén | Biobío | Biobío | Concepción | 3.037 |
| 23 | Mocho-Choshuenco | Los Ríos | Valdivia | Panguipulli/Futrono | 7.537 |

| Reservas Nacionales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 24 | Futaleufú | Los Lagos | Palena | Futaleufú | 12.065 |
| 25 | Trapananda | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | 2.305 |
| 26 | Río Simpson | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | 41.621 |
| 27 | Lago Jeinimeni | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Gral. Carrera | Chile Chico | 161.100 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 732.788 |

## Tabla 7: Reservas Forestales

| Reservas Forestales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Lago Peñuelas | Valparaíso | Valparaíso | Valparaíso | 9.094 |
| 2 | Federico Albert | Maule | Cauquenes | Chanco | 145 |
| 3 | Ñuble | Biobío | Ñuble | Pinto | 55.948 |
| 4 | Alto Biobío | La Araucanía | Malleco | Lonquimay | 33.050 |
| 5 | Malalcahuello | La Araucanía | Malleco | Lonquimay | 12.789 |
| 6 | Nalcas | La Araucanía | Malleco | Lonquimay | 17.530 |
| 7 | Malleco | La Araucanía | Malleco | Collipulli | 16.625 |
| 8 | Villarrica | La Araucanía | Cautín | Pucón/Curarrehue | 72.462 |
| 9 | China Muerta | La Araucanía | Cautín | Melipeuco | 12.825 |
| 10 | Llanquihue | Los Lagos | Llanquihue | Puerto Montt | 33.972 |
| 11 | Lago Palena | Los Lagos | Palena | Palena | 49.415 |
| 12 | Lago Rosselot | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 12.725 |
| 13 | Las Guaitecas | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 1.097.975 |

| Reservas Forestales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 14 | Cerro Castillo | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | 179.550 |
| 15 | Coyhaique | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | 2.150 |
| 16 | Lago Carlota | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Lago Verde | 18.060 |
| 17 | Lago Las Torres | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Lago Verde | 16.516 |
| 18 | Katalalixar | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Cochrane | 674.500 |
| 19 | Lago Cochrane | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Cochrane | 8.361 |
| 20 | Alacalufes | Magallanes y Antártica Chilena | U. Esperanza | Natales | 2.313.875 |
| 21 | Laguna Parrillar | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Pta. Arenas | 18.814 |
| 22 | Magallanes | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Pta. Arenas | 13.500 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 4.669.881 |

## Tabla 8: Monumentos Naturales

| Monumentos Naturales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Salar de Surire | Arica y Parinacota | Parinacota | Putre | 11.298 |
| 2 | Quebrada de Cardones | Arica y Parinacota | Arica | Arica | 11.326 |
| 3 | La Portada | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 31 |
| 4 | Pichaca | Coquimbo | Limarí | Río Hurtado | 128 |
| 5 | Isla Cachagua | Valparaíso | Petorca | Zapallar | 4,5 |
| 6 | El Morado | Metropolitana | Cordillera | San José de Maipo | 3.009 |
| 7 | Contulmo | La Araucanía | Malleco | Purén | 82 |
| 8 | Cerro Ñielol | La Araucanía | Cautín | Temuco | 89 |
| 9 | Dos Lagunas | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | 181 |
| 10 | Cinco Hermanas | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | 228 |
| 11 | Cueva del Milodón | Magallanes y Antártica Chilena | Última Esperanza | Puerto Natales | 189 |
| 12 | Los Pingüinos | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 97 |
| 13 | Islotes de Puñihuil | Los Lagos | Chiloé | Castro | 9 |
| 14 | Lahuén Ñadi | Los Lagos | Llanquihue | Puerto Montt | 200 |
| 15 | Laguna de los Cisnes | Magallanes y Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Porvenir | 25 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 26.896 |

## Tabla 9: Santuarios de la Naturaleza

| Santuarios de la Naturaleza | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Humedal Desembocadura del Río Lluta | Arica y Parinacota | Arica | Arica | 30,6 |
| 2 | Quebrada de Chacarillas | Tarapacá | Iquique | Pica | 16.069,7 |
| 3 | Salar del Huasco | Tarapacá | Iquique | Pica | 9.950,0 |
| 4 | Cerro Dragón | Tarapacá | Iquique | Iquique | 337,5 |
| 5 | Valle de la Luna | Antofagasta | Loa | San Pedro de Atacama | 13.200,0 |
| 6 | Granito Orbicular | Atacama | Copiapó | Caldera | 2,3 |
| 7 | Laguna Conchalí | Coquimbo | Choapa | Los Vilos | 50,9 |
| 8 | Laguna El Peral | Valparaíso | San Antonio | El Tabo | 46,4 |
| 9 | Las Petras | Valparaíso | Valparaíso | Quintero | 42,0 |
| 10 | Acantilado Federico Santa María | Valparaíso | Valparaíso | Valparaíso | 295,5 |
| 11 | Dunas de Concón | Valparaíso | Valparaíso | Concón | 19,5 |
| 12 | Palmar El Salto | Valparaíso | Valparaíso | Viña del Mar | 328,0 |
| 13 | Islas Salas y Gómez-Islotes adyacentes a la Isla de Pascua | Valparaíso | Isla de Pascua | Isla de Pascua | 256,6 |
| 14 | Islotes Pájaros Niños | Valparaíso | San Antonio | Algarrobo | 4,5 |
| 15 | Isla Cachagua | Valparaíso | Petorca | Zapallar | 12,4 |
| 16 | Islote Peñón Peñablanca | Valparaíso | San Antonio | Algarrobo | 3,69 |
| 17 | Roca Oceánica | Valparaíso | Valparaíso | Concón | 0,8 |
| 18 | Serranía El Ciprés | Valparaíso | San Felipe | San Felipe | 1.114,8 |
| 19 | Yerba Loca | Metropolitana | Santiago | Lo Barnechea | 39,0 |
| 20 | Los Nogales | Metropolitana | Santiago | Lo Barnechea | 11.025 |
| 21 | Altos de Cantillana | Metropolitana | Melipilla | Comuna de Alhué y Melipilla | 2.743,0 |
| 22 | Las Torcazas de Pirque | Metropolitana | Cordillera | Pirque | 827,0 |

| Santuarios de la Naturaleza | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 23 | San Francisco de Lagunillas y Quillayal | Metropolitana | Cordillera | San José de Maipo | 13.426,0 |
| 24 | Cascada de las Ánimas | Metropolitana | Cordillera | San José de Maipo | 3.600,0 |
| 25 | Cerro El Roble | Metropolitana | Chacabuco | Tiltil | 998,6 |
| 26 | Laguna Torca | Maule | Curicó | Vichuquén | 186,0 |
| 27 | Alto Huemul | Maule | Curicó | San Fernando, Teno y Romeral | 35.000,0 |
| 28 | El Morrillo | Maule | Curicó | San Clemente | 1.100,0 |
| 29 | Rocas de Constitución | Maule | Curicó | Constitución | 108,4 |
| 30 | Humedal de Reloca | Maule | Cauquenes | Chanco | 394,0 |
| 31 | Península de Hualpén | Biobío | Concepción | Talcahuano | 2.644,40 |
| 32 | Río Cruces (Carlos Andwanter) | Los Ríos | Valdivia | Valdivia | 4.877,0 |
| 33 | Los Huemules de Niblinto | Biobío | Ñuble | Coihueco | 7.852,2 |
| 34 | Islote Lobería y Lobería Iglesia de Piedra de Cobquecura | Biobío | Ñuble | Cobquecura | 250,0 |
| 35 | Alerzales Potrero de Anay | Los Lagos | Chiloé | Dalcahue | 18.852,4 |
| 36 | Bosque Fósil Punta de Pelluco | Los Lagos | Palena y Llanquihue | Puerto Montt | 4,0 |
| 37 | Parque Pumalín | Los Lagos | Llanquihue | Comunas de Hualaihué, Chaitén y Cochamó | 288.689,0 |
| 38 | Capilla de Mármol | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | General Carrera | Río Ibáñez | 50,0 |
| 39 | Estero Quitralco | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | 17.600,0 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 452.031 |

## Tabla 10: Bienes Nacionales Protegidos

| Bienes Nacionales Protegidos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Quebrada de Chaca | Arica y Parinacota | Arica | Arica | 5,4 |
| 2 | Cerro Poconchile | Arica y Parinacota | Arica | Arica | 1.197,09 |
| 3 | Patache | Tarapacá | Iquique | Iquique | 1.114,40 |
| 4 | Salar del Huasco | Tarapacá | Iquique | Pica | 119.701,83 |
| 5 | Desembocadura del Río Loa | Tarapacá | Iquique y Tocopilla | Iquique y Tocopilla | 193,98 |
| 6 | Caserones | Tarapacá | Iquique | Huara | 60,00 |
| 7 | Península de Mejillones | Antofagasta | Antofagasta | Mejillones | 7.215,84 |
| 8 | Isla Santa María | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 85,86 |
| 9 | Laguna Lejía | Antofagasta | Loa | San Pedro de Atacama | 3.979,59 |
| 10 | Morro-Desembocadura del Río Copiapó | Atacama | Copiapó | Caldera | 8.052,27 |
| 11 | Quebrada Leones | Atacama | Copiapó | Caldera | 2.971,57 |
| 12 | Isla Grande de Atacama | Atacama | Copiapó | Caldera | 50,00 |
| 13 | Granito Orbicular | Atacama | Chañaral | Chañaral | 487,53 |
| 14 | Desierto Florido | Atacama | Copiapó | Copiapó | 38.905,67 |
| 15 | Isla Gaviota | Coquimbo | Elqui | La Higuera | 182 |
| 16 | Humedales de Tongoy | Coquimbo | Elqui | Coquimbo | 105,06 |
| 17 | Río Olivares | Metropolitana de Santiago | Cordillera | San José de Maipo | 34.400 |
| 18 | Laguna del Maule | Maule | Talca | San Clemente | 2.198,12 |
| 19 | Potrero Lo Aguirre | Maule | Talca | San Clemente | 460,28 |
| 20 | Humedales de Isla Raqui | Biobío | Arauco | Arauco | 349,95 |
| 21 | Ranchillo Alto | Biobío | Ñuble | Yungay | 561 |

| Bienes Nacionales Protegidos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 22 | Villa Las Araucarias | La Araucanía | Cautín | Carahue | 10,30 |
| 23 | Cerro Illi | Los Ríos | Lago Ranco | Lago Ranco | 1.715,04 |
| 24 | Pellaifa | Los Ríos | Valdivia | Panguipulli | 1.371,12 |
| 25 | Llancahue | Los Ríos | Valdivia | Valdivia | 1.277,03 |
| 26 | Valle El Frío | Los Lagos | Palena | Chaitén | 5.961,7 |
| 27 | Ventisquero | Los Lagos | Palena | Chaitén | 1.420,71 |
| 28 | Isla Quilán | Los Lagos | Chiloé | Quellón | 1.807,7 |
| 29 | Palena Costa | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 80.694,52 |
| 30 | Bahía Mala | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 7.307,19 |
| 31 | Lago Copa | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | 11.569,08 |
| 32 | Santa Lucía | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | O´Higgins | 9.324,36 |
| 33 | Laguna Vera | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | 3.228,67 |
| 34 | Ventisquero Montt | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Tortel | 10.338 |
| 35 | Laguna Caiquenes | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Tortel | 8.510 |
| 36 | Cerro Rosado | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | 1.843 |
| 37 | Río Azul | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | O´Higgins | 12.009 |
| 38 | Mosco | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | O´Higgins | 10.316,52 |

| Bienes Nacionales Protegidos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 39 | Nalcayec | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | 22.934,46 |
| 40 | Cerro San Lorenzo | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Cochrane | 19.400 |
| 41 | Rupert | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 46,93 |
| 42 | Batchelor | Magallanes y Antártica Chilena. | Magallanes | Punta Arenas | 24.124,43 |
| 43 | Isla Carlos III | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 6.482,19 |
| 44 | Omora | Magallanes y Antártica Chilena | Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 405,91 |
| 45 | Río Serrano-Milodón | Magallanes y Antártica Chilena | Última Esperanza | Natales y Torres del Paine | 44,30 |
| 46 | Río Robalo-Navarino | Magallanes y Antártica Chilena | Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 5.196,24 |
| 47 | Punta Sedger | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 14,52 |
| 48 | Cabo Froward | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 9.888,54 |
| 49 | Isla Madre de Dios | Magallanes y Antártica Chilena | Última Esperanza | Natales | 123.668,30 |
| 50 | Isla Diego Ramírez | Magallanes y Antártica Chilena | Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 79,17 |
| 51 | Humedal Tres Puentes | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 16,42 |
| 52 | Isla San Idelfonso | Magallanes y Antártica Chilena | Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 37,55 |
| 53 | Río Paralelo | Magallanes y Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Timaukel | 15.347 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 614.666,28 |

## Tabla 11: Sitios Ramsar

| Sitios Ramsar | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Salar de Surire | Arica-Parinacota | Parinacota | Putre | 15.858 |
| 2 | Salar de Huasco | Tarapacá | Iquique | Huara, La Unión | 6.000 |
| 3 | Salar de Tara | Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | 96.436 |
| 4 | Sistema Hidrológico de Soncor | Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | 67.133 |
| 5 | Salar de Pujsa | Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | 17.397 |
| 6 | Salar de Aguas Calientes | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 15.529 |
| 7 | Complejo Lacustre Laguna Francisco | Atacama | Copiapó | Copiapó-Tierra Amarilla | 62.460 |
| 8 | Laguna Conchalí | Coquimbo | Choapa | Los Vilos | 34 |
| 9 | Humedal El Yali | Valparaíso | San Antonio | Santo Domingo | 520 |
| 10 | Parque Andino Juncal | Valparaíso | Los Andes | Los Andes | 36.796 |
| 11 | Carlos Andwanter | Los Ríos | Valdivia | Valdivia | 4.877 |
| 12 | Bahía Lomas | Magallanes y Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Primavera | 58.946 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 381.986 |

| Sitios Ramsar Bajo Responsabilidad de CONAF | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sitio | Ubicación | Superficie hectáreas | Otra condición de protección | Tipo de Humedal |
| Salar de Surire | Región de Arica Parinacota, Provincia de Parinacota | 15.858 | Monumento natural | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos |
| Salar de Huasco | Región de Tarapacá, Provincia de Iquique | 6.000 | Parque Nacional | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos |
| Salar de Tara | Región de Antofagasta, Provincia del Loa | 96.436 | Reserva Nacional | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos |
| Sistema Hidrológico Soncor | Región de Antofagasta, Provincia del Loa | 67.133 | Reserva Nacional | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos. |
| Salar de Pujsa | Región de Antofagasta, Provincia del Loa | 17.397 | Reserva Nacional | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos |
| Aguas Calientes IV | Región de Antofagasta, Provincia del Loa | 15.529 | Ninguna | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos. |
| Laguna del Negro Francisco y laguna Santa Rosa | Región de Atacama, Provincia de Copiapó | 62.460 | Parque Nacional | Lagunas salobres permanentes asociadas a salares altiplánicos. |
| El Yali | Región de Valparaíso, Provincia de Valparaíso | 520 | Reserva Nacional | Lacustre, palustre, costero. Albuférico, cuerpos de agua naturales y artificiales. Salinas artificiales |
| Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter | Región de Los Ríos, Provincia de Valdivia | 4.877 | Santuario de la Naturaleza. Nominado en el registro de Montreux | Ribereño, léntico, perenne con bañados intermareales. |
| Bahía Lomas | Provincia de Magallanes Provincia de Tierra del Fuego | 58.946 | Ninguna | Marino-costero, con extensas planicies intermareales. |

| Sitios Ramsar Bajo Responsabilidad de CONAF | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sitio | Ubicación | Superficie hectáreas | Otra condición de protección | Tipo de Humedal |
| Laguna Conchalí | Región de Coquimbo Provincia de Choapa | 34 | Ninguna | Humedal costero de origen albuférico |
| Parque Andino Juncal | Región de Valparaíso, Provincia de Los Andes | 13,796 | Ninguna | Vegas, ríos, manantiales, esteros, flujos subsuperficiales de agua y glaciares, insertos en estepas altoandinas, de la zona de Matorral Mediterráneo |

## Tabla 12: Áreas Marino-Costeras Protegidas

| Áreas Marino-Costeras Protegidas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Isla Grande de Atacama | Atacama | Copiapó | Caldera | 3.839,0 |
| 2 | Las Cruces | Valparaíso | San Antonio | El Tabo | 14,5 |
| 3 | Isla de Pascua Parques Submarinos | Valparaíso | Isla de Pascua | Isla de Pascua | 182,85 |
| 4 | San Ignacio de Huinay | Los Lagos | Palena | Hualaihué | 212 |
| 5 | Lafken Mapu Lahual | Los Lagos | Osorno | Río Negro | 4.463,75 |
| 6 | Francisco Coloane | Magallanes y La Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 65.691 |
| | | | | Total Superficie (ha) | 74.403,1 |

## Tabla 13: Reservas Marinas

| Reservas Marinas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | La Rinconada | Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | 331,61 |
| 2 | Isla Chañaral | Atacama | Huasco | Freirina | 425 |
| 3 | Isla Choro-Damas | Coquimbo | Elqui | La Higuera | 2.500 |
| 4 | Pullinque | Los Lagos | Chiloé | Ancud | 740 |
| 5 | Putemún | Los Lagos | Chiloé | Castro | 751 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 4.747,71 |

## Tabla 14: Reservas de la Biosfera

| Reservas de la Biosfera | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Lauca | Arica y Parinacota | Provincia de Parinacota | Putre | 358.312 |
| 2 | Bosque Fray Jorge | Coquimbo | Provincia del Limarí | Ovalle | 9.959 |
| 3 | La Campana-Lago Peñuelas | Valparaíso | Provincia de Valparaíso, de Quillota y de Chacabuco | Olmué, Hijuelas y Valparaíso | 238.216 |
| 4 | Archipiélago Juan Fernández | Valparaíso | Provincia de Valparaíso | Juan Fernández | 9.967 |
| 5 | Las Araucarias | La Araucanía | Provincia de Malleco y de Cautín | Melipeuco, Vilcún y Lonquimay | 1.142.850 |
| 6 | Bosques Templados lluviosos | Los Ríos y Los Lagos | Los Ríos y Los Lagos | | 2.168.956 |
| 7 | San Rafael | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Provincia de Aysén | Aysén | 1.742.000 |
| 8 | Torres del Paine | Magallanes y Antártica Chilena | Provincia de Última Esperanza | Torres del Paine | 184.414 |
| 9 | Cabo de Hornos | Magallanes y Antártica Chilena | Provincia de la Antártica Chilena | Cabo de Hornos | 4.884.273 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 10.738.947 |

## Tabla 15: Reserva de la Biosfera asociada al SNASPE

| Reserva de Biosfera | Áreas Protegidas que la conforman | Sup. Áreas Protegidas (ha) | Sup. de la Reserva (ha) | Año nominación Reserva Biosfera |
|---|---|---|---|---|
| LAUCA | PN Lauca | 137.883 | 358.312 | 1981 |
| | RN Las Vicuñas | 209.131 | | |
| | MN Salar de Surire | 11.298 | | |
| BOSQUE FRAY JORGE | PN Fray Jorge | 9.845 | 9.845 | 1977 |
| LA CAMPANA-PEÑUELAS | PN La Campana | 8.000 | 238.216 | 1984 (2009: ampliada) |
| | RN Peñuelas | 9.095 | | |
| ARCH. JUAN FERNÁNDEZ | PN Juan Fernández | 9.967 | 9.967 | 1977 |
| ARAUCARIAS | PN Conguillío | 54.220 | 1.142.850 | 1983 (2010: ampliada) |
| | RN Alto Biobío | 30.009 | | |
| | PN Huerquehue | 24.050 | | |
| | PN Villarrica | 44.491 | | |
| | PN Tolhuaca | 6.474 | | |
| | RN Malleco | 12.113 | | |
| | RN Malalcahuello | 28.939 | | |
| | RN Villarrica | 55.102 | | |
| | RN Nalcas | 3.619 | | |
| | RN China Muerta | 12.606 | | |
| BOSQUES TEMPLADOS LLUVIOSOS DE LOS ANDES AUSTRALES | PN Villarrica | 16.728 | 2.168.956 | 2007 |
| | PN Puyehue | 107.000 | | |
| | PN V. Pérez Rosales | 253.780 | | |
| | PN Alerce Andino | 39.255 | | |
| | PN Hornopirén | 48.232 | | |
| | RN Mocho-Choshuenco | 7.536 | | |
| | RN Llanquihue | 33.972 | | |
| | RN Futaleufú | 12.065 | | |
| LAGUNA SAN RAFAEL | PN Laguna San Rafael | 1.742.000 | 1.742.000 | 1979 |

| Reserva de Biosfera | Áreas Protegidas que la conforman | Sup. Áreas Protegidas (ha) | Sup. de la Reserva (ha) | Año nominación Reserva Biosfera |
|---|---|---|---|---|
| TORRES DEL PAINE | PN Torres del Paine | 184.414 | 184.414 | 1978 |
| CABO DE HORNOS | PN Cabo de Hornos | 63.426 | 4.884.273 | 2005 |
| | PN Alberto de Agostini | 1.283.991 | | |
| Superficies totales | PN = 16 | 4.033.756 | 10.738.833 | |
| | RN = 11 | 414.187 | | |
| | MN = 1 | 11.298 | | |

## Tabla 16: Parques Marinos

| Parques Marinos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° | Nombre de la Unidad | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Francisco Coloane | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 67.147 |
| 2 | Motu Motiro Hiva | Valparaíso | Isla de Pascua | Isla de Pascua | 15.000.000 |
| Total Superficie (ha) | | | | | 15.067.147 |

## Tabla 17: Áreas Protegidas Privadas[1*]

| Áreas Protegidas Privadas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Nombre del predio | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 1 | Alto del Carmen | Atacama | Huasco | Alto del Carmen | 109.000 |
| 2 | El Asiento | Valparaíso | San Felipe | San Felipe | 1.000 |
| 3 | Reserva Ecológica Oasis | Valparaíso | Quillota | Hijuelas | 2.500 |
| 4 | Hacienda Lipangue | Metropolitana | Chacabuco | Lampa | 6.000 |
| 5 | Cascada de las Ánimas | Metropolitana | Cordillera | San José de Maipo | 3.600 |
| 6 | Alto de Cantillana | Metropolitana | Melipilla | San Pedro | 205.378 |
| 7 | Reserva San José de Pataguas | Bernardo O'Higgins | Cachapoal | San Vicente de Tagua Tagua | 7.350 |
| 8 | Casas de Peuco y Picarquin | Bernardo O'Higgins | Cachapoal | San Francisco | 3.000 |
| 9 | Fundo Rayenlemu y Fundo Huemul Alto | Bernardo O'Higgins | Cachapoal | San Fernando | 19.000 |
| 10 | El Morrillo | Maule | Talca | San Clemente | 1.000 |
| 11 | El Afligido | Maule | Talca | San Clemente | 3.000 |
| 12 | El Peñasco | Maule | Linares | Linares | 1.500 |
| 13 | San Manuel | Biobío | Ñuble | Yungay | 2.066 |
| 14 | Área Conservación del Huemul | Biobío | Ñuble | Coihueco | 13.000 |
| 15 | Peruco | Biobío | Biobío | Tucapel | 3.000 |
| 16 | Los Huemules del Niblinto | Biobío | Ñuble | Coihueco | 7.580,4 |
| 17 | Flor del Lago | La Araucanía | Cautín | Villarrica | 3.000 |
| 18 | Parque Forestal Futangue | Los Lagos | Valdivia | Lago Ranco | 11.500 |
| 19 | Tic Toc | Los Lagos | Palena | Chaitén | 8.000 |
| 20 | Corcovado | Los Lagos | Palena | Chaitén | 76.700 |
| 21 | Fundo Río Hualaihué, Lote 4 | Los Lagos | Palena | Huailahué | 1.200 |
| 22 | Fundo Trufún | Los Lagos | Osorno | San Juan de la Costa | 1.300 |

1 *Muestra representativa de las AP Privadas, con una superficie mayor o igual a 1.000 hectáreas.

| Áreas Protegidas Privadas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Nombre del predio | Región | Provincia | Comuna | Superficie (ha) |
| 23 | Hacienda Trinidad | Los Lagos | Osorno | San Juan de la Costa | 7.000 |
| 24 | Abeucapi | Los Lagos | Osorno | Osorno | 1.100 |
| 25 | San Pablo de Tregua | Los Lagos | Valdivia | Panguipulli | 2.184 |
| 26 | Manquemapu | Los Lagos | Osorno | Purranque | 2.000 |
| 27 | Milagro/Benigro | Los Lagos | Osorno | San Juan de la Costa | 15.000 |
| 28 | Pucatrihue | Los Lagos | Osorno | San Juan de la Costa | 5.000 |
| 29 | Parque del Estuario | Los Lagos | Cochamó | Factoría | 1.505 |
| 30 | Reserva Costera Valdivia | Los Lagos | Valdivia | Valdivia | 59.700 |
| 31 | Parque Tepuhueico | Los Lagos | Chiloé | Castro | 20.000 |
| 32 | Reservas Chiloé | Los Lagos | Chiloé | Castro | 140.000 |
| 33 | Reserva Ecológica Huilo Huilo | Los Lagos | Valdivia | Panguipulli | 60.000 |
| 34 | Parque Pumalín | Los Lagos | Chaitén y Hualaihué | Chile Chico | 25.800 |
| 35 | Parque Pumalín | Los Lagos | Chaitén y Hualaihué | Chile Chico | 241.700 |
| 36 | Parque Pumalín | Los Lagos | Chaitén y Hualaihué | Chile Chico | 38.122 |
| 37 | Biodiversidad Caunahue | Los Lagos | Valdivia | Futrono | 7.500 |
| 38 | Isla Magdalena | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Aysén | Cisne | 2.555 |
| 39 | Chacabuco | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | Capitán Prat | Cochrane | 69.000 |
| 40 | Las Brisas | Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo | General Carrera | Chile Chico | 1.547 |
| 41 | Cabo León | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | 26.000 |
| 42 | Kurukinka | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Tierra del Fuego | 270.000 |
| 43 | Yendegaia | Magallanes y Antártica Chilena | Magallanes | Tierra del Fuego | 40.000 |
| Superficie (ha) | | | | | 1.525.387,4 |

## Tabla 18: Desafectaciones en Parques Nacionales

| Decreto de Creación Modificado | | | | | Decreto de Desafectación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Fundamento o Consideración |
| P.N. Volcán Isluga | 4 | 03.01.67 | Agricultura | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 97 | 21.03.85 | Bienes Nacionales | Artículo 21°, D.L. 1.939 de 1977 | Concentrar esfuerzos de protección en superficie menor. El decreto alude también al Decreto N° 277 del Ministerio de Agricultura de fecha 14.08.70, que modificó en virtud de la Ley de Bosques los deslindes del decreto N° 4. |
| P.N. Archipiélago de Juan Fernández | 103 | 16.01.35 | Tierras y Colonización | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 399 | 30.06.83 | Agricultura | Artículo 21°, D.L. 1.939 de 1977 | Desafecta área urbana no ajustada a objetivos de parque nacional. El Decreto alude por error al Decreto 104 en vez del 103. |
| P.N. Archipiélago de Juan Fernández | 103 | 16.01.35 | Tierras y Colonización | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 799 | 30.12.83 | Bienes Nacionales | Artículo 21° y 56°, D.L. 1.939 de 1977 | Destinación de terreno para Aeródromo Róbinson Crusoe. |
| P.N. Archipiélago de Juan Fernández | 103 | 16.01.35 | Tierras y Colonización | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 606 | 16.08.89 | Bienes Nacionales | Artículo 21° y 56°, D.L. 1.939 de 1977 | Permitir expansión urbana, proyectos turísticos e incremento y mejoramiento de instalaciones y servicios para la población. |
| P.N. Rapa Nui | 148 | 18.03.66 | Agricultura | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 213 | 21.07.76 | Agricultura | D.S. N° 531 de 1967. D.S (Convención Washington) y N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques). | Modifica deslindes y cambia nombre a "Parque Nacional Rapa Nui". No señala nueva superficie para determinar si deslindes significaron también desafectación de parte. |



Folio Nº 2304

| Decreto de Creación Modificado | | | | | Decreto de Desafectación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Fundamento o Consideración |
| P.N. Rapa Nui | 285 | 03.06.66 | Agricultura | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 213 | 21.07.76 | Agricultura | D.S. N° 531 de 1967. D.S (Convención Washington) y N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques). | Ídem anterior. |
| P.N. Rapa Nui | 520 | 25.10.68 | Agricultura | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 213 | 21.07.76 | Agricultura | D.S. N° 531 de 1967. D.S (Convención Washington) y N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques). | Ídem anterior. |
| P.N. Rapa Nui | 213 | 21.07.76 | Agricultura | D.S. N° 531 de 1967. D.S (Convención Washington) y N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques). | 781 | 21.12.83 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Excluye terrenos asignados a parceleros y explotados por años, incompatibles a Parque Nacional. |
| P.N. Rapa Nui | 781 | 21.12.83 | Bienes Nacionales | Decretos 148 de 1966, 285 de 1966, 520 de 1968 y 213 de 1976. | 72 | 20.03.95 | Bienes Nacionales | | Excluye terrenos asignados a parceleros y explotados por años, incompatibles a Parque Nacional y prever la posible expansión de la población. |
| P.N. Rapa Nui | 72 | 20.03.95 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 701 de 1977 | 9 | 19.01.00 | Bienes Nacionales | D.L. 1.939 de 1977 | Asignar tierras al cuidado y explotación de la comunidad Rapa Nui. |
| P.N. Nahuelbuta | 677 | 02.04.51 | Tierras y Colonización | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 185 | 13.04.81 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Desconexión ecosistémica. |
| P.N. Villarrica | 2236 | 20.11.40 | Tierras y Colonización | Artículo 10°, D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 398 | 30.06.86 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Razones de interés nacional no especificadas. |

Folio Nº 2305

| Decreto de Creación Modificado | | | | | Decreto de Desafectación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Fundamento o Consideración |
| P.N. Puyehue | 338 | 27.12.50 | Tierras y Colonización | Artículo 10°, D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 71 | 15.02.80 | Tierras y Colonización | No menciona. Se supone Artículo 10°, D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) en virtud del cual se crea al Parque Nacional | Terrenos de dominio privado denominados "Colonia Agrícola Rupanco". |
| P.N. Puyehue | 71 | 15.02.80 | Tierras y Colonización | No señala. Se supone Artículo 10°, D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) en virtud del cual se crea al Parque Nacional | 445 | 15.08.81 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Terrenos de dominio particular. |
| P.N. Vicente Pérez Rosales | 338 | 27.02.50 | Tierras y Colonización | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 30 | 14.01.82 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Zona deforestada, presencia especies exóticas, ganado vacuno y complejo lechero. |
| P.N. Laguna San Rafael | 396 | 27.10.70 | | Artículo 10° y 11° del D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 737 | 23.11.83 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Existencia en la parte suroccidental de comunidades mejor representadas en otras zonas del Parque Nacional. |
| P.N. Rosselot | 524 | 31.10.68 | Agricultura | No fue encontrado. Se supone Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 dada su mención en el artículo 1° del Decreto 640 de desafectación, el cual a su vez lo señala en sus Vistos | 640 | 13.10.83 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | Terrenos degradados por acción antrópica y fauna exótica. |



Folio Nº 2306

| Decreto de Creación Modificado | | | | | Decreto de Desafectación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Decreto | Fecha | Ministerio | Disposición de Base | Fundamento o Consideración |
| P.N. Río Simpson | 322 | 01.06.67 | Agricultura | Artículo 10° y 11° del D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | 285 | 20.08.70 | Agricultura | D.S. N° 4.343 de 1931 (Ley de Bosques) | No establece fundamento de desafectación. |
| P.N. Bernardo O'Higgins | 135 | 24.04.85 | Bienes Nacionales | Artículo 21° del D.L. 1.939 de 1977 | 392 | 14.06.89 | Bienes Nacionales | D.L. 1.939 de 1977 | Excluir terrenos ocupados por viviendas de Villa Puerto Edén. |

Fuente: Corporación Nacional Forestal, Gerencia Técnica (2010).

Folio Nº 2307

Folio Nº 2309

**IUCN supports dark skies for nature conservation**

David Welch, Chair, IUCN Dark Skies Advisory Group
dsag.iucn@gmail.com

While the movement to restore and protect skies from light pollution equates broadly with the world of astronomy, some ecologists and natural resource managers have been concerned about it for over a decade. The first park to have received dark sky recognition dates to 1999, when the Royal Astronomical Society of Canada accorded dark sky preserve status to Torrance Barrens Conservation Reserve, a protected area under the jurisdiction of the Ontario Ministry of Natural Resources. This spurred dark sky advocates to organize the Ecology of the Night Symposium in 2003, at which ecologists, aboriginal elders, health specialists, land managers and astronomers joined their voices tp acknowledge the impacts of light pollution, and the synergy that could come from uniting several disciplines to achieve a common objective.

Since then, the International Dark Sky Association has awarded many natural areas with dark sky status. Other astronomy-based organizations have done likewise, and a couple of protected areas have self-declared as dark sky parks through legislation. Follow the link to the "World list of dark sky parks" on this web site < dsag.darkskyparks.org > to see a list of the thirty-seven currently known dark sky parks and reserves. There is also a growing body of scientific literature on the impacts of light pollution on species and ecological relationships. This emerging awareness and management response by park agencies led the International Union for Conservation of Nature (IUCN) to establish a Dark Skies Advisory Group in 2009.

The IUCN was founded in 1948 as the world's first global environmental organization, and is now the largest professional global conservation network. With more than 1,200 member organizations, including over 200 government and over 900 non-government organizations, it is the world's leading authority on the environment and sustainable development. It may be best known as the organization behind the so-called "red-book" which lists threatened and endangered species. It also compiles information on protected areas, holds quadrennial world congresses on conservation and on parks, provides scientific and management advice, and coordinates capacity building opportunities for its members. In September 2012 it held the World Conservation Congress in South Korea. DSAG took this opportunity to present to the general assembly a motion on light pollution and nature conservation. Here it is in full.

- "Given that species and ecosystems function night and day, and that artificial light can interfere with organism and ecosystem functions;
- Understanding that the appreciation of cultural heritage sites in their authentic state, the enjoyment of landscape aesthetics, and a true wilderness experience may be diminished by outdoor artificial light, glare and sky glow;
- Recognizing that astronomy, both scientific and amateur, and night sky viewing by the general public are essential contributions to understanding and enjoying our natural world;
- Being aware that cultural traditions, mythology and ceremony throughout the world bear a close relationship to night sky phenomena; and
- Noting that energy efficiency, human health and personal safety are all enhanced by the use of proper lighting and diminished by excess lighting;

The World Conservation Congress, at its session in Jeju, Republic of Korea, 6–15 September 2012:

1 Calls upon environmental and natural resource management agencies to recognize that outdoor artificial light should be subject to effective standards in order to help restore and/or maintain the ecological integrity of natural areas and the commemorative integrity of cultural sites, to respect traditional beliefs related to the night sky, and to protect species and ecosystems everywhere;
2 Suggests that urban and non-urban infrastructure management authorities regulate and control outdoor lighting in the areas under their jurisdiction so as to achieve just the right amount, spectrum and timing of outdoor lighting necessary for public use and safety;
3 Encourages natural area managers and non-governmental organizations to promote awareness of dark sky values and the need for and methods of reducing outdoor artificial light;
4 Recommends that universities, science-funding agencies, and scientific institutions foster and support research into the nocturnal aspects of biological and ecological function;
5 Urges protected area management authorities to develop visitor activities that lead to public appreciation and understanding of nocturnal ecology and the night sky; and
6 Recommends that protected area and other conservation agencies seek out opportunities to cooperate with scientific and amateur astronomy organizations and aboriginal peoples on optimum outdoor lighting design, darkness monitoring, delivery of visitor activities, and outreach related to the night sky, the nocturnal aspects of ecosystems and the importance of the night sky to traditional cultures."

You can also find this in English, French and Spanish at < http://portals.iucn.org/2012motions/ >. At the time of writing the motion is number 173, although this may change. The motion was sponsored by the InterEnvironment Institute, USA, and co-sponsored by: Asociación Española de Entomología, Spain; Goncol Alapitvany (Foundation), Hungary; Parks Canada Agency; Sierra Club, USA; and Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica. It was passed by 100% of the government agencies present and 98% of the non-government agencies present voting in favour.

These recommendations suggest courses of action for the protection of species and natural areas. They also recognize the affinity between natural and cultural heritage values and sites. As well, they advise that the astronomy community need not, and should not, go it alone when calling for light pollution abatement and the establishment of dark sky protected areas. At the end of the day, visitors to parks and reserves should be able to enjoy seeing unspoiled nature, authentic cultural heritage and a clear night sky, and, if not there to see them directly, to have the vicarious pleasure of knowing that such things exist. Please do your part by circulating this information to your colleagues interested in dark skies. Thank you.

**CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA**
DIVISIÓN JURÍDICA

P3-16898

REF. Nº: 204.618/2013

**SOBRE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE PESCA EXTRACTIVA Y DE ACUICULTURA EN ÁREAS MARINAS COSTERAS PROTEGIDAS DE MÚLTIPLES USOS.**

RMR/ROP

SANTIAGO, 27.NOV 2013.077778

Se han dirigido a esta Contraloría General, en una presentación conjunta, los Subsecretarios del Medio Ambiente y de Pesca y Acuicultura, solicitando un pronunciamiento respecto de si las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos -en adelante, AMCP-MU-, forman parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado -en lo sucesivo, SNASPE-. Lo anterior con la finalidad de determinar si corresponde aplicar en estas zonas la prohibición de realizar actividades de pesca extractiva y de acuicultura, conforme a lo dispuesto en el artículo 158 de la ley N° 18.892.

De acuerdo a la opinión que sustentan, de la ley N° 19.300 se desprende que las AMCP-MU no forman parte del SNASPE. Agregan que el propósito de dichas áreas es tanto conciliar principios de conservación del patrimonio ambiental, preservación de la naturaleza y protección del medio ambiente como promover la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo sustentable de actividades, sin prohibir ninguna ex ante, por lo que el referido artículo 158 no se les aplicaría.

Requerido su informe, el Servicio de Evaluación Ambiental señala que si bien no tiene competencia para pronunciarse respecto de las categorías que constituyen el SNASPE, mediante el oficio Ord. D.E. N° 130.844, de 2013, que acompaña, se manifestó respecto de las áreas colocadas bajo la protección oficial y aquellas protegidas para efectos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

A su vez, la Corporación Nacional Forestal, en adelante CONAF, hace presente que si bien la ley N° 18.362 -que menciona las categorías que integran el SNASPE-, no ha entrado en vigencia, el legislador le ha asignado recursos para la administración coordinada de las áreas protegidas puestas bajo su tuición, entendiendo que estas forman parte de aquel. Agrega que la ley N° 19.300 considera también como parte del sistema a los parques marinos y reservas marinas, sin que las AMCP-MU se encuentren consideradas en él.

Por último, la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas expone que ese servicio, desde el año 1999, ha afectado seis espacios costeros marinos, calificándolos como áreas marinas y costeras protegidas, fundándose principalmente en el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste, y en las facultades de administración del borde costero que tiene el Ministerio de Defensa Nacional en virtud del decreto con fuerza de ley N° 340, de 1960, del Ministerio de Hacienda. Indica que dichas zonas fueron decretadas en cumplimiento de objetivos específicos de conservación, por lo que la posibilidad de amparar actividades de pesca o acuicultura como parte de los diversos usos a

**AL SEÑOR**
**SUBSECRETARIO DEL MEDIO AMBIENTE**
**PRESENTE**

que pueden destinarse estos espacios debe estar autorizada en el plan de manejo y reservarse a un sector específico de ellas.

Sobre el particular, el artículo 158 ya aludido establece que las zonas lacustres, fluviales y marítimas que formen parte del SNASPE, quedarán excluidas de toda actividad pesquera extractiva y de acuicultura, agregando su inciso segundo que no obstante, en las zonas marítimas que formen parte de reservas nacionales y forestales podrán realizarse este tipo de actividades. En tanto, su inciso tercero prescribe que previa autorización de los organismos competentes, podrá permitirse el uso de porciones terrestres que formen parte de dichas reservas, para complementar las actividades marítimas de acuicultura.

De esa norma se desprende que como regla general están prohibidas las actividades que se indican en las porciones de agua -sean zonas lacustres, fluviales o marítimas- que integren el SNASPE. No obstante, por excepción, estas pueden ser autorizadas si se realizan en zonas marítimas que formen parte de reservas nacionales y forestales (aplica criterio de los dictámenes N$^{os}$ 28.757, de 2007, y 38.429, de 2013).

Pues bien, a fin de determinar si las ACMP-MU forman parte del SNASPE, es que cabe tener presente que mediante el decreto N° 827, de 1995, del Ministerio de Relaciones Exteriores, se promulgó el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste, en virtud del cual los Estados contratantes se comprometieron a establecer áreas bajo su protección, en la forma de parques, reservas, santuarios de fauna y flora u otras categorías de áreas protegidas.

De acuerdo a lo informado por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, dando cumplimiento a ese pacto internacional, el Ministerio de Defensa Nacional declaró áreas marinas y costeras protegidas a distintos bienes nacionales de uso público en el borde costero, señalando expresamente en los decretos que las crean, que el objeto es colocar bajo protección oficial dichos sectores a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

En este contexto es que a través de la ley N° 20.417, que modificó la ley N° 19.300, la legislación interna da reconocimiento a este tipo de área protegida. Así, el artículo 70 de la referida ley N° 19.300 prevé en su letra b) que corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza, y supervisar el manejo de las áreas protegidas de propiedad privada, y en su letra c) que dicho ministerio deberá proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos.

Por su parte, la letra c) del artículo 71, establece que será función del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad proponer al Presidente de la República la creación de las Áreas Protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza y de las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos.

Como puede advertirse, la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente al hacer referencia a las AMCP-MU, tanto

en lo relativo a las competencias del Ministerio del Medio Ambiente, como a las atribuciones del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, le da un tratamiento distinto de aquel dado al SNASPE, de lo que se desprende que el legislador considera que dichas áreas tienen una categoría distinta de éste.

A mayor abundamiento, aparece de la historia del establecimiento de la ley N° 20.417 que en las AMCP-MU es posible desarrollar actividades compatibles con la conservación, señalándose durante la discusión del citado artículo 70, que la intención no fue crear un conflicto entre la mencionada facultad del Ministerio de Medio Ambiente y los organismos sectoriales encargados del tema productivo, precisando la ministra de la época que "no se pretende otorgar una competencia prioritaria al Ministerio para formular las políticas de resguardo de las áreas marinas costeras donde se realizan innumerables actividades, razón por la cual se denominan de 'múltiples usos'" (Informe de la Comisión de Recursos Naturales. Cámara de Diputados. Fecha 01 de abril de 2009. Cuenta en Sesión 20, Legislatura 357).

En virtud de lo expuesto, atendido que el citado artículo 158 se limita a las zonas marinas, lacustres y fluviales que integren el SNASPE, y al hecho que las AMCP-MU no forman parte de él, cabe concluir que a las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos no se les aplica la prohibición que contempla dicha disposición.

No obstante, es necesario efectuar la prevención en orden a que en las AMCP-MU, la ejecución de las actividades indicadas sólo podrá admitirse en la medida que sean compatibles con los fines de conservación ambiental que se consideraron para declararlas bajo protección estatal.

Transcríbase a las Subsecretarías de Pesca y Acuicultura y para las Fuerzas Armadas, a la Corporación Nacional Forestal y al Servicio de Evaluación Ambiental.

Saluda atentamente a Ud.,

PATRICIA ARRIAGADA VILLOUTA
Contralor General de la República
Subrogante

Folio Nº 2315
ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/305720851

# Artificial night lighting and protected lands: ecological effects and management approaches

**Technical Report** · May 2016

CITATIONS
13

READS
2,946

**2 authors**, including:

Travis Longcore
University of California, Los Angeles

**111** PUBLICATIONS **3,404** CITATIONS

SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**

Urban Biodiversity Assessment: Baldwin Hills Biota Update View project

Historical ecology of the Tijuana River Valley View project

All content following this page was uploaded by Travis Longcore on 29 July 2016.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Folio Nº 2316

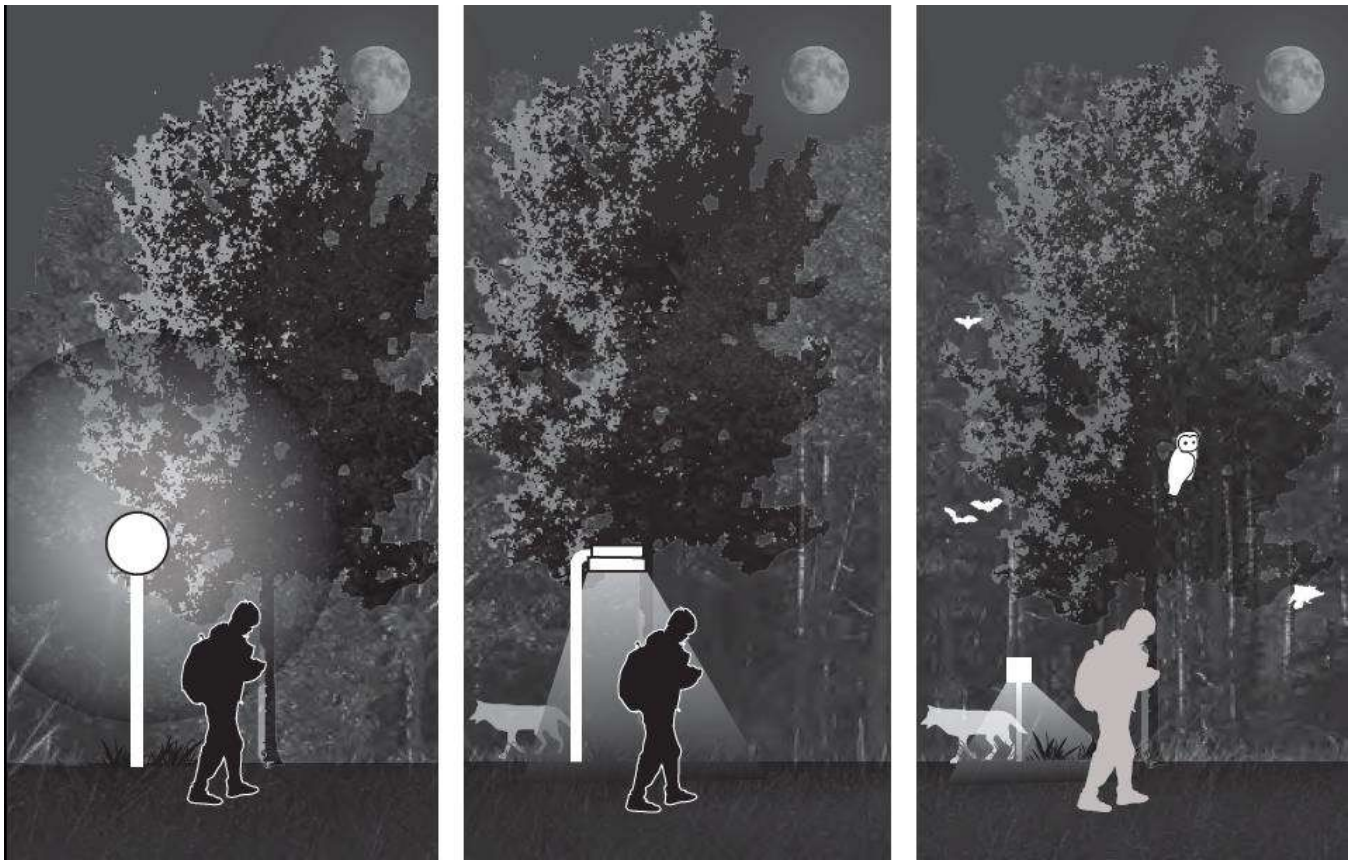
National Park Service
U.S. Department of the Interior

Natural Resource Stewardship and Science

# Artificial Night Lighting and Protected Lands

## *Ecological Effects and Management Approaches*

Natural Resource Report NPS/NRSS/NSNS/NRR—2016/1213



The Urban Wildlands Group

USC School of Architecture

USC Dornsife
Dana and David Dornsife College of Letters, Arts and Sciences

**ON THE COVER**
Example of controlling light direction to reduce environmental consequences
Illustration by Leigha DelBusso

Folio Nº 2318

# Artificial Night Lighting and Protected Lands

## *Ecological Effects and Management Approaches*

Natural Resource Report NPS/NRSS/NSNS/NRR—2016/1213

Travis Longcore[1,2,3] and Catherine Rich[1] with illustrations by Leigha DelBusso[2]

[1] The Urban Wildlands Group
P.O. Box 24020
Los Angeles, CA 90024

[2] School of Architecture
University of Southern California
Los Angeles, CA 90089

[3] Spatial Sciences Institute
Dornsife College of Letters, Arts and Sciences
University of Southern California
Los Angeles, CA 90089

May 2016

U.S. Department of the Interior
National Park Service
Natural Resource Stewardship and Science
Fort Collins, Colorado

The National Park Service, Natural Resource Stewardship and Science office in Fort Collins, Colorado, publishes a range of reports that address natural resource topics. These reports are of interest and applicability to a broad audience in the National Park Service and others in natural resource management, including scientists, conservation and environmental constituencies, and the public.

The Natural Resource Report Series is used to disseminate comprehensive information and analysis about natural resources and related topics concerning lands managed by the National Park Service. The series supports the advancement of science, informed decision-making, and the achievement of the National Park Service mission. The series also provides a forum for presenting more lengthy results that may not be accepted by publications with page limitations.

All manuscripts in the series receive the appropriate level of peer review to ensure that the information is scientifically credible, technically accurate, appropriately written for the intended audience, and designed and published in a professional manner.

This report received formal peer review by subject-matter experts who were not directly involved in the collection, analysis, or reporting of the data, and whose background and expertise put them on par technically and scientifically with the authors of the information.

Views, statements, findings, conclusions, recommendations, and data in this report do not necessarily reflect views and policies of the National Park Service, U.S. Department of the Interior. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use by the U.S. Government.

This report is available in digital format from the Natural Resource Publications Management website (http://www.nature.nps.gov/publications/nrpm/). To receive this report in a format optimized for screen readers, please email irma@nps.gov.

Please cite this publication as:

Longcore, T., and C. Rich. 2016. Artificial night lighting and protected lands: Ecological effects and management approaches. Natural Resource Report NPS/NRSS/NSNS/NRR—2016/1213. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

NPS 999/132629, May 2016

# Contents

Page

Figures ..... v

Executive Summary ..... ix

Acknowledgments ..... xi

Introduction ..... 1

Effects of Artificial Night Lighting on Natural Ecosystems ..... 1

- Natural patterns of light and dark ..... 1
- Coastal dunes, beaches, and shorelines ..... 5
- Deserts and scrublands ..... 7
- Wetlands and rivers ..... 8
- Islands, oceans, and reefs ..... 11
- Grasslands ..... 13
- Deciduous and evergreen forests ..... 15
- Alpine and tundra habitats ..... 16
- Urban environments ..... 18

Mitigating the Effects of Lighting on Protected Lands ..... 20

- Approaches to minimize lighting impacts ..... 20
  - Need ..... 20
  - Spectrum ..... 21
  - Intensity ..... 26
  - Direction ..... 26
  - Duration ..... 28
- Lighting situations ..... 30
  - Communication towers ..... 31
  - Night hiking and mountain biking ..... 31
  - Campsite lighting ..... 31
  - Off-road vehicles ..... 32
  - Monuments ..... 32
  - Light-assisted fishing ..... 32

## Contents (continued)

Page

Security lighting ..... 33

Bridges ..... 33

Roadway lighting ..... 33

Energy production installations ..... 35

Indoor lighting ..... 36

Lighthouses ..... 36

Billboards ..... 36

Literature Cited ..... 39

# Figures

Page

**Figure 1.** Natural horizontal illumination during the day, sunset, and at night (Beier 2006) ..... 2

**Figure 2.** Relative sensitivity to light across the visual spectrum for honeybees (Menzel and Greggers 1985), moths (Cleve 1964), and human photopic vision (CIE 1932). ..... 3

**Figure 3.** Proportion of major animal groups that are nocturnal. Area of markers is proportional to the number of species known in the group ..... 4

**Figure 4.** Beach environments are vulnerable to the effects of anthropogenic light because of their open nature. ..... 5

**Figure 5.** Lights in desert scrublands are visible for long distances and night lighting affects a disproportionate fraction of the wildlife because high daytime temperatures induce nocturnal activity patterns. ..... 8

**Figure 6.** Lights along rivers and streams can disrupt predator–prey interactions, such as seals hunting salmon under lights. ..... 9

**Figure 7.** Light in wetlands can suppress diel vertical migration of zooplankton and influence foraging behavior of amphibians. ..... 10

**Figure 8.** Two tadpoles of the same age and kept in 12:12 L:D lighting. ..... 11

**Figure 9.** Cruise ships and squid boats are just two of the sources of artificial lighting on the oceans that attract seabirds and migrating songbirds. ..... 12

**Figure 10.** Grasslands are vulnerable to disruption from even distant lights because of their open character. ..... 14

**Figure 11.** Illumination in deciduous forest (Buchanan 2006). ..... 15

**Figure 12.** Species of the deciduous forest are adapted to the lower light levels found under the canopy ..... 16

**Figure 13.** Alpine habitats can be affected by distant lights and those from recreational and industrial facilities. ..... 17

**Figure 14.** Predator–prey interactions are affected by artificial lights during long nights on the tundra. ..... 18

**Figure 15.** Cities are affected by altered light environments, which are exploited by synanthropic species such as crows and some bat species. ..... 19

**Figure 16.** A pale-colored path can be just as effective as electric lights in some park situations. ..... 21

**Figure 17.** Yellow light that does not contain blue or ultraviolet wavelengths attracts far fewer insects. ..... 22

## Figures (continued)

Page

**Figure 18.** Green lighting designed to minimize attraction of birds developed by Philips. Shell is using these lights on an oil platform in Alaska and Philips is adding the lights to its regular catalog ..... 23

**Figure 19.** Green lights have been investigated for use on offshore structures and shown to be less attractive to birds. ..... 24

**Figure 20.** Red light does not disrupt dark-adapted vision and is therefore appropriate for campsites and locations used for astronomical observation. ..... 25

**Figure 21.** Illumination of a stairway at a campground by two low-intensity red bulbs instead of by a bright white spotlight (Wagner et al. undated). ..... 25

**Figure 22.** The more focused light can be on its target, the less it will affect other species. ..... 27

**Figure 23.** Embedded lights allow wayfinding with minimal intensity and good directional control. ..... 27

**Figure 24.** A full cutoff shield being installed on an existing light on the lodge at Yellowstone National Park ..... 28

**Figure 25.** Motion- and heat-detecting lights provide illumination only when it is needed. ..... 29

**Figure 26.** Timed lights may affect species negatively during the transitional period of dusk, but may reduce impacts later at night. ..... 30

**Figure 27.** Embedded roadway lighting. These LED lights installed in the pavement are not visible to sea turtles nesting on the adjacent beach and are well received by motorists and pedestrians (Bertolotti and Salmon 2005) ..... 35

Two natural forms of light at night — from the moon and bioluminescent plankton — contrast with coastal urban lighting in New Jersey, United States. Artificial lighting dramatically changes the intensity and spectrum of light available at night and homogenizes the nocturnal visual environment over space and time. Photograph by Flickr user catalano82 is reproduced with permission.

## Executive Summary

Artificial night lighting represents a growing challenge for managers of parks and protected lands. The disruption of natural patterns of light and dark, which have been more or less reliable for millions of years, has a range of adverse consequences for wildlife across taxonomic groups and landscape types. This document reviews effects of artificial night lighting by habitat type and discusses the approaches available to land managers to mitigate and avoid certain adverse effects of artificial night lighting.

*Coastal dunes, beaches, and shorelines* are a transition zone between terrestrial and aquatic habitats. They often contain gradients of lighting influence from developed shorelines to darker lakes and oceans. Sea turtles are prominent victims of these disrupted lighting regimes. The foraging decisions of many other species are influenced by lighting conditions, embodying tradeoffs between predation risk and dietary needs.

*Deserts and scrublands* are open habitats with few barriers to light transmission. They are also often hot in the day, with large proportions of nocturnal and crepuscular species avoiding thermal stress. Many nocturnal desert species prefer low illumination levels and have good visual performance under the faint light of the darkest nights.

*Wetlands and rivers* are often dark spots surrounded by lights, especially when close to human settlement. Movement of species into and out of wetlands and streams is influenced by lights, as is the movement of animals, such as fishes or aquatic invertebrates, up and down rivers and streams. Downwelling light mediates most predator–prey interactions in the water column. Changing light levels cause predators and prey to change depth. Small prey species are influenced by the phase of the moon, and lighting can degrade conditions favorable to successful foraging. Emerging research demonstrates that lighting influences the developmental rates of wetland organisms such as amphibians.

*Islands, oceans, and reefs* are increasingly influenced by lights from onshore sources, hydrocarbon extraction platforms, fishing vessels, and all manner of ships. Downwelling light is also a dominant factor in structuring ecosystem processes in marine water columns, and many organisms are sensitive to extremely small changes in light levels. Extensive vertical migrations are driven by changes in surface illumination. Changes in surface lighting can have effects hundreds of meters below the surface. Lighting will alter reproduction and predator–prey interactions, and can attract organisms across wide areas.

*Grasslands* are also open habitats with few barriers to block lights. Research shows influence of lighting on nesting behavior of birds, distribution of predators, and signaling by bioluminescent organisms such as fireflies.

*Deciduous and evergreen forests* can block light and reduce its influence, but also contain communities of forest floor species adapted to lighting levels much dimmer than in exposed habitats. Therefore even low levels of light can influence foraging times or timing of reproductive activity.

*Alpine and tundra habitats* are well represented in protected lands. Many species have annual rhythms designed to avoid the harsh winter that are potentially disrupted by lighting cues. In alpine habitats, the slope of the land potentially exposes habitats to direct glare from downslope sources in addition to light reflected in the atmosphere.

Finally, *urban environments* have many artificial light sources, but still can support significant biodiversity in the form of both resident and migratory species. Migratory birds are attracted to lighted structures at night and collide with windows during the day. Some bat species are attracted to insects found under city lights, while others avoid them.

Mitigation of adverse effects of anthropogenic light in these different habitats is guided in five ways:

1. Need. Creative solutions are often available to avoid use of lights where they are not absolutely necessary. Especially in natural areas, managers should exercise discretion in limiting the lighting infrastructure.
2. Spectrum. Although no color of light is benign in all situations, managers should avoid lights that have ultraviolet or blue light (shorter wavelengths) and in general use lights with red and yellow hues.
3. Intensity. Reducing the intensity of lights can often improve visibility for humans by reducing the contrast between light and shadow, allowing people to see a larger area than they might otherwise be able to discern. Guidelines for lighting intensity from the lighting industry should not be followed when trying to reduce impacts to wildlife, because they are usually higher than necessary for human vision and do not take into account impacts to wildlife.
4. Direction. Lights should be shielded such that they only cast light where it is needed, and never be directed upwards.
5. Duration. Timers and motion detectors can reduce the time a light is on and may therefore reduce impacts. Curfew hours for lights can also enhance visitor experience.

In this report, many lighting situations are considered, including communication towers, night hiking and mountain biking, campsite lighting, off-road vehicles, monuments, light-assisted fishing, security lighting, bridges, roadway lighting, energy production installations, indoor lighting, lighthouses, and billboards. With careful planning and collaboration, usually with nearby jurisdictions, managers of parks and other protected lands can be leaders in the control of light pollution and increase enjoyment of natural lands from inner city parks to wilderness areas.

## Acknowledgments

This research was funded by the National Park Service Night Skies Program through a cooperative agreement with The Urban Wildlands Group. Illustrations were funded by the University of Southern California School of Architecture's Graduate Research Scholar Program. We thank Chad Moore, Kurt Fristrup, Jeremy White, Jim Von Haden, and three anonymous reviewers for constructive and insightful comments. We furthermore thank Karen Treviño and acknowledge the Natural Sounds and Night Skies Division for its support.

# Introduction

Americans have long recognized that parks and protected lands can provide opportunities to see and enjoy the solitude of unspoiled nature, where the natural rhythms of life are allowed to flourish with minimal influence from humans. Managers of parks and protected lands balance the need to provide visitor facilities with the impacts of such infrastructure on the environment. Although night lighting may be a requirement for visitors in some circumstances, scientific research has documented a range of adverse consequences of night lighting on ecosystems and wildlife. The effects of lighting on species and ecosystems can be reduced, and in some instances avoided altogether. This report provides examples of assessing the impacts of night lighting on wildlife, and presents options to retrofit and design lighting that minimize impacts to wildlife and the nocturnal environment.

Extensive outdoor (and indoor) electric lighting is a recent phenomenon. Thomas Edison commercialized the electric light bulb in the late 1880s, and outdoor use was largely limited to cities until well into the 1900s. Electric lights were introduced in city centers as replacements for gas lamps in the late 1880s, with lethal effects on wildlife. Nearly 1,000 migratory birds were killed in collisions after being attracted to an electric light tower in Decatur, Illinois in 1886 (Gastman 1886). Significant outdoor lighting spread with the rural electrification programs of the 1930s and 1940s. More recently, other significant sources of outdoor lighting have spread across large swaths of the globe, primarily through illumination of human settlements and associated transportation infrastructure. Other sources of artificial night lighting have proliferated as well. Lighting associated with oil and gas development illuminates large terrestrial and offshore regions. Similarly, light-assisted fishing operations illuminate oceans in many regions and oceangoing freighters and passenger ships introduce mobile light sources along oceanic routes. Together, these and other light sources introduce novel lighting conditions that have no historical precedent in natural ecosystems. Natural patterns of darkness are lost or endangered globally (Bennie et al. 2015, Duffy et al. 2015, Marcantonio et al. 2015).

This document is divided into two sections. The first section reviews the effects of artificial night lighting on major habitat types. No single solution can mitigate all adverse effects of artificial night lighting. We therefore attempt to generalize the concerns that typify each biome. The second section provides recommendations for management approaches to minimize impacts from lighting. We address the characteristics of lights in terms of need, spectrum, intensity, direction, and duration, with reference to biomes in which each method of control would be applicable. This discussion addresses common lighting applications — roadways, parking, and walkways — as well as specialized situations like night hiking and mountain biking, vanity lighting, communication towers, and light-assisted fishing.

# Effects of Artificial Night Lighting on Natural Ecosystems

### Natural patterns of light and dark

In the natural world, sources of light are either very predictable or notably ephemeral. The dominant and structuring source of light is the sun, through daylight and the reflected light of moonlight.

Patterns and intensity of sunlight and moonlight vary with geographic location, weather, and time, but they have certain predictable characteristics. For example, the daily, monthly, and seasonal patterns of moonlight and sunlight incident upon the Earth's atmosphere are only rarely interrupted (e.g., by a solar eclipse). Once the sun has set, the brightest possible constant light source is a full moon until the sun rises again (**Figure 1**). The length of the night varies by season and latitude and these patterns are, in the timescale of biological activity, fixed. Weather influences illumination during the day, and does not, with the exception of lightning, increase nocturnal illumination. Fires, lightning, bioluminescence, starlight, airglow, and zodiacal light contribute to nighttime illumination under natural conditions, and these transient sources are brief, rare, or dim in comparison with sunlight and moonlight.

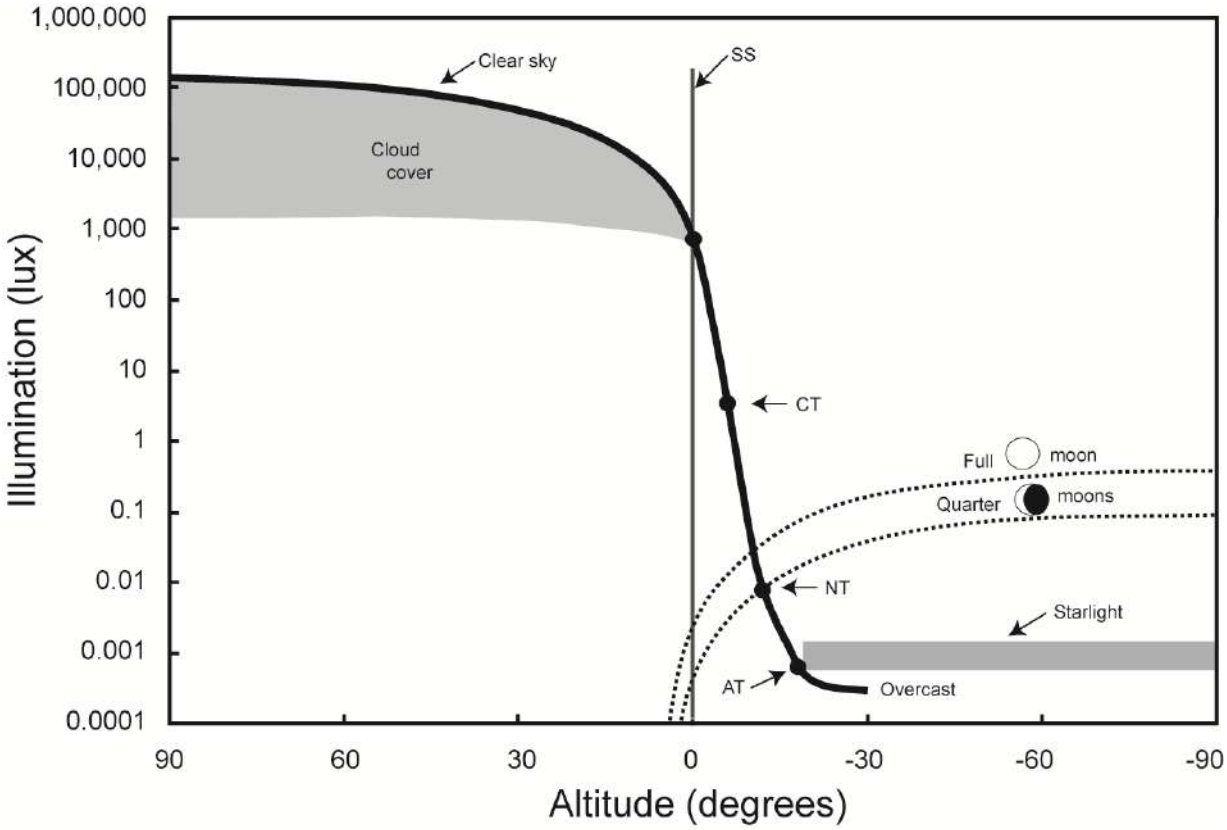



**Figure 1.** Natural horizontal illumination during the day, sunset, and at night (Beier 2006). Horizontal illumination on the y-axis; x-axis shows altitude above the horizon for the sun and moon. SS = sunset, CT = civil twilight, NT = nautical twilight, AT = astronomical twilight. Modified with permission from Beier (2006).

Light falling on a surface is often measured in lux, a unit of illuminance that sums electromagnetic energy after filtering in accordance with the daytime (photopic) sensitivity of the human eye. Light emitted from a source is often measured in lumens, a unit of luminance that also accounts for the photopic spectral sensitivity of the human eye. Measurements of lux and lumens place more weight on wavelengths to which the human eye responds most strongly, and less on those wavelengths to which the human eye is less sensitive. Similar measurements can be customized for the optic spectral

sensitivities of different species by re-weighting the calculations to emphasize different wavelengths of light (Gal et al. 1999 and **Figure 2**).

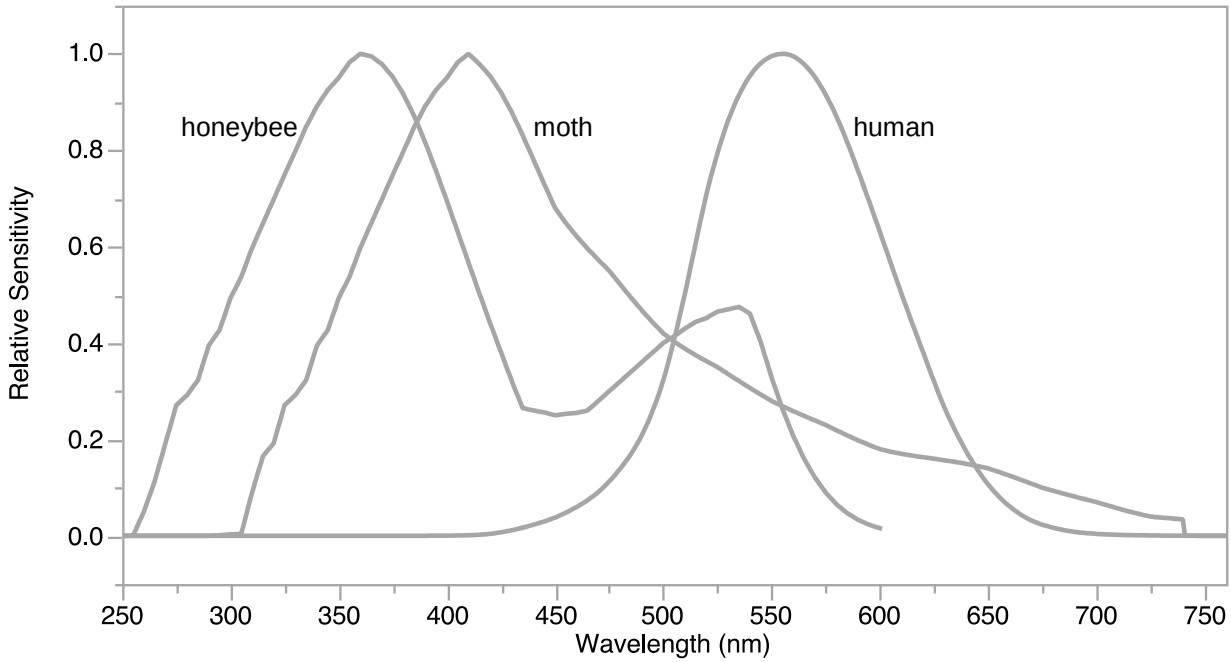



**Figure 2.** Relative sensitivity to light across the visual spectrum for honeybees (Menzel and Greggers 1985), moths (Cleve 1964), and human photopic vision (CIE 1932).

Outdoor illumination during the day ranges from 100,000 lux in full sunlight to 1,000 lux on a cloudy day (**Figure 1**). Dusk and dawn are transitions into and out of much darker conditions. These transitions are also characterized by predictable changes in the relative intensities of the wavelengths of light. As dusk falls, blue light increases, especially when the moon is new or not present. With moonlight, this blue pulse is diminished or absent and moonlight itself is red-shifted relative to sunlight (Sweeney et al. 2011). Both airglow and zodiacal light also contain more red light than daylight. Variations in illuminance and color trigger many behavioral and physiological processes (Sweeney et al. 2011, Walmsley et al. 2015). Circadian, circannual, and circalunar rhythms are linked to the predictable changes in the light environment. Light triggers can be at different illuminations depending on the environment. What is extraordinarily dim in one environment may be bright in another. For example, the illumination at which activity takes place on a forest floor is on average dimmer than illumination levels triggering the same activity for similar organisms in open grassland. Illumination that is within the natural range of variation on a beach may be far brighter than anything experienced at night at ground level in a dense forest.

Life evolved with predictable daily, monthly, and seasonal patterns of light and dark, and these patterns underlie the natural rhythms of nearly all living organisms. Artificial night lighting has long been known to affect these patterns. Nocturnal species, which represent the majority of some major taxonomic groups (**Figure 3**), are obviously vulnerable, as are diurnal or crepuscular species whose behavioral niches can be distorted by lighting. Concern about adverse effects of lighting dates to

descriptions of the “destruction” of birds at lighthouses in the late 1800s (Allen 1880) and even the first electric urban lighting (Kumlien 1888). Mortality of hatchling sea turtles at lights was identified as a conservation issue in the 1960s (McFarlane 1963). Verheijen coined the term *photopollution* in 1985 (Verheijen 1985), which was followed by Ken Frank’s classic review of the effects of lighting on moths (Frank 1988), and a series of unpublished reports (Outen 1998), conference proceedings (Schmiedel 2001), and research reports from Europe (De Molenaar et al. 2000, Kolligs 2000). In 2004, we described *ecological light pollution* as “artificial light that alters the natural patterns of light and dark in ecosystems” (Longcore and Rich 2004).

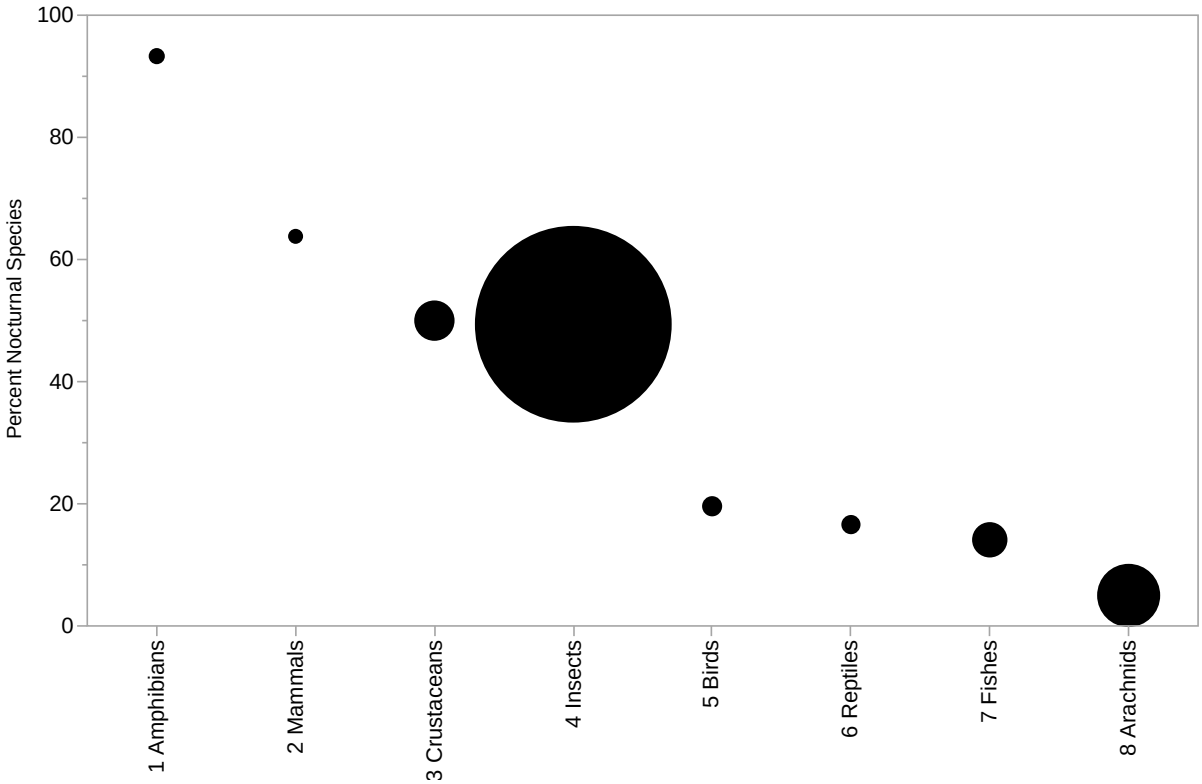



**Figure 3.** Proportion of major animal groups that are nocturnal. Area of markers is proportional to the number of species known in the group. Data from Hölker et al. (2010).

The disruptions caused by artificial night lighting occur whenever the natural patterns of light and dark are changed. This means that very low lighting levels (far below that of the full moon) can have important effects.

Reviews of the effects of artificial night lighting on different taxonomic groups can be found in Rich and Longcore (2006). Resource managers dealing with questions about specific groups of organisms should consult this source, which contains chapters on mammals, birds, reptiles and amphibians, fishes, invertebrates, and plants. Taxonomically specific information is essential to devise lighting systems that minimize impacts on sensitive species when lighting is necessary. Sensitive species should be identified relative to a specific area and might include both those species that have a formal designation as being threatened or endangered or any species of concern that would be sensitive to

changes in nocturnal illumination. Nocturnal, crepuscular, and diurnal species can be affected by nighttime lighting conditions.

In the sections that follow, we present short reviews of the effects of artificial night lighting in different habitat types.

### Coastal dunes, beaches, and shorelines

Coastal dunes and beaches are generally open environments with low vegetation adapted to moving sand (**Figure 4**). Dunes present unique environmental conditions that are often quite distinct from their surroundings, and they are often populated by endemic species that thrive in these unique conditions. Coastal endemic species are often a focus of management concern because of the development pressure on coastal ecosystems in the United States (Schlacher et al. 2007a). Dunes are also ecological transition zones between land and water; light from development in coastal dunes illuminates adjacent water bodies, and animals such as turtles move from water to land to nest. Shorelines are essential for organisms such as amphibians and aquatic insects that have biphasic life cycles.

**Figure 4.** Beach environments are vulnerable to the effects of anthropogenic light because of their open nature. Hatchling sea turtles are easily disoriented by onshore lights or sky glow and patterns of nocturnal foraging by shorebirds are also affected.

On a beach or coast under natural conditions, the view toward the land is almost always darker than the view toward the water. This is a function of landward vegetation and topography blocking light

from the sky (Salmon 2006), in addition to moonlight and starlight reflected off the water. Organisms can use this pattern for orientation. Artificial lighting on the shore or from cities and other coastal development can reverse the natural conditions; the landward horizon becomes brighter, while the water is darker (Salmon 2006).

Stray light and sky glow from coastal development spread across and into many dune and shoreline environments. As in many environments, nocturnal activity near shorelines is significant (Salmon 2006). Beaches and coasts also regularly experience foggy and high-aerosol conditions, which scatter light and thereby amplify the local effects of lights (Kyba et al. 2011).

Artificial lighting has adverse consequences for sea turtles because the darkest horizon is no longer the landward horizon. Indeed, the lethal effects of lights on sea turtles have led to increased awareness of the adverse effects of artificial night lighting in general. Female sea turtles avoid illuminated beaches as nest sites, and hatchings are fatally affected by lights visible from beaches (Salmon 2003, 2006). This phenomenon was first recorded by MacFarlane (1963), and aversion of females to lights was confirmed experimentally by Witherington (1992). Habitat degradation by lights is caused both by lights adjacent to dunes and beaches and by regional sky glow (Salmon 2006).

As a general rule, additional light — whether moonlight or anthropogenic light — increases foraging efficiency of predators and reduces activity of prey (Longcore and Rich 2004, Rich and Longcore 2006, Seligmann et al. 2007). This phenomenon has been shown many times in different habitats. On dunes, Bird et al. (2004) investigated the effects of lighting on foraging behavior of beach mice. Bird et al. (2004) used low-pressure sodium lights and yellow incandescent “bug” lights, which are commonly employed on beaches in Florida because they have limited effects on sea turtle hatchlings. They found that foraging by beach mice was significantly decreased in proximity to both types of turtle-friendly lights. Similar behavior by prey species has been shown for both natural and anthropogenic light. For example, ghost crabs are active only at night, and avoid activity under both the full moon (Schlacher et al. 2007b) and artificial light (Christoffers 1986). The exception to this pattern is that prey species that flock or school together can be aided by additional light that facilitates communal vigilance (Nightingale et al. 2006).

Effects from lights on beaches and shorelines may also affect aquatic ecosystems. For example, lights affect the predator–prey dynamics of fishes and marine mammals (Hobson 1965, Hobson et al. 1981, Yurk and Trites 2000, Nightingale et al. 2006).

Shorebirds sometimes forage at night (Dugan 1981, Burger and Gochfeld 1991, Rohweder and Baverstock 1996). Various explanations have been proposed: as a defense against predation (Robert et al. 1989, McNeil et al. 1992, Thibault and McNeil 1994), as a result of slightly higher invertebrate activity on beaches at night (Dugan 1981, Evans 1987), and as a response to visual cues that are available due to higher levels of natural or anthropogenic light (Dwyer et al. 2012). Predator defenses of shorebirds are different during the night compared with the day; in an observational study, some proportion of Dunlins freeze and limit vocalizations as a defense at night while all individuals in a

flock fly away in response to predators during the day (Mouritsen 1992). Owls are the major nocturnal predator of shorebirds and are aided by additional light when foraging (Clarke 1983). Timing of foraging by shorebirds, therefore, probably depends on tradeoffs between risks of becoming prey with ability to detect their own prey. Whether birds are flocking and have sufficient light for the associated communal predator vigilance probably also interacts with these factors.

Artificial night lighting on dunes and beaches can therefore have a variety of effects on species. Predator–prey relations are disrupted and key reproductive behaviors can be inhibited. Beaches and dunes also provide a gateway to adjacent water bodies, which have no barriers to block the propagation of light. Because there is usually less anthropogenic light at beaches and on shorelines than in surrounding urban or suburban areas, park visitors often use beaches and dunes to gaze at the night sky. Beaches and dunes should be kept as free from the influence of artificial lights as possible, with special attention paid to ensuring that any lights installed are absolutely necessary and that no lights are directly visible from the beach and points offshore.

### Deserts and scrublands

Deserts and scrublands are open habitats with few barriers to the spread of light (**Figure 5**). Many animal species in hot deserts and scrublands adopt nocturnal behaviors to conserve water and avoid daytime temperature maxima. This shift to nocturnal activity may increase seasonally with higher temperature (Kronfeld-Schor and Dayan 2008). Consequently, artificial night lighting has the potential to change the ecology of these environments by disrupting the natural patterns of light and dark relied upon by a large proportion of fauna.

Desert animals can have narrow preferences for illumination levels. These preferences may be related to foraging opportunities, predation risk, or physiological requirements. For example, *Leucorchestris arenicola*, a trapdoor spider endemic to the Namib Desert, exhibits exclusively nocturnal activity patterns (Nørgaard et al. 2006). Males are active only during dark moonless nights, when they are able to navigate hundreds of meters across dune environments using only faint ambient light from stars, airglow, and zodiacal light (Nørgaard et al. 2006). For a species such as this, addition of illumination from any source in its habitat would eliminate its preferred habitat conditions.

Desert rodents also exhibit specific illumination preferences to manage their risk of becoming prey (Grigione and Mrykalo 2004, Beier 2006). Some species are active at twilight, others after twilight, and some during the darkest periods of moonless nights (Grigione and Mrykalo 2004, Upham and Hafner 2013). Anthropogenic light can disrupt these patterns; even the light from a camp lantern equivalent to a quarter moon (~$10^{-2}$ lux) was sufficient to substantially inhibit foraging by a suite of rodent species (Kotler 1984). Those species vulnerable to this disruption lack other predator avoidance abilities such as exceptional hearing (Kotler 1984, Kotler 1985). Because many desert animals exhibit circalunar patterns in their activities, especially predaceous arthropods such as scorpions (Skutelsky 1996, Tigar and Osborne 1999) and granivorous small mammals (Price et al. 1984, Daly et al. 1992, Upham and Hafner 2013), it follows that any artificial light that produces light equivalent to even a quarter moon can alter these patterns.

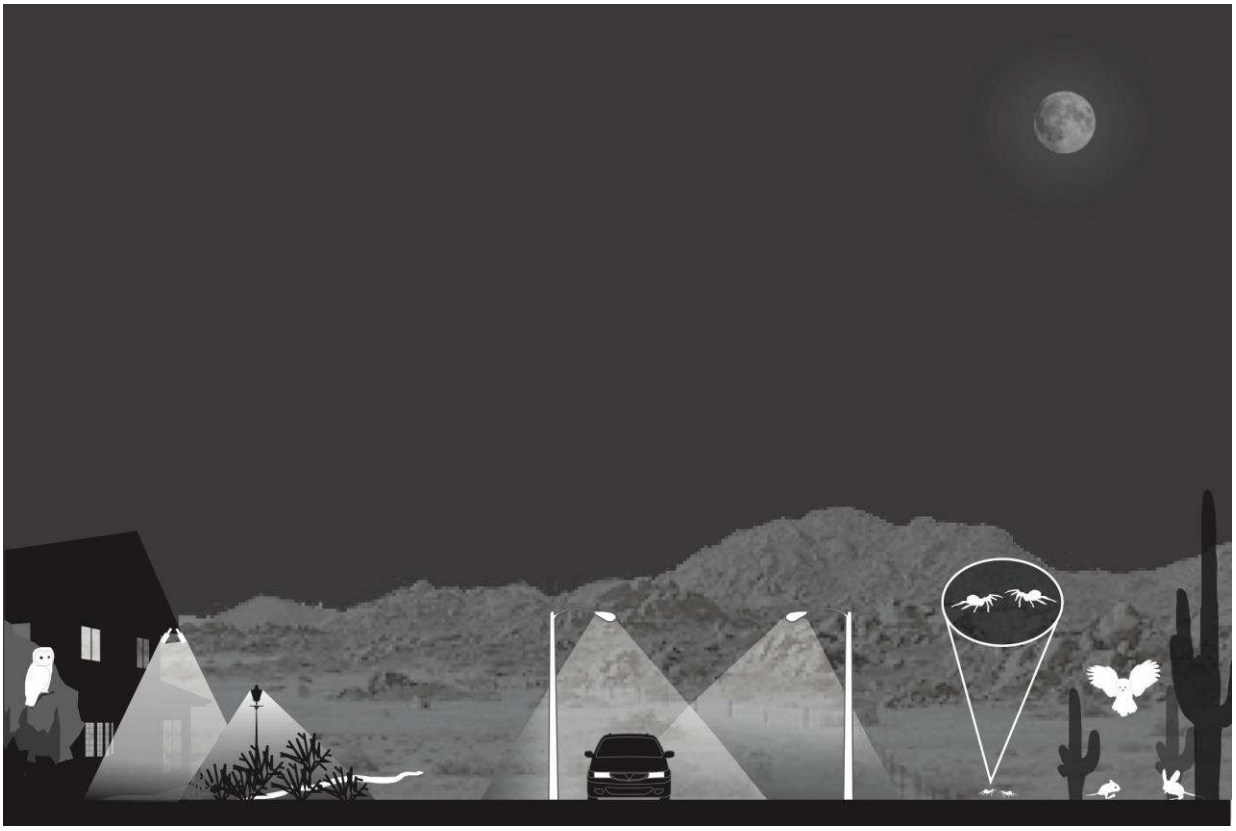


**Figure 5.** Lights in desert scrublands are visible for long distances and night lighting affects a disproportionate fraction of the wildlife because high daytime temperatures induce nocturnal activity patterns.

Scrubland environments share many characteristics with deserts, especially in Mediterranean climates. A disproportionate number of species is nocturnal at high temperatures, and the open vegetation structure of drier scrublands allows for light to propagate for unusually long distances.

Perry and Fisher (2006) describe the decline of nocturnal snake species in the scrublands of southern California. Long-nosed snake (*Rhinocheilus lecontei*), a nocturnal species, showed a pattern of decline consistent with the gradient of light pollution as estimated by satellite imagery (Fisher and Case, unpub. data). Otherwise suitable scrub habitats, which supported other diurnal species of snakes, lacked long-nosed snakes. The authors hypothesized that decreases in numbers of the snake's small-mammal prey, also associated with light pollution, were responsible for the decline (Perry and Fisher 2006).

### Wetlands and rivers

In some places, wetlands and lakes are the last refuges of a natural night on the landscape (**Figure 6**). The difficulty of developing wetlands often leaves them as the only remaining unlighted sites in urban and suburban regions. Many aquatic organisms depend on daily cycles of light and dark and artificial lights disrupt critical behaviors in many species (Moore et al. 2006, Perkin et al. 2011, Henn et al. 2014).

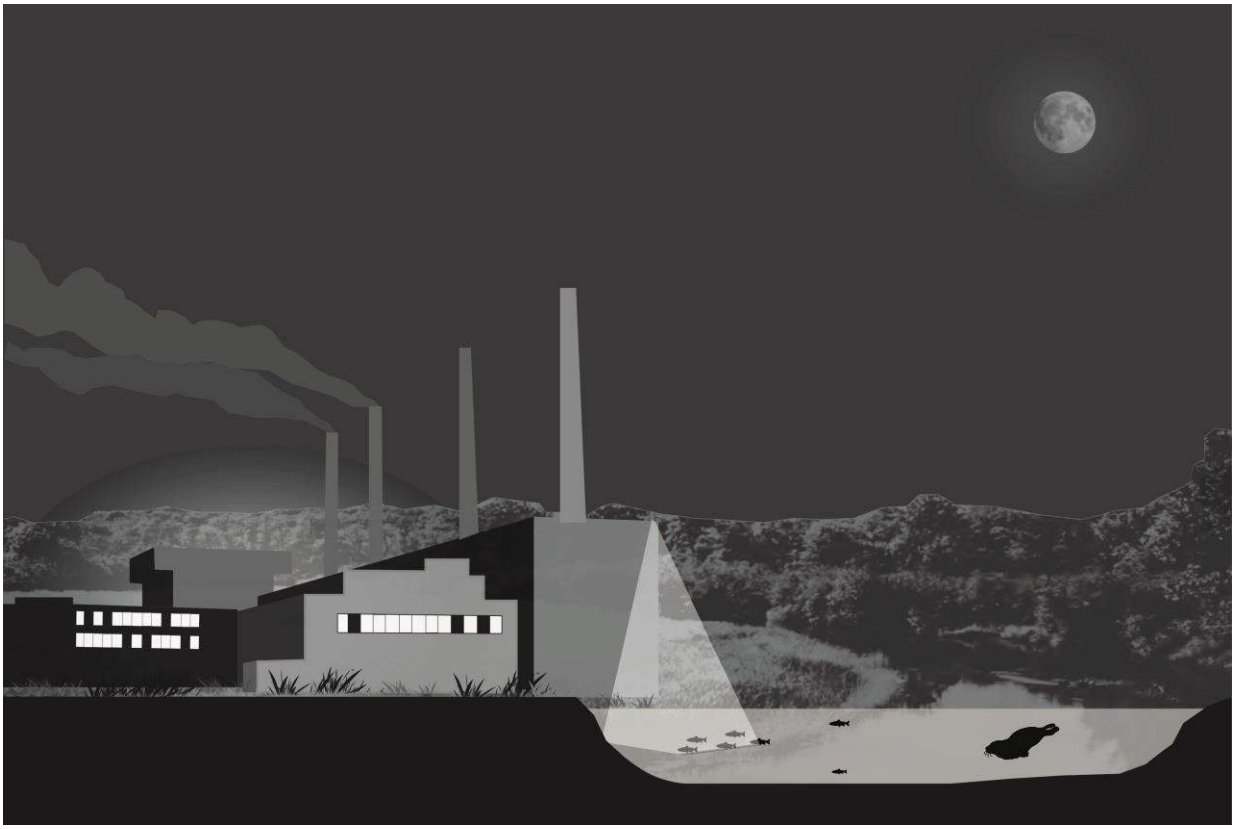


**Figure 6.** Lights along rivers and streams can disrupt predator–prey interactions, such as seals hunting salmon under lights.

Wetlands are often geographically fragmented, occurring as isolated patches or as linear features stretching across the landscape. Linear features are susceptible to disturbances such as artificial night lighting because they have a high edge-to-area ratio. They also tend to induce development along their edges, which leads to lighting from urban development on either side. Similarly, small wetlands are especially vulnerable to disturbances from their surroundings.

Aquatic invertebrates are important components of wetland ecosystems and provide an example of the sensitivity of wetlands to lighting levels (**Figure 7**). Many aquatic invertebrates migrate up and down in wetlands during the course of a night and day. This "diel vertical migration" presumably results from a need to avoid predation during lighted conditions so many zooplankton forage near water surfaces only during dark conditions. Light dimmer than that of a half moon ($<10^{-1}$ lux) is sufficient to influence the vertical distribution of aquatic invertebrates, and indeed diel vertical migration follows a lunar cycle. When constant light from human development is added to the natural nocturnal illumination of the moon and stars, the darkest conditions are never experienced, and the magnitude of diel migrations (both range of vertical movement and number of individuals migrating) is decreased, which has been shown experimentally for *Daphnia* (Moore et al. 2000). Disruption of diel vertical migration by artificial lighting may have significant detrimental effects on ecosystem health. Moore et al. (2000) conclude that "[decreases in] vertical migration of lake grazers may contribute to enhanced concentrations of algae in both urban lakes and coastal waters. This

condition, in turn, often results in deterioration of water quality (i.e. low dissolved oxygen, toxicity, and odor problems).”

**Figure 7.** Light in wetlands can suppress diel vertical migration of zooplankton and influence foraging behavior of amphibians.

Amphibians found in nearshore and wetland habitats also are particularly vulnerable to artificial lighting. Amphibians are highly sensitive to light and can perceive increases in illumination that are impossible for humans to detect (Hailman and Jaeger 1976). A rapid increase in illumination causes a temporary reduction in visual acuity, from which the recovery time may be minutes to hours (Buchanan 1993, Buchanan 2006). In this manner, a simple flash of headlights can arrest activity of a frog for hours (Perry et al. 2008). Amphibians are also sensitive to changes in ambient illumination from sky glow. Frogs in an experimental enclosure ceased mating activity during night football games when lights from a nearby stadium increased sky glow (Buchanan 2006). In an experiment to investigate the effects of intermittent artificial light, male green frogs called less and moved more when exposed to the light of a handheld flashlight (Baker and Richardson 2006).

In naturally lit environments, some amphibians will forage only at extremely low light levels, and foraging times are partitioned among species with different lighting level preferences (Jaeger and Hailman 1976). The squirrel tree frog (*Hyla squirrela*) orients and forages at lighting levels as low as $10^{-6}$ lux and stops foraging at illumination above $10^{-3}$ lux (Buchanan 1998). The western toad (*Bufo*

*boreas*) forages only at illuminations between $10^{-1}$ and $10^{-5}$ lux, while the tailed frog (*Ascaphus truei*) forages only during the darkest part of the night below $10^{-5}$ lux (Hailman 1984).

Laboratory experiments indicate that the development of amphibians is influenced by artificial light (Wise and Buchanan 2006, Wise 2007). Light interferes with the production of the hormone melatonin, which is involved in regulating many important functions, including sexual development, thermoregulation, adaptation of eyes to the dark, and skin coloration (Wise and Buchanan 2006, Wise 2007). Current research shows that artificial lighting slows larval amphibian development in the laboratory (**Figure 8**). The influence of artificial lighting on such physiological processes in the field is currently not well known, but the potential for lighting to harm amphibians and other wetland species is evident.

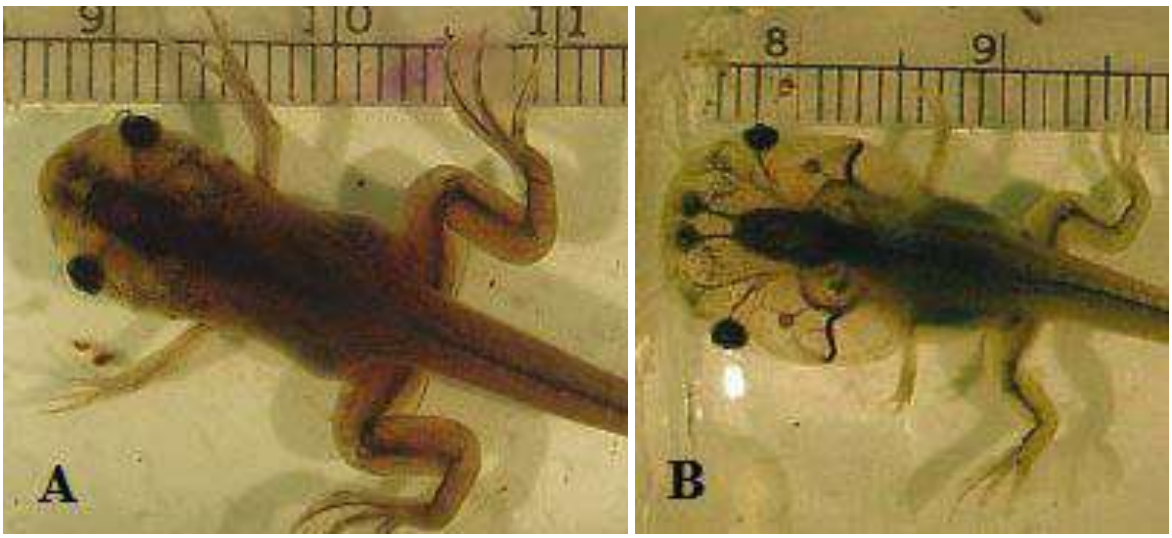



**Figure 8.** Two tadpoles of the same age and kept in 12:12 L:D lighting. (A) was kept in the equivalent of very dark night ($10^{-4}$ lux) in the dark phase, while (B) was exposed to artificially bright illumination in the dark phase and is not yet metamorphosing (reprinted from Wise 2007).

Fishes are also highly attuned to natural ambient light conditions, with lighting levels influencing the distribution of predaceous species and the foraging behavior of their prey (Nightingale et al. 2006, Becker et al. 2013). Laboratory experiments have shown that the timing of downstream migration of salmon (*Salmo salar*) fry is significantly delayed and disrupted by lights of a similar illumination and spectrum as streetlights (Riley et al. 2013). Nocturnal downstream drift of insects is also delayed by artificial lighting (Henn et al. 2014).

### Islands, oceans, and reefs

Light propagates unimpeded across open water, and its reach is extended beyond the curvature of the Earth by reflection off high clouds. Fog can increase local impacts of bright lights. Although light shining directly down on water tends to penetrate rather than reflect, light coming in at an angle is reflected. This physical property of water exacerbates the effects of coastal lighting as it is reflected and propagates out from the shoreline. Island, ocean, and reef environments are affected by artificial

light sources that range from light-assisted fishing to urban sky glow to offshore hydrocarbon facilities (Davies et al. 2014) (**Figure 9**).

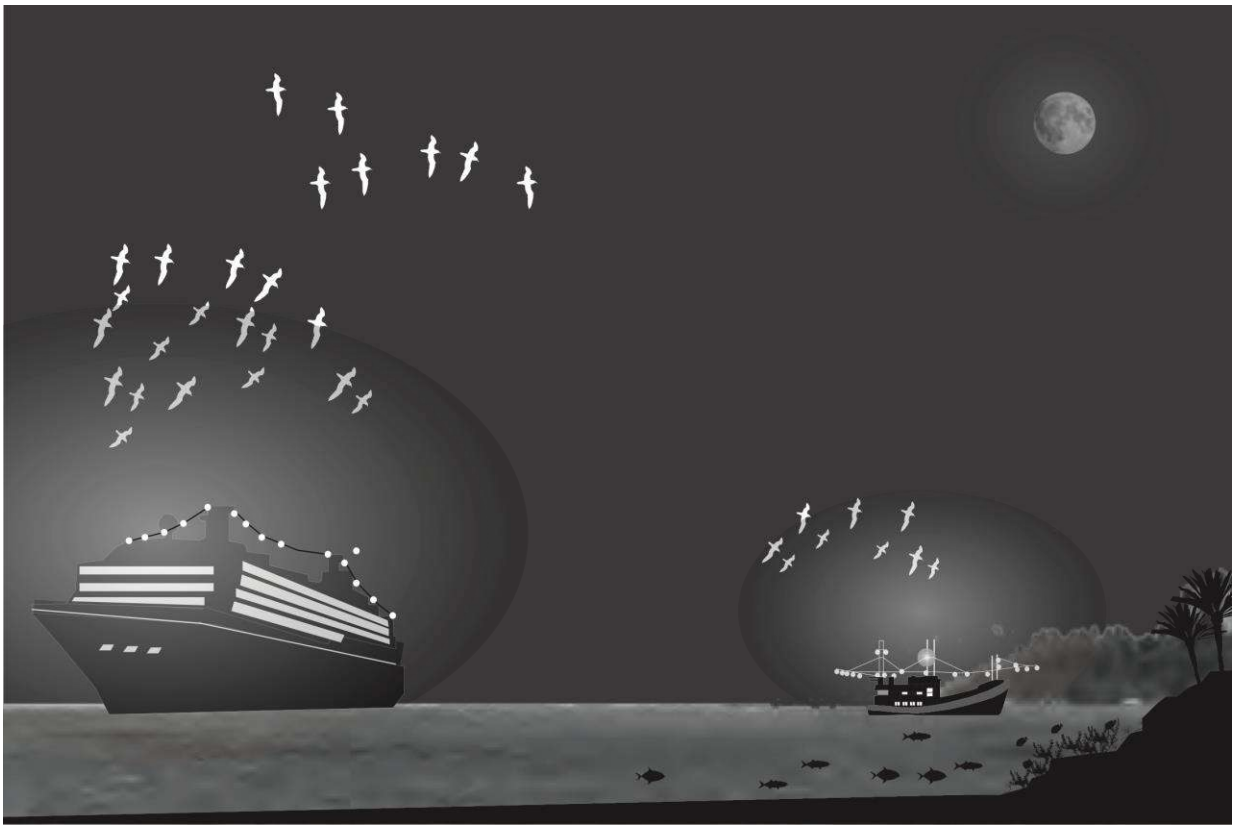


**Figure 9.** Cruise ships and squid boats are just two of the sources of artificial lighting on the oceans that attract seabirds and migrating songbirds.

In 1999, Xantus's murrelets (*Synthliboramphus hypoleucus*) nesting on Santa Barbara Island, part of Channel Islands National Park off the coast of southern California, were dying at twice the average annual rate. Park managers suspected this increase in mortality was directly related to a recent increase in fishing boats equipped with dusk-to-dawn floodlights to attract squid. Squid boats typically have 30,000 watts of light per boat. The number of squid boats increased dramatically in the 1990s, and in 1999 intense squid fishing occurred during murrelet nesting season (spring, while historically fishing was during fall and winter), and near important murrelet breeding islands. Managers believed that the nesting seabirds, without the safety of darkness, were subject to increased predation, especially from barn owls (*Tyto alba*). During the 1999 season, an unprecedented 165 dead Xantus's murrelets were found on Santa Barbara Island. Most of the dead were killed by barn owls, while five were victims of western gulls (*Larus occidentalis*). Researchers also recorded high nest abandonment closest to the most intensive squid boat activity. Faced with these observations, managers closed the areas around the islands to squid fishing, and death rates for the birds returned to normal. The excluded areas were subsequently incorporated into a permanent marine preserve with no fishing allowed to allow for replenishment of fish stocks. Also, the California Fish and Game

Commission listed Xantus's murrelet under the California Endangered Species Act, citing artificial night lighting as one of the major threats to the species.

Nearly all seabirds are nocturnal, and an adverse response to decidedly unnatural conditions such as those suffered by Xantus's murrelets should not be surprising (Montevecchi 2006). Years of studies have shown that nocturnal seabirds are less active during moonlit nights, and those that are active suffer more predation during those times. Seabird chicks are directly affected by lighting levels; they are far less likely to be fed by adults during bright nights (Riou and Hamer 2008). Seabirds are attracted to lights perhaps because they naturally cue in on bioluminescent plankton to find prey (Montevecchi 2006). They have, therefore, long suffered from collisions with light sources on and adjacent to the ocean, including lighthouses, cruise ships, fishing vessels, lighted buoys, oil derricks, and streetlights on and near islands where they nest (Rodríguez and Rodríguez 2009, Rodrigues et al. 2012, Wilhelm et al. 2013); many of these collisions are fatal. Where lights correspond with critical habitat or high-use zones such as feeding or breeding areas, or migratory routes, the effects could be significant.

Other sources of artificial night lighting threaten the nighttime environment of the oceans. Cruise ships are pervasive, large, and are often brightly illuminated. Ships in the path of bird migrations, or near undersea food sources, may attract both migratory birds and foraging seabirds, which collide with the ships and can be stunned or killed. Anecdotal accounts have emerged where cruise ship staff frantically work to clear the decks of dead birds before passengers awake in the morning. Offshore hydrocarbon extraction platforms are also significant sources of light, and attract and kill birds through collision, exhaustion, and even by incineration in flares burning off natural gas. Many of these birds are long-distance migrants, and the losses at oil platforms may affect regional and global breeding populations.

Coral reefs are also threatened by artificial night lighting. Lighting has been used as a proxy for other impacts (urban development, intense fishing, hydrocarbon extraction) to assess risk to coral reefs on a global scale (Aubrecht et al. 2008). Aubrecht et al. (2008) also illustrated how artificial lighting would adversely impact reefs directly. Corals themselves are highly sensitive to light and synchronize spawning according to lunar cycles (Jokiel et al. 1985, Gorbunov and Falkowski 2002). Many coral reef species exhibit marked light-driven diel cycles or synchronize reproduction by monthly cycles (Sebens and DeRiemer 1977, Bentley et al. 2001, Levy et al. 2001). Predator–prey interactions are influenced by light levels, with diel vertical migration of both zooplankton (Yahel et al. 2005) and planktivorous fishes observed (Leis 1986). Natural light signals, such as bioluminescence, are important to marine organisms (Johnsen 2012), and can both attract and repel fishes (Holzman and Genin 2003, 2005). Artificial lighting at similar and greater intensity must affect a range of marine organisms. Experimental investigation has now confirmed that lighting affects the colonization of marine invertebrates on surfaces (Davies et al. 2015).

### Grasslands

Like other open habitats, light has few barriers in grasslands (**Figure 10**). Lights can thereby influence both illumination and direct glare over hundreds of meters or more, depending on

topography. Artificial night lighting can be expected to influence habitat use and behavior of grassland species.

The lights of a road bisecting wet grassland in the Netherlands were shown to influence the spatial distribution of black-tailed godwit (*Limosa limosa*), a rare ground-nesting bird (De Molenaar et al. 2000, De Molenaar et al. 2006). When road lights were turned on during a breeding season, the birds nested slightly farther away from the road, with the effect extending 300 m (984 ft) from the lights. Birds that arrived first to the breeding area nested farther from the lights while those arriving later nested closer (De Molenaar et al. 2000, De Molenaar et al. 2006). The same research group investigated the behavior of mammals in wet grasslands and showed that some species (polecat, *Mustela putorius*, stout, *Mustela erminea*, weasel, *Mustela nivalis*, and fox, *Vulpes vulpes*) were more likely to take paths near lights, while other species were not influenced or preferred darker areas (De Molenaar et al. 2003). Such differences in habitat use have the potential to change predation rates and distribution of prey species as well (Lima 1998).

**Figure 10.** Grasslands are vulnerable to disruption from even distant lights because of their open character. Fireflies, often found in wet grasslands, can have their signals disrupted or be excluded by high illumination, while some grassland bird species, such as black-tailed godwit (*Limosa limosa*), have been shown to avoid streetlights in selecting nest sites (De Molenaar et al. 2006).

Fireflies are another group of grassland species that can be adversely affected by artificial night lighting (Lloyd 2006). Because light is used for firefly communication, both for sexual behavior and

in some interspecific interactions (where females attract males of other species to capture and eat them), any disruption of the ability to see light will have adverse effects. Artificial light washes out the signals used for communication and is potentially contributing to the decline of fireflies and other organisms that rely on bioluminescent communication (Lloyd 2006, Hagen and Viviani 2009, Bird and Parker 2014).

### Deciduous and evergreen forests

Although the structural complexity of forests blocks light and reduces its propagation, species that inhabit the forest floor are sensitive to illumination at levels appropriate to the darker nighttime environment there (**Figure 11**). A review of the research on forest species shows some general patterns that illustrate the potential for lights to affect wildlife behavior.

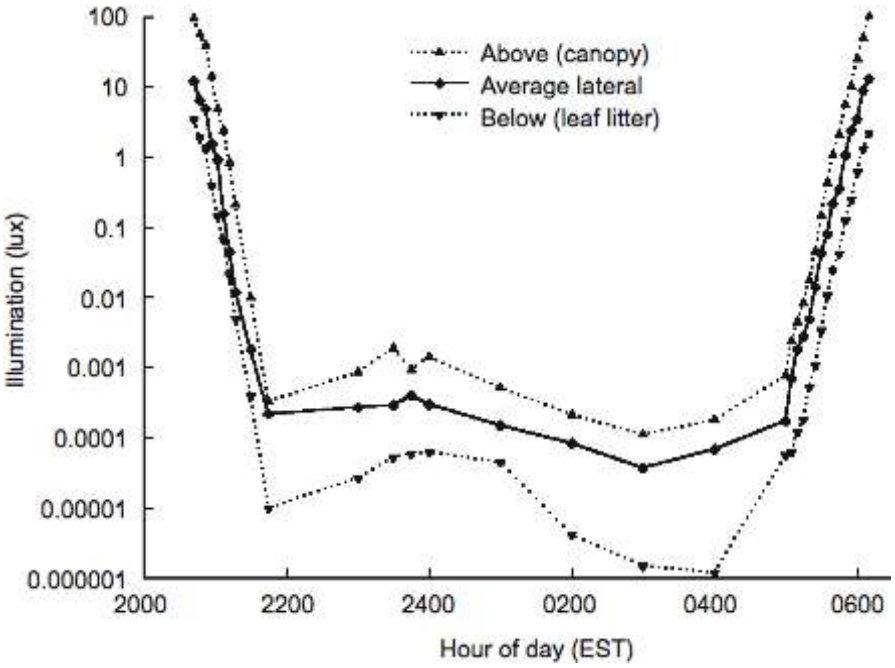



**Figure 11.** Illumination in deciduous forest (Buchanan 2006). Reprinted with permission.

As in many other ecosystems, salamanders in forests exhibit reactions to light equivalent to moonlight, under which foraging is reduced or delayed (Wise 2007) (**Figure 12**). This has been shown experimentally with dim artificial lights installed in a forest environment (Wise 2007). In two different experiments, lighting delayed the emergence time of nocturnal mammals (DeCoursey 1986, Barber-Meyer 2007) and reduced foraging activity (Barber-Meyer 2007). For sugar gliders, a nocturnal forest mammal native to Australia, light equivalent to that produced by streetlights (7–12 lux) reduced the time individuals were active at night (Barber-Meyer 2007).

In other instances, reproductive behavior can be affected by artificial lighting. The leafcutter ant *Atta texana* usually undertakes nuptial flights approximately 15 minutes before dawn, but in instances where security lights from homes and businesses were visible, the colonies flew 15 minutes after dawn (Moser et al. 2004). This change in timing interferes with behaviors that are carefully

synchronized across colonies. Furthermore, artificial lights are also attractive to the flying ants and, as a result, may both decrease mating success and increase predation at the lights (Moser et al. 2004).

**Figure 12.** Species of the deciduous forest are adapted to the lower light levels found under the canopy. Flying squirrels and salamanders will delay their foraging under artificial lights.

### Alpine and tundra habitats

Alpine and tundra habitats are disproportionately represented in parks and other protected lands. They are on average less developed than other habitat types but can be, and are, developed for recreational and industrial infrastructure. Control of artificial lighting in alpine and tundra habitats is important to avoid disruptions of predator–prey interactions and to avoid disrupting annual rhythms that are entrained by day length.

The topography of mountainous habitats also makes them vulnerable to sky glow from distant sources (**Figure 13**). Because sky glow brightens horizons, areas of steep slopes are positioned to be exposed to that light. In these locations, the aspect of the slope becomes important. Those facing bright horizons will be substantially brighter than nearby locations facing a different direction and therefore will be exposed to far less artificial lighting.

As in other habitats, predator–prey interactions in alpine environments are mediated by illumination (**Figure 14**). For example, small mammals of rocky outcrops typical of alpine regions are often nocturnal, foraging in open areas at night and retreating to the safety of outcrops for shelter (Kramer

and Birney 2001). In experimental conditions one such species, long-eared mouse (*Phyllotis xanthopygus*), foraged less under 1.5 and 3.0 lux treatments (up to very bright moonlight) when compared with a 0.0 lux control (Kramer and Birney 2001). Similar results have been found for snowshoe hares (Gilbert and Boutin 1991), which are subject to more predation under brighter nocturnal conditions, especially during the winter (Griffin et al. 2005). Such small mammals depend on natural darkness for foraging to keep up body weight (Vasquez 1994).

**Figure 13.** Alpine habitats can be affected by distant lights and those from recreational and industrial facilities.

Circannual rhythms are found in most animals, but the environmental conditions that influence them are less well understood because of the long period necessary to conduct experimental research (Beier 2006). Light appears to have a large influence in setting these cycles, although temperature is also important (Beier 2006). Light can be important in determining when species react to the seasons (e.g., hibernation, Hock 1955), and consequently disrupting these signals has the potential to put species out of phase with climate. In alpine and tundra environments, where conditions change so dramatically between the seasons, appropriate synchronization of activities is important. For example, reindeer (*Rangifer tarandus*) eyes change seasonally to reflect different wavelengths of light; color of the tapetum lucidum shifts from yellow in the summer to blue in the winter, which is associated with increased retinal sensitivity during the dark winter nights (Stokkan et al. 2013). Captive reindeer exposed to sodium vapor streetlights, not directly visible but just over the horizon,

are reported to have green eyes in the winter, not completing the normal transition from yellow to blue, and with reduced visual sensitivity (Yong 2013).

**Figure 14.** Predator–prey interactions are affected by artificial lights during long nights on the tundra.

### Urban environments

Even though urban environments have many sources of artificial lighting at night, variations within already light-polluted environments still make a difference to wildlife (**Figure 15**). For example, American crows (*Corvus brachyrhynchos*) choose roost sites in urban areas that are on average more brightly illuminated than non-roost sites (Gorenzel and Salmon 1995). Presumably, this allows the communal predator response behaviors of the flock to operate more efficiently, reducing predation from owls. Elevated populations of this native species have adverse consequences for other native species for which the crows are predators. In another example, urban-tolerant bat species are influenced by the degree of illumination on the exit hole of their roosts. Nightly emergence is delayed by illumination of the exit hole, which reduces fitness of individuals in the colony and can eliminate the colony altogether (Boldogh et al. 2007). Because of the importance of bats as consumers of insects, and their conservation status, the adverse impacts of lighting are concerning (Stone et al. 2015).

Cities are also sites of mortality for nocturnally migrating birds, which are attracted to lights. Birds die either in collisions with buildings at night, or during the day when they attempt to regain their orientation and continue migration. This phenomenon is well documented in Chicago, Toronto, New York, and Washington, D.C. A notable example in a national park is the ongoing mortality of

nocturnal migrant birds at the Washington Monument, which started when it was illuminated (Overing 1938).

The profusion of light in urban areas also has spillover effects on surrounding natural areas and open spaces within cities. For example, extremely high levels of ambient light are measured in the Santa Monica Mountains National Recreation Area near Los Angeles, with all-sky brightness exceeding natural levels by 18.4 times and maximum nocturnal vertical illuminance 32.4 times brighter than natural levels (J. White and C. Moore, pers. comm.). Although it is difficult to address the multitude of sources of light, it is worthwhile for parks to incorporate lighting and the night sky as part of their education, outreach, and engagement in communities adjacent to and near parks (Aubé and Roby 2014).

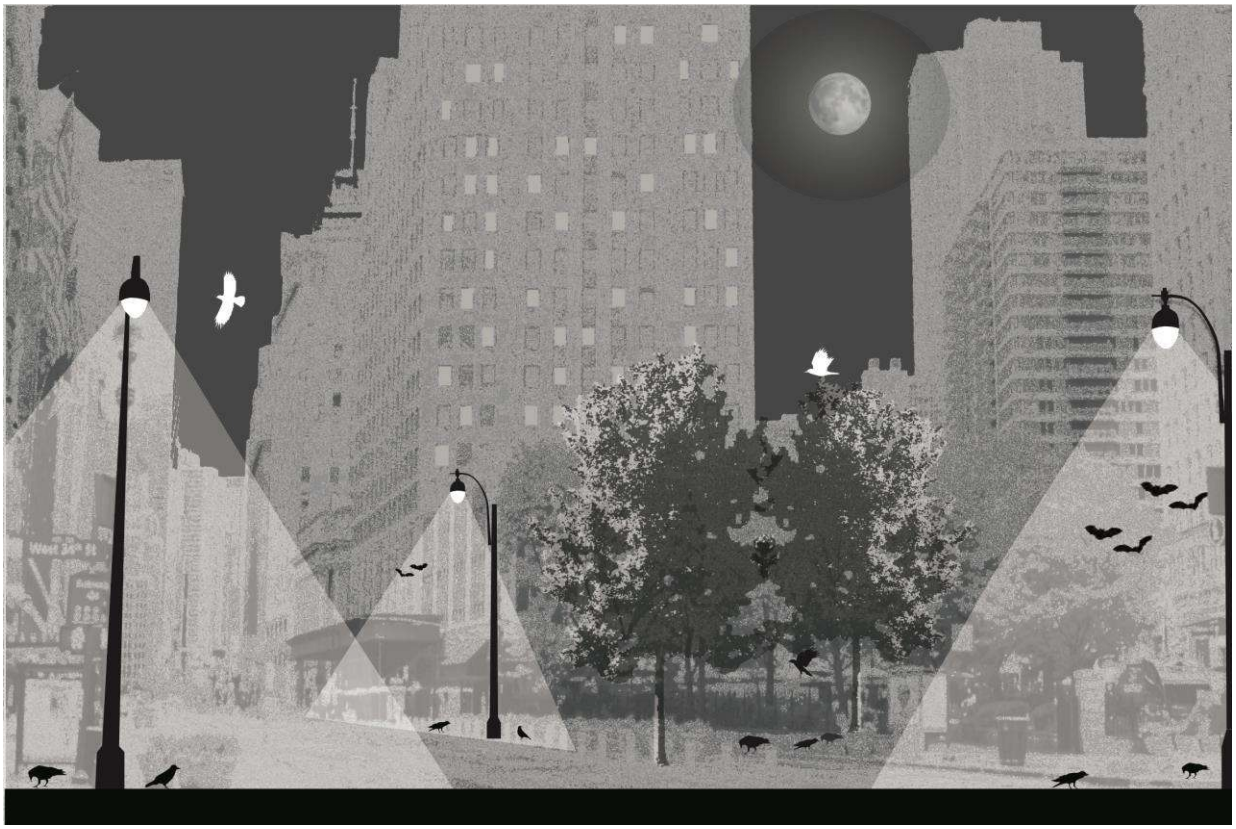


**Figure 15.** Cities are affected by altered light environments, which are exploited by synanthropic species such as crows and some bat species.

The evidence from across habitat types indicates that artificial lighting at night is either proven to, or has the potential to, disrupt the natural behavior of wildlife species, sometimes with lethal consequences. From this context we can identify practices that can reduce and minimize the effects of lighting in parks and other lands managed for natural resource values.

# Mitigating the Effects of Lighting on Protected Lands

Knowledge about the effects of lighting on wildlife continues to grow. All indications are that lighting can have cumulative and additive consequences that are especially important for vulnerable species. Many general approaches to minimizing the effects of artificial lighting on wildlife are known. To reduce effects on certain target species, these mitigations may need to be adapted to craft desirable solutions for specific locations. In the following two sections, considerations for developing such mitigation measures are discussed. First we introduce the attributes of nighttime lighting that might be manipulated — spectrum, intensity, direction, and duration — and how different groups of species might be affected by them. Then we review the many contexts in which light is used (e.g., security lighting, vanity lighting, communication towers) and identify preferred mitigation strategies for them.

## Approaches to minimize lighting impacts

The impacts of artificial lighting to wildlife can be reduced in five ways: 1) avoiding use of lighting that is not needed, 2) controlling color spectrum, 3) limiting light intensity, 4) managing the direction of light emissions, and 5) limiting the duration of light output. For some of these characteristics, a single approach applies in all instances. For others, the recommendation depends upon the context of use or the species that might be affected. A combination of mitigation approaches is likely to be more effective (e.g., reducing intensity and adjusting color spectrum) than would be any approach taken individually.

### *Need*

The first question that should be asked about artificial lighting, especially in natural areas, is whether it is in fact needed. In some situations, a creative solution, such as the choice of a pale color for a pathway, curb, or steps, is all that is needed to guide visitors (**Figure 16**). In others, lighting can be left to the visitor to provide in the form of headlights or a flashlight. Only when the need is demonstrated and necessary for visitor experience, safety, or security, should lights be installed.

**Figure 16.** A pale-colored path can be just as effective as electric lights in some park situations.

***Spectrum***

It is tempting to believe that a certain spectrum of light will minimize the effects of lighting in all situations. Unfortunately, no universal solution exists. Rather, it is possible to identify spectra of light that have shown to affect wildlife less in certain contexts. The only 100% wildlife-friendly light is one that is switched off or never installed.

The higher efficiency of high-pressure and low-pressure sodium lamps resulted in their widespread adoption in street lighting applications and security lighting, replacing the older mercury vapor lamp technology. Recently, however, full-spectrum light sources such as metal halide lamps, compact fluorescent lamps, and LEDs are becoming more common (Gaston 2013). Full-spectrum lights appear white, in contrast with other lights such as sodium vapor lamps that appear yellow or orange. Earlier technologies, such as mercury vapor lamps, were also full-spectrum, but have largely been replaced by sodium vapor lamps. LEDs are more efficient than older lamps used for outdoor lighting, and have greater color rendition than sodium vapor light sources. This return to white light sources brings certain advantages for human use, but includes a wider range of wavelengths, potentially impacting more species (Stone et al. 2012) and exacerbating sky glow (Aubé et al. 2013).

The combination of colors that make up a full-spectrum light is described by the correlated color temperature (CCT) of the light. CCT is measured in degrees Kelvin and corresponds to the appearance of light that would be emitted from an idealized “black body” if it were heated to that temperature. Lower CCTs are dominated by yellow and other longer wavelengths, while higher

CCTs are dominated by blue and other shorter wavelengths. For example, an incandescent bulb has a CCT of around 2400–2800 K, while a metal halide lamp has a CCT of 4000 K and direct sunlight 4800 K. LEDs are offered in many color temperatures, from 6500 K to 2700 K, and can also contain mixes of colors that do not have color temperatures associated with them (i.e., "off the black body curve") and are measured in other ways. High-pressure sodium lamps have a CCT of around 1800 K and low-pressure sodium lamps, which are all yellow, do not have an associated color temperature.

One general rule is to avoid any light that has emissions in the ultraviolet spectrum and adjacent short wavelengths. Ultraviolet light is not visible to humans, yet is visible to other species. Insects are highly attracted to ultraviolet light and their attraction and mass death at lights would be dramatically reduced by eliminating ultraviolet light from general use (Frank 1988, Eisenbeis and Hassel 2000, Eisenbeis 2006, Frank 2006). Mercury vapor lamps are high in ultraviolet radiation, while other commonly used outdoor lamps (e.g., metal halide, fluorescent) have some ultraviolet as well. LEDs have no ultraviolet emissions and therefore attract fewer insects than lamps of comparable intensity and color temperature that do have some ultraviolet emissions (Poiani et al. 2015, Longcore et al. 2015).

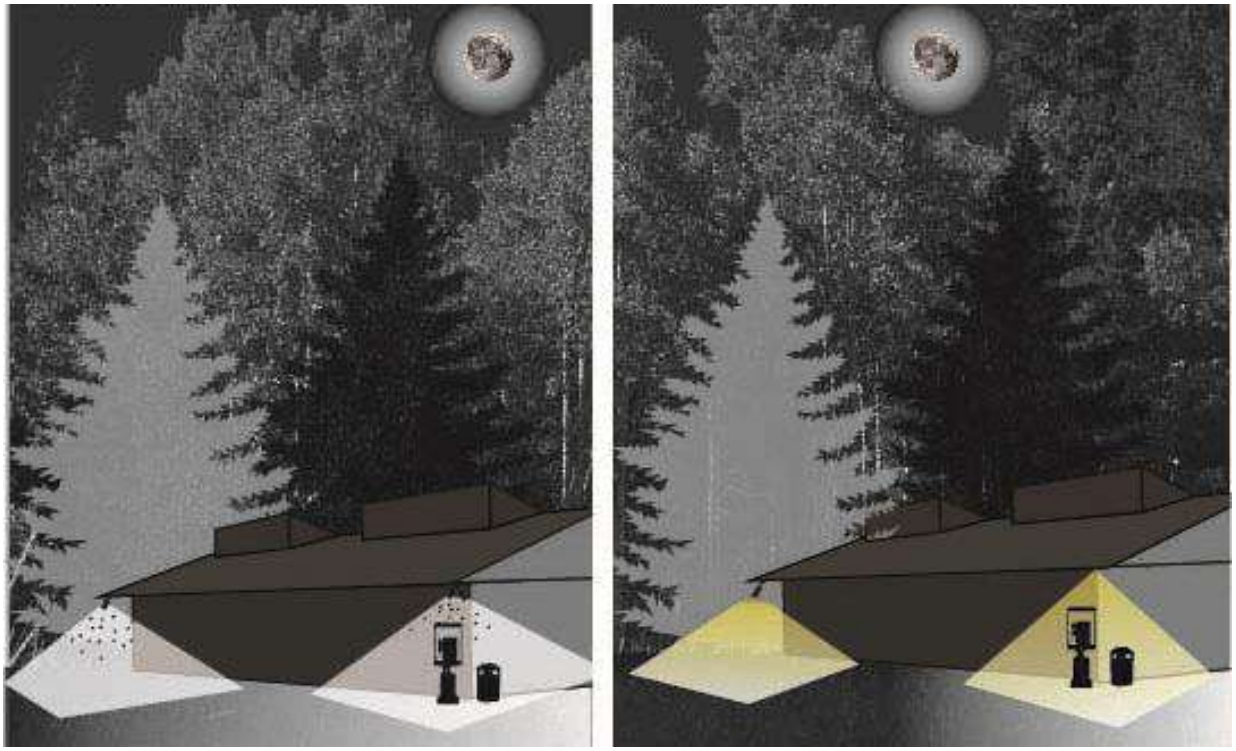


**Figure 17.** Yellow light that does not contain blue or ultraviolet wavelengths attracts far fewer insects.

Insects are also attracted to light in the short visible wavelengths (e.g., violet and blue) (**Figure 17**). Full-spectrum lighting that allows good color rendering for human vision is not advisable from the standpoint of ecological effects because it contains light in the blue spectrum (Eisenbeis and Eick 2011). All lights heavy in the blue portion of the spectrum, such as fluorescent lights, metal halide lights, and full-spectrum LED lights, will have greater impacts on insects than lights with longer

wavelengths (e.g., low-pressure sodium vapor lamps or yellow/amber LEDs) (Eisenbeis and Eick 2011, Pawson and Bader 2014, Poiani et al. 2015, Longcore et al. 2015). If full-spectrum lighting is required, then the lowest possible color temperature is recommended (Longcore et al. 2015).

Blue light contains the most biologically active wavelengths for physiological processes such as the production of hormones and the timing of daily activities (Beier 2006, Brainard et al. 2015). This concern has been best expressed relative to human health (Pauley 2004, Brainard et al. 2015), but blue light also disrupts circadian rhythms in wildlife. To minimize disruption to circadian rhythms, shorter wavelengths such as blue and violet should be avoided. They might also be avoided to minimize influence on species that are phototactic to blue light, such as many frog species that have a blue light preference whereby they move toward blue light, presumably as an escape mechanism that leads them away from vegetation (and into water) in times of danger (Hailman and Jaeger 1974, Buchanan 2006); these preferences can vary depending on the intensity of illumination, however (Buchanan 2006).

**Figure 18.** Green lighting designed to minimize attraction of birds developed by Philips. Shell is using these lights on an oil platform in Alaska and Philips is adding the lights to its regular catalog. Photograph courtesy of Joop Marquenie.

Birds are able to orient to the Earth's magnetic field under monochromatic blue or green light, but such navigational ability apparently does not function under lights that are only red or yellow. The molecular mechanism that allows detection of the Earth's magnetic field requires light of a certain wavelength to be activated (Ritz et al. 2009), which presumably explains the inability of migratory birds to orient under light that lacks those wavelengths (Wiltschko et al. 1993, Wiltschko and Wiltschko 1995). Dutch researchers have experimented with the use of specially designed lamps that contain blue and green light at coastal locations and on offshore platforms to see if the number of attracted and disoriented birds is decreased (van de Laar 2007, Poot et al. 2008). Results show blue

and green lights influence birds less than red and full-spectrum (white) light, although the effects on other species have not been documented in the scientific literature (**Figure 18**; **Figure 19**).

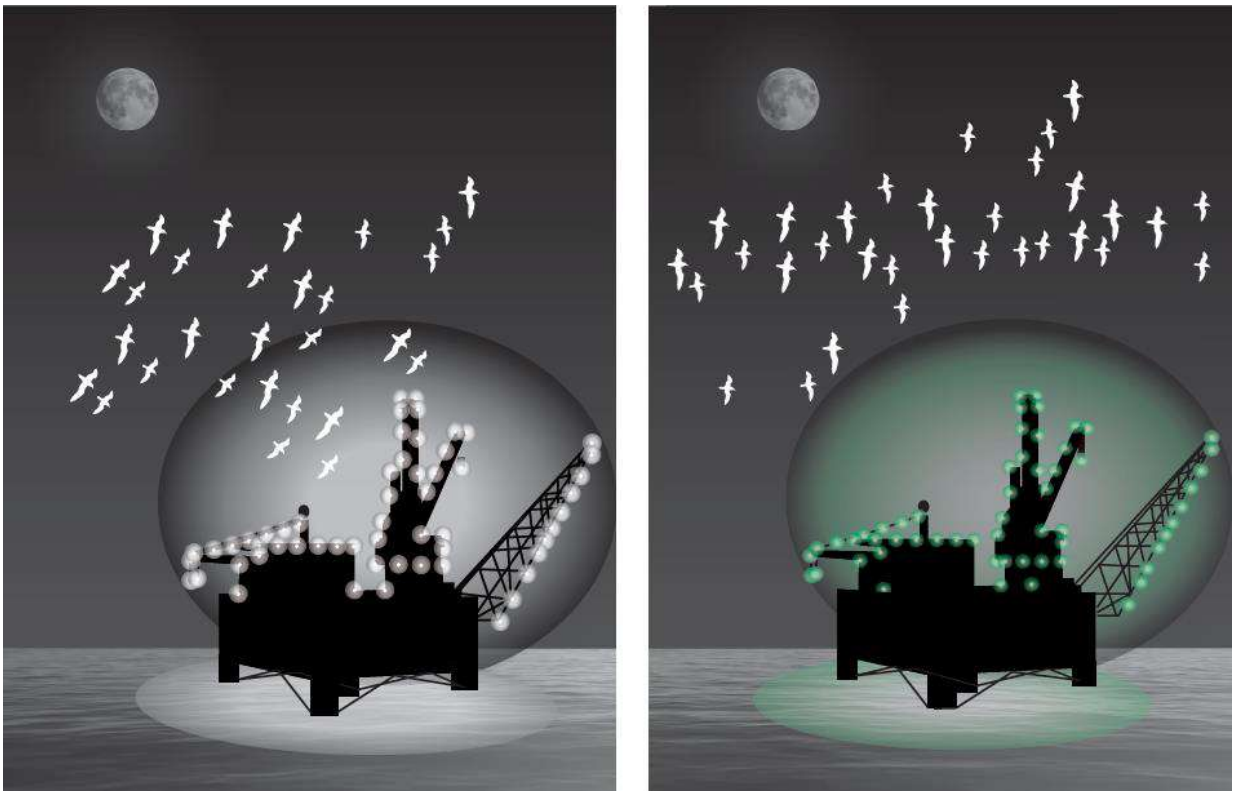


**Figure 19.** Green lights have been investigated for use on offshore structures and shown to be less attractive to birds.

In other situations, light that includes longer wavelengths appears to attract few insects and does not disrupt orientation of sea turtle hatchlings. For this reason, yellow lights are commonly identified as being wildlife-friendly (**Figure 17**). These same lights, however, reduce the foraging activity of native beach mice (some species of which are endangered) along the Florida coastlines where turtle-friendly lighting is recommended (Bird et al. 2004). Fireflies are vulnerable to impacts from yellow light because it is this part of the spectrum that is used by those species flying after dusk (Lloyd 2006).

Red light appears to disrupt the orientation capabilities of birds, but it seems to have the least effect on other species (**Figure 20**). Few insects are attracted to red light and dark-adapted eyes are not bleached by red light, making it the spectrum of choice for stargazers. In low-light environments in parks, red light might be preferable where lights are needed for safety reasons (**Figure 21**).

**Figure 20.** Red light does not disrupt dark-adapted vision and is therefore appropriate for campsites and locations used for astronomical observation.

**Figure 21.** Illumination of a stairway at a campground by two low-intensity red bulbs instead of by a bright white spotlight (Wagner et al*.* undated).

Through all the considerations for different taxa, a few general lessons emerge to guide use of spectrum: 1) the choice of color significantly affects the degree of biological disruption; 2) narrow-spectrum lights are preferable to broad-spectrum sources (i.e., white light); 3) ultraviolet light should be avoided; 4) blue and shorter wavelengths increase biological responses and generally should be avoided; and 5) concerns about individual species in an area may influence the choice of least disruptive color for lights.

#### *Intensity*

Land and facility managers have great latitude in selecting the intensity and quantity of lighting used. From a wildlife perspective, discretion should be exercised to use the minimum amount of light required. This can be accomplished by significantly decreasing the luminous output commonly specified by lighting designers. Land managers should not rely on standards promulgated by professional societies to guide lighting levels for natural areas because these are generally developed for urban/suburban areas with little to no regard for wildlife. Rather, every effort should be made to reduce the intensity of lights and still achieve the desired function.

Reduction in lighting intensity benefits species in the vicinity of lighting and also reduces the reflection of light in the atmosphere. The glow of lighted areas can thereby be reduced, decreasing impacts to natural systems and park visitor experience in wildlands. Often, illumination levels can be reduced without adverse consequence for human activity. In fact, reducing the contrast between light and dark areas increases the ability of humans to see. The human eye adapts to the brightest light in view. As the eye adapts to bright lights, acuity in darker areas is lost. Bright lights plunge the surrounding areas into dark shadows, while with dimmer lights the eye is able to retain some of its ability to see in darker areas.

#### *Direction*

Shielding lights is a common mitigation measure to reduce impacts to natural lands and species (**Figure 22**). Usually this involves shielding a fixture so that little or no light is emitted above the horizontal plane, and less than 10% of the light is emitted within ten degrees below the horizontal plane. This is the definition of a full cutoff lighting fixture. Shielding in this manner greatly reduces (but does not eliminate) sky glow. Light still reflects off the ground and scatters, so reduction in intensity should be combined with shielding. Downward-directed lights may still have adverse ecological consequences such as attracting insects and species that feed on the insects (e.g., bats, frogs, birds), or directing light into sensitive habitats such as wetlands and rivers.

Land managers should endeavor to shield lights beyond full cutoff to ensure that light falls only on the intended surfaces. Such mitigation will minimize direct glare, which can affect the orientation of organisms across distances (Reed et al. 1985, Telfer et al. 1987, Beier 1995, Longcore and Rich 2004); this will also minimize the area that is artificially illuminated. Design solutions to achieve these goals include the use of embedded lights to illuminate important surfaces (**Figure 23**) and simple retrofits to shield existing lights (**Figure 24**).

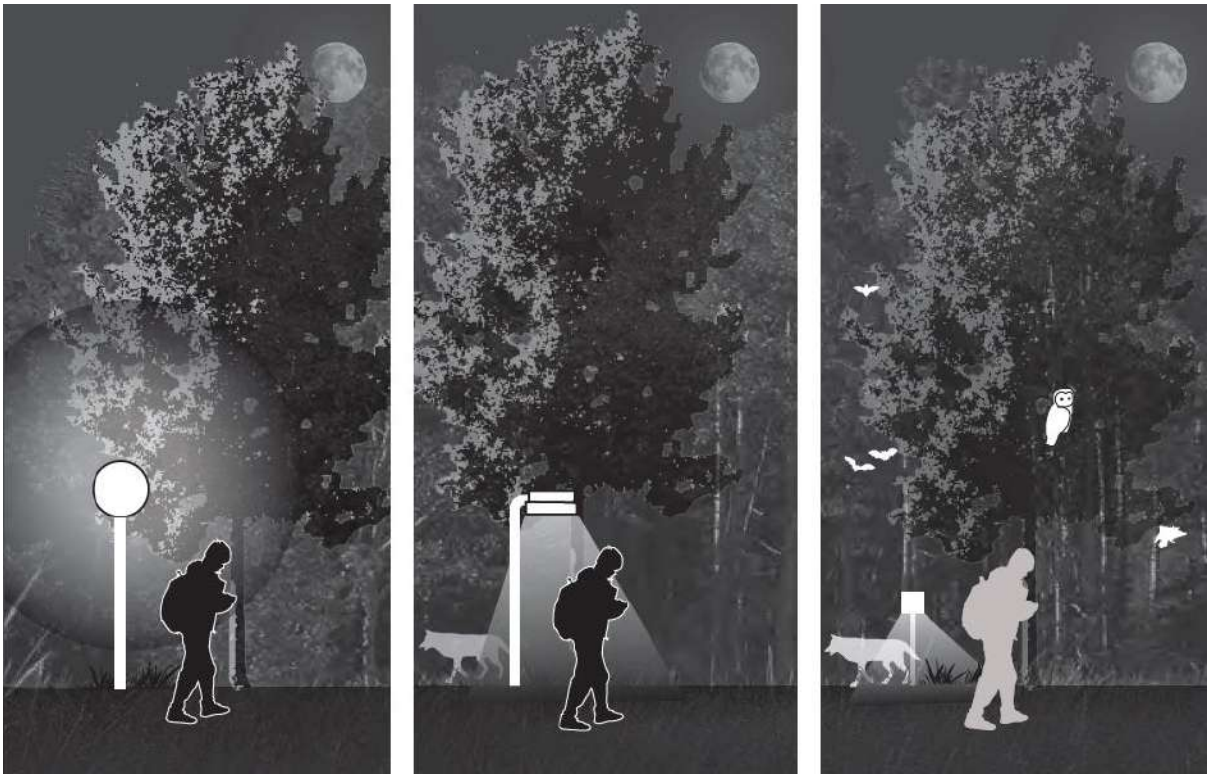


**Figure 22.** The more focused light can be on its target, the less it will affect other species.

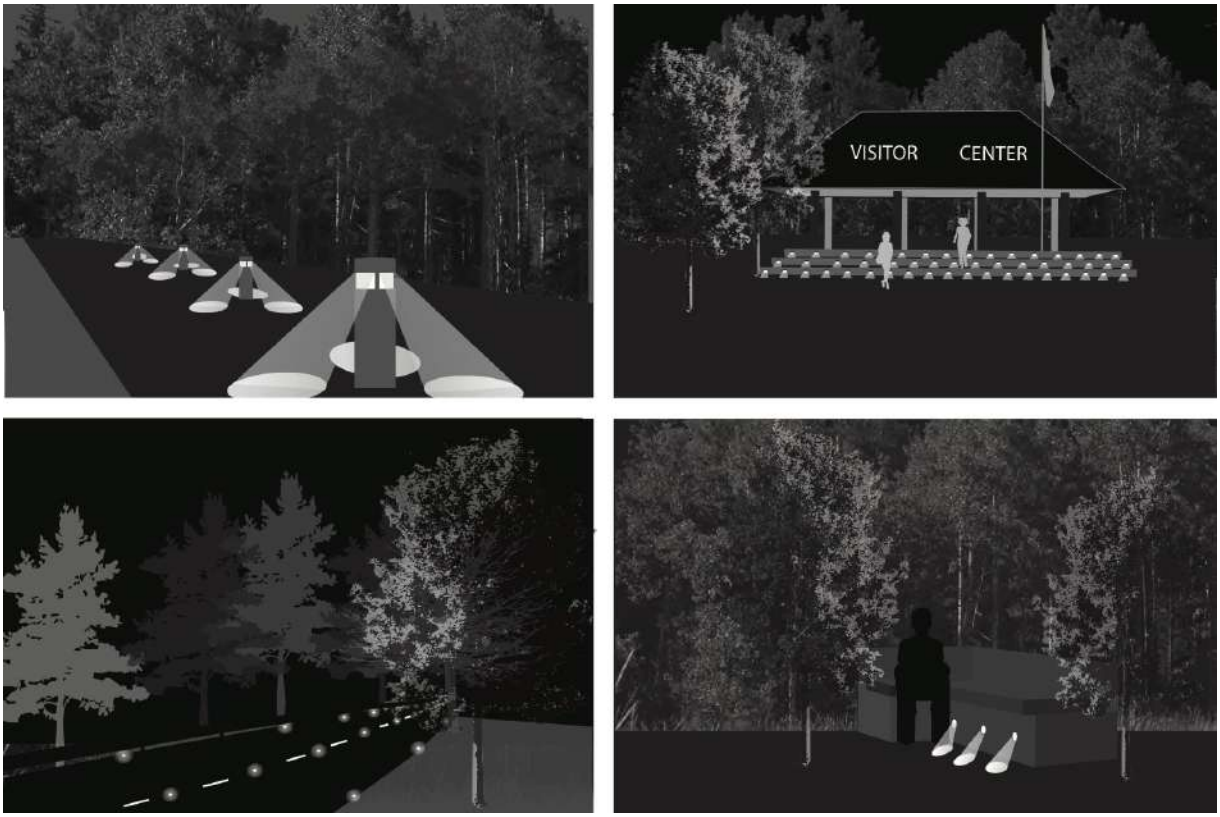



**Figure 23.** Embedded lights allow wayfinding with minimal intensity and good directional control.

**Figure 24.** A full cutoff shield being installed on an existing light on the lodge at Yellowstone National Park. This previously unshielded light was visible across the lake and from the backcountry. Photograph by Travis Longcore.

***Duration***

Impacts from lighting can be reduced by changing the duration of illumination. This approach reduces some impacts, but it may have some adverse consequences for those species sensitive to a changing light environment and so should be implemented with these limitations in mind. One common way to reduce the duration of illumination is to install a motion detector so that a light is only on when there is activity in a particular area (**Figure 25**). Although this limits the amount of time lights are on, lights that go on and off at irregular intervals may disrupt the nocturnal behavior of some species. For example, green frogs (*Rana clamitans*) reduce calling behavior and move away when a light is shined on them (Baker and Richardson 2006); return to a dark-adapted state can take hours (Buchanan 2006).

**Figure 25.** Motion- and heat-detecting lights provide illumination only when it is needed.

Another restriction on duration is setting a time for lights to be extinguished each night (**Figure 26**). For example, the lights that illuminate Mount Rushmore are only on for a few hours each night. This approach, known as part-night lighting, reduces impacts by allowing darkness during the late night and early morning hours. Depending on the timing of the lighting, darkness can be maintained for the majority of the activity period for a target species (Day et al. 2015). This approach, however, may still disrupt activities during the specific light conditions at dusk that are required by other species (Longcore et al. 2003, Day et al. 2015). Rather than a smooth range of illumination conditions occurring as the sun goes down and darkness falls, sites will experience a single illumination level until the lights are turned off. Many groups of species share resources across lighting levels; that is, one species may forage at dusk, another right after dusk, and another in the dark of night (Hailman 1984). Increased illumination, even on a temporary basis at dusk or dawn, reduces the time available for critical behaviors and could eliminate them altogether if a species prefers the transitional lighting levels of dusk when lights are illuminated. If artificial lighting eliminates a significant period of potential activity time for a species, the long-term consequences will be negative. In studies of bats, part-night lighting has been found to be ineffective in avoiding the activity periods of most species in the locations studied (Azam et al. 2015, Day et al. 2015).

**Figure 26.** Timed lights may affect species negatively during the transitional period of dusk, but may reduce impacts later at night.

There may be instances where avoiding lighting during a particular time when animals are active is an appropriate way to mitigate impacts. Many species are active during the crepuscular periods of dusk and dawn. If lighting can be avoided until after dark, or closer to dark, certain impacts on those species might be avoided. Setting photodetectors to activate lights only at very low levels of illumination will avoid the biologically active crepuscular period, reduce insect attraction, and limit light to after civil twilight when it is really needed.

Whenever lights are required, reducing their intensity or turning them off during periods they are not needed should always reduce impacts. For example, the Dutch government has mitigated lighting impacts on sensitive wet grassland habitats by turning off roadway lighting at 11 P.M. and replacing it with 7-watt incandescent bulbs halfway up the light standards (De Molenaar et al. 2006). These lights allow for wayfinding and have not changed the number of accidents occurring on the road.

### Lighting situations

In addition to controlling for spectrum, intensity, direction, and duration, mitigation measures can be devised for many other situations in which lighting might be installed in parks. In the sections that follow, we discuss the issues involved with mitigating impacts from a series of different situations that might be faced by a park manager.

### *Communication towers*

Each tower in the United States that is taller than 200 ft (61 m) must have obstruction lighting in accordance with Federal Aviation Administration (FAA) guidelines. Lighting is a primary factor resulting in the attraction to and mortality of birds at towers. An estimated 6.8 million birds per year are killed at tall towers (Longcore et al. 2012), including many species of conservation concern (Longcore et al. 2013). Reviews of previous work, and subsequent studies, have shown that mortality can be reduced by using a lighting system that has flashing lights only, whether these are strobe lights or red flashing lights (Gehring and Kerlinger 2007). White strobe lights have long been approved as lighting on towers and the FAA has updated its regulations to allow red flashing lights only (see FAA Advisory Circular 70/7460-1K). It is also important that towers do not have ground-level lighting around them because these lights can attract birds that then collide with tower guy wires (Longcore et al. 2008). Another option for tower lighting is an audio-visual warning system like OCAS (http://www.ocasinc.com). This approach uses radar to detect nearby aircraft, activating marker lights and emitting a verbal warning on aviation band radio. It is essentially a motion detector for tower lighting.

### *Night hiking and mountain biking*

Night hiking and mountain biking have become popular activities in natural areas. The lights used in these activities, especially those used in mountain biking, have become brighter in recent years. For example, full-spectrum LED lights that emit 3,600 lumens (approximately the same as a 200-watt incandescent bulb) are advertised for use by bikers. Activities such as these expose wildlife to unnatural disturbance at night; this affects behaviors both because of the disturbance itself and because of the potential bleaching of eye pigments ("blinding") from which recovery time can take minutes to hours.

Managers can mitigate the impacts of night hiking and biking by employing various strategies. These include:

1. Restrict the time of month when illuminated nocturnal recreation is allowed to the days before and after the full moon. In this manner animals are allowed the darkest part of the month as a refuge from disturbance.
2. Restrict the total luminous intensity of lights used in these activities.
3. Set curfews for illuminated nocturnal recreation.
4. Restrict nocturnal recreation activities to areas that are already disturbed by night lighting, leaving more remote wildland areas protected from nocturnal disturbance.

### *Campsite lighting*

Although "traditional" camping with firelight and flashlights is certainly still a popular activity, more and brighter portable lights are being brought to campsites. Large arrays of lights are readily available and increasingly used by campers. Such lights can degrade the nighttime camping experience for other campers and will have greater impacts on wildlife than a campfire or small personal flashlight. Park managers might consider establishing guidelines for nighttime lighting at campsites, including limits on overall illumination, lighting curfews, and recommendations to use

flashlights instead of area lighting. Lighting restrictions could be established in conjunction with quiet hours, and address portable lanterns and recreational vehicle lights. In especially dark areas, managers could recommend the use of red filters on flashlights. Such actions should be paired with minimizing lighting from the existing infrastructure (e.g., converting lights on bathrooms to low-intensity red lamps).

#### *Off-road vehicles*

Deserts and beaches often accommodate vehicular recreation. Vehicles commonly have 1,000–1,500 lumens of forward-facing light, and because this is concentrated in a fairly narrow cone, the light intensity can be very high, with low-beam headlights exceeding 4,000 candela on axis (candela is a unit measuring the brightness of a light emitted in a particular direction). For wildlife along the axis of the headlight, the intensity of a directional headlight is equivalent to an unrestricted 100,000-lumen light source (Schoettle et al. 2004). This disruption can be an intermittent impact or, in some situations, a chronic one. For example, vehicles on a beach will often park with the headlights kept on, in which case multiple headlights will be directed into the shoreline environment and have the effect of a much larger number of streetlights due to their concentrated and directed nature. The most effective mitigation would be to prohibit vehicles from these environments during sensitive times for wildlife. Additional mitigations may include restricting headlights to when the vehicle is moving or requiring low beams only.

#### *Monuments*

Parks must consider the need to preserve natural and cultural resources when making decisions related to lighting cultural monuments. For example, the Washington Monument is bathed in white light and is known to attract and kill migratory birds (Overing 1938). Because the Washington Monument has been illuminated at night since the 1930s and is so powerfully symbolic of Washington, D.C., it is not feasible to propose elimination of lighting altogether. Limitation on the hours of illumination is probably the best management action in such situations. Lighting for monuments should be designed to illuminate the monument only, and with the lowest intensity possible. Bright lighting that might have been required to accommodate photography in the past is no longer needed with current digital imaging technology.

Lighting schemes at monuments could also play a role in pest management. At the Lincoln Memorial, the lights are turned on at twilight when midges and gnats fly over from the Potomac River and onto the Memorial. This in turn attracts many spiders that weave webs on the monument and require extensive and frequent cleaning (C. Moore, pers. comm.). It might be possible to turn the lights on slightly later, after the crepuscular period, or to change the spectrum of light used to eliminate short blue and ultraviolet wavelengths. In such a manner the lighting scheme then becomes part of an Integrated Pest Management program.

#### *Light-assisted fishing*

Offshore lighting poses threats both to aquatic and terrestrial ecosystems. Light has a long history of use as a method to attract fishes for capture. In artisanal fisheries, dim lamps may be used on small human-powered boats. Current industrial-scale fisheries, however, use extremely bright lights

(equivalent to 30,000 watts incandescent) to attract squid and other fishes. Even boats that do not use lights to attract their catch operate during the night and are highly illuminated. Illumination in this manner affects behavior of fishes (Nightingale et al. 2006) and other aquatic organisms (Forsythe et al. 2004). Lighting is also implicated in the mortality of seabirds in fisheries (Dick and Donaldson 1978, Carter et al. 2000). Spillover light on seabird nesting colonies has the potential to increase predation on vulnerable species (Keitt et al. 2004). Park managers should take action to reduce fishing activity with disruptive lighting near sensitive island habitats and in marine protected areas. A range of options is available to do so, including outright bans, limiting light-assisted fishing by phase of the moon (to dates around the full moon), and limiting total luminance allowed in protected waters.

#### *Security lighting*

Managers are often faced with pressure to install security lighting in hopes of decreasing illegal activity. The evidence that increased illumination reduces crime is unclear at best (Tien et al. 1977, Sherman et al. 1997), and dimming or shutting off lights may in fact reduce crime (Steinbach et al. 2015). Some schools use a “dark campus” approach, wherein all lights are extinguished at a certain hour. Lights seen after this time are then quickly recognized as indicative of unauthorized activity (Mizon 2012). Park managers should think very carefully about installation of any dusk-to-dawn security lighting. It has very little chance of being effective if staff members are not on site to observe activity. Complete darkness at night for areas in parks and protected areas that are off-limits and unoccupied should be considered in consultation with law enforcement.

#### *Bridges*

Bridges can introduce artificial lighting into natural areas through roadway lighting for safety or through architectural lighting. Both of these have the potential to disrupt natural habitats. For example, harbor seals used the lights on the Puntledge Bridge in British Columbia to form a “feeding line” and intercept outmigrating juvenile salmonid smolts (Yurk and Trites 2000). Extinguishing these lights led to a decrease in salmon mortality. Other studies document increased predation on fishes under illuminated bridges and docks (Nightingale et al. 2006). For bridges with tall structures, illumination of these towers may result in attraction of migratory birds. Such lighting should be avoided to the extent possible, such that obstruction lighting is limited to red flashing lights (if lighting is required by the FAA) and any roadway lighting is carefully directed onto the roadway with little or no spillover into the river. Furthermore, use of yellow light is preferable under most circumstances to minimize the attraction of insects, although selection of yellow lights alone will not eliminate the effects of lighting on foraging behavior of mammals (Bird et al. 2004). Other considerations with bridges include the synergistic effects of lighting and polarization that misleads insects and may even result in bridges being dispersal barriers along rivers (Horváth et al. 2009, Málnás et al. 2011).

#### *Roadway lighting*

Roadway lighting is a major source of outdoor illumination and contributes significantly to sky glow. In a study of lighting in Tucson, Arizona, roadway lighting accounted for 12% of upward directed lighting, following only commercial lights (36%) and sports fields (32%) as a proportion of total

uplight (Luginbuhl et al. 2009). To maintain natural illumination conditions inside parks, managers must work with communities outside park boundaries to address these sources. Inside park boundaries, managers must make the decision whether roadway lighting is necessary in the first place, and if so, what characteristics it should have. To minimize impacts on wildlife, roadway lighting should be avoided to the extent possible, and where used should only be designed for the required intensity. The recommended lighting for a local road with low pedestrian conflict in the United States is 3–4 lux (ANSI/IES RP-8-14), which is more than 30 times brighter than the full moon's maximum intensity, so no roadway lighting is ecologically trivial. Recommended illumination for most roadways ranges from 6–15 lux (ANSI/IES RP-8-14).

One issue with reducing illumination for roadways is a concern that any reduction will increase traffic collisions. Studies of changes to roadway lighting in England and Wales, however, found no significant effect on number of traffic collisions from part-night lighting, switching off roadway lighting entirely, or changing the spectrum of roadway lighting (Steinbach et al. 2015).

Where light is essential, fixtures should be full cutoff and shielded to minimize glare from any non-road site, especially in areas with known sensitive species. The best overall choice for spectrum is probably yellow (e.g., low-pressure sodium or yellow/amber LED), but technical considerations may lead to use of a broader spectrum (e.g., high-pressure sodium). Yellow/amber LED streetlight fixtures are commercially available in response to demand for lighting with minimal impacts on bats (e.g., Innolumis bat lamp from the Netherlands) and other wildlife (e.g., Star Friendly® lights, C&W Energy Solutions).

Other alternatives are available to further reduce the impacts of street lighting. Embedded roadway lighting (**Figure 27**) has been investigated in Florida as a way to minimize impacts on nesting sea turtles (Bertolotti and Salmon 2005). Such lights may be useful in locations where snow plowing is not necessary. Another alternative is the use of dynamic lighting systems that decrease illumination based on the time of day or traffic volume so that lights are extinguished by a certain time at night or at a percentage of peak traffic (Collins et al. 2002).

Interested park managers can consult reviews on the impacts of light from street lighting systems, which recommend against full-spectrum lamps because of ecological, physiological, and dark-sky impacts (Falchi et al. 2011, Bierman 2012).

Vehicles along roads can cause the type of periodic changes in lighting levels that can affect animal behavior (Baker and Richardson 2006) and influence views of the night sky (Luginbuhl et al. 2009). Birds, especially migratory species and seabirds, can be attracted to vehicle headlights (Gauthreaux and Belser 2006). Although additional research on this topic would be welcome, managers can mitigate impacts from headlights by providing shielding of sensitive receptors using a range of physical barriers, including berms, dense shrubs, or even walls in particularly sensitive areas.

**Figure 27.** Embedded roadway lighting. These LED lights installed in the pavement are not visible to sea turtles nesting on the adjacent beach and are well received by motorists and pedestrians (Bertolotti and Salmon 2005). Photograph courtesy of Michael Salmon.

***Energy production installations***

Efforts to increase domestic energy production have resulted in pressure to explore and extract fossil fuels and develop industrial-scale facilities for wind and solar energy both on land and water. Energy production facilities have the potential to affect natural resources on park properties that may be found intermixed with other public and private lands approved for such activities. The direct impacts of such activities are of great conservation concern, but are not discussed here. In the event that such facilities are evaluated in the environmental review process, the following recommendations could be made to minimize the impacts of artificial night lighting.

Wind energy installations are generally illuminated with red flashing lights at the corners of arrays of turbines. Not all turbines have obstruction lighting. Researchers documenting mortality of animals (both bats and birds) at wind turbines have concluded that these flashing lights do not attract birds, but that constant illumination of ancillary structures on the ground is associated with increased bird mortality at nearby turbines (Kerlinger 2004, Kerlinger et al. 2010). Wind turbines currently are estimated to kill on the order of 100,000 (Kerlinger et al. 2011) and 573,000 (Smallwood 2013) birds per year, with this number likely to grow 30-fold in the next 20 years to meet federal goals for renewable energy. Ensuring that lighting is only red flashing with no steady-burning lights on any accessory structures would reduce mortality of nocturnal migrant birds, but would not mitigate the significant bat mortality that is associated with wind turbines (Kunz et al. 2007, Smallwood 2013).

Solar power plants are proposed and being built in open desert areas near parks and protected natural lands. Such facilities should not require dusk-to-dawn night lighting. If security lighting is desired, the recommendation should be made that it be fully shielded, low intensity, and on a motion detector.

Oil and natural gas facilities are often brightly illuminated at night. This light can have adverse consequences for any habitat in which it is found. For example, offshore oil platforms attract seabirds, usually to their detriment (Wiese et al. 2001, Montevecchi 2006). Terrestrial oil and gas facilities are often the only sources of light in remote open spaces. Parks can work with existing facilities to retrofit lights. For marine facilities, some initially positive data have been collected suggesting that using a green light on an offshore platform reduces the number of birds that are attracted to it (van de Laar 2007, Poot et al. 2008). By retrofitting the platform from white lights to green lights, Dutch researchers documented a reduction in the number of birds observed circling a platform (van de Laar 2007). The cause of this reduction could have been the wavelength of light used, or an overall decrease in lighting intensity that was a byproduct of the lighting change. The research shows that decreasing illumination and restricting the spectrum of light is a promising approach to reducing impacts to biological resources while still maintaining safe operations.

#### *Indoor lighting*

Although outdoor lighting is usually the focus of efforts to reduce impacts of night lighting on wildlife, indoor lighting should be considered as well. Indoor lighting may contribute substantially to ecological light pollution. In the extreme example of all-glass structures, greenhouses in Germany attract insects and migratory birds (Abt and Schultz 1995, Kolligs 2000). Furthermore, office buildings in urban cores can contribute as much to sky glow as billboards or roadway lighting (Oba et al. 2005). In darker environments, even the lights from a residence may have some effect on local wildlife behavior and degrade the experience of visitors in adjacent natural areas. Managers can be aware of these issues and seek to shield interior lights through use of curtains. This also gives an additional reason to cluster developments within parks. For urban areas and office buildings, guidelines are available to minimize the effects on birds, including through steps to reduce interior illumination (New York City Audubon Society 2007).

#### *Lighthouses*

The fatal attraction of birds to lighthouses has been observed for well over a century (Dutcher 1884, Miller 1897, Hansen 1954). In the United States, mortality of birds is more commonly reported on the East Coast than on the West Coast (Allen 1880, Merriam 1885), although mortality has been recorded on the West Coast as well (Squires and Hanson 1918). There has been some conflicting research on lighting color and flashing since the early 1900s (see review in Gauthreaux and Belser 2006), but the view has solidified that mortality can be decreased through the use of a flashing rather than constant light (Baldwin 1965, Jones and Francis 2003, Gauthreaux and Belser 2006). It is important that the light itself flashes, extinguishing completely between flashes, rather than the flashing effect being created by a rotating beam that remains illuminated. Reduction in lighting intensity also reduces bird mortality (Jones and Francis 2003).

#### *Billboards*

Billboards and other signage can affect wildlife behavior when illuminated. For example, light from a single billboard was sufficient to change the concealment behavior of juvenile salmon in a stream (Contor and Griffith 1995). While the significance of such behavioral changes is unknown, illumination of billboards and other signs should be controlled to minimize cumulative effects of

lighting on wildlife, especially as digital billboards proliferate. Illumination from a typical digital billboard proposed for installation in endangered species habitat in southern California would have caused lighting levels to exceed $10^{-1}$ lux (equivalent to that of a full moon) up to 1,000 ft (305 m) from the sign, according to the lighting engineers for the applicant (Longcore 2015; the proposal was not approved). Such intense lighting has the potential to influence nearby sensitive resources and contribute to sky glow.

## Conclusion

Light pollution within parks and protected lands can have a measurable impact upon the habitat quality of the park, even if the light itself originates outside of the park's administrative boundary. Minimizing ecological impacts requires that land managers adopt an ethic of using only the minimum light necessary for human needs and being cautious when introducing light into or near a natural landscape. This report provides examples of the range of negative consequences that may arise from artificial night lighting. Though not a compendium of information for every species and every environment, it should provide adequate evidence for reasonable management of lighting in natural areas.

Park managers should first inventory their resources and determine if and where sensitive species or habitats exist. This information can then guide the development of the prescription of lighting zones within a park where different levels of lighting are allowed, depending on the uses and experiences desired for those zones. Lighting zones may be designed to minimize wildlife impacts only or also to integrate other aspects of a park experience. The most sensitive zone would have a prohibition on outdoor lighting or impose restrictions that define a narrow range of allowable artificial lighting. Looser restrictions that still provide adequate mitigation would be delineated for developed areas in parks and those with substantial human nighttime activity. In all instances, mitigation should address spectrum, intensity, direction, and duration. When all four aspects are addressed, mitigations can be effective at reducing ecological disruption from artificial night lighting.

## Literature Cited

Abt, K. F., and G. Schultz. 1995. Auswirkungen der Lichtemissionen einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug [Impact of light emissions from a large illuminated greenhouse on nocturnal bird migration]. Corax **16**:17–29.

Allen, J. A. 1880. Destruction of birds by light-houses. Bulletin of the Nuttall Ornithological Club **5**:131–138.

Aubé, M., and J. Roby. 2014. Sky brightness levels before and after the creation of the first International Dark Sky Reserve, Mont-Mégantic Observatory, Québec, Canada. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer **139**:52–63.

Aubé, M., J. Roby, and M. Kocifaj. 2013. Evaluating potential spectral imapcts of various artificial lights on melatonin suppression, photosynthesis, and star visibility. PLoS ONE **8**:e67798.

Aubrecht, C., C. D. Elvidge, T. Longcore, C. Rich, J. Safran, A. E. Strong, C. M. Eakin, K. E. Baugh, B. T. Tuttle, A. T. Howard, and E. H. Erwin. 2008. A global inventory of coral reef stressors based on satellite observed nighttime lights. Geocarto International **23**:467–479.

Azam, C., C. Kerbiriou, A. Vernet, J. F. Julien, Y. Bas, L. Plichard, J. Maratrat, and I. Le Viol. 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? Global Change Biology **21**:4333–4341.

Baker, B. J., and J. M. L. Richardson. 2006. The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*. Canadian Journal of Zoology **84**:1528–1532.

Baldwin, D. H. 1965. Enquiry into the mass mortality of nocturnal migrants in Ontario: final report. Ontario Naturalist **3**:3–11.

Barber-Meyer, S. M. 2007. Photopollution impacts on the nocturnal behaviour of the sugar glider (*Petaurus breviceps*). Pacific Conservation Biology **13**:171–176.

Becker, A., A. K. Whitfield, P. D. Cowley, J. Järnegren, and T. F. Næsje. 2013. Potential effects of artificial light associated with anthropogenic infrastructure on the abundance and foraging behaviour of estuary-associated fishes. Journal of Applied Ecology **50**:43–50.

Beier, P. 1995. Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. Journal of Wildlife Management **59**:228–237.

Beier, P. 2006. Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. Pages 19–42 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Bennie, J., J. P. Duffy, T. W. Davies, M. E. Correa-Cano, and K. J. Gaston. 2015. Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems. Remote Sensing **7**:2715–2730.

Bentley, M. G., P. J. W. Olive, and K. Last. 2001. Sexual satellites, moonlight and the nuptial dances of worms: the influence of the moon on the reproduction of marine animals. Earth, Moon and Planets **85–86**:67–84.

Bertolotti, L., and M. Salmon. 2005. Do embedded roadway lights protect sea turtles? Environmental Management **36**:702–710.

Bierman, A. 2012. Will switching to LED outdoor lighting increase sky glow? Lighting Research & Technology **44**:449–458.

Bird, B. L., L. C. Branch, and D. L. Miller. 2004. Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice. Conservation Biology **18**:1435–1439.

Bird, S., and J. Parker. 2014. Low levels of light pollution may block the ability of male glow-worms (*Lampyris noctiluca* L.) to locate females. Journal of Insect Conservation **18**:737–743.

Boldogh, S., D. Dobrosi, and P. Samu. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. Acta Chiropterologica **9**:527–534.

Brainard, G. C., J. P. Hanifin, B. Warfield, M. K. Stone, M. E. James, M. Ayers, A. Kubey, B. Byrne, and M. Rollag. 2015. Short-wavelength enrichment of polychromatic light enhances human melatonin suppression potency. Journal of Pineal Research **58**:352–361.

Buchanan, B. W. 1993. Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. Animal Behaviour **45**:893–899.

Buchanan, B. W. 1998. Low-illumination prey detection by squirrel treefrogs. Journal of Herpetology **32**:270–274.

Buchanan, B. W. 2006. Observed and potential effects of artificial night lighting on anuran amphibians. Pages 192–220 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Burger, J., and M. Gochfeld. 1991. Human activity influence and diurnal and nocturnal foraging of sanderlings (*Calidris alba*). Condor **93**:259–265.

Carter, H. R., D. L. Whitworth, J. Y. Takekawa, T. W. Keeney, and P. R. Kelly. 2000. At-sea threats to Xantus' murrelets (*Synthliboramphus hypoleucus*) in the Southern California Bight. Pages 435–447 *in* D. R. Browne, K. L. Mitchell, and H. W. Chaney, editors. Proceedings of the fifth California Islands symposium. U.S. Minerals Management Service, Camarillo, California.

Christoffers, E. W., III. 1986. Ecology of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius) on Assateague Island, Maryland and the impacts of various human uses of the beach on their distribution and abundance. Dissertation. Michigan State University, East Lansing, Michigan.

CIE. 1932. Commission Internationale de l'Éclairage Proceedings, 1931. Cambridge University Press, Cambridge.

Clarke, J. A. 1983. Moonlight's influence on predator/prey interactions between short-eared owls (*Asio flammeus*) and deermice (*Peromyscus maniculatus*). Behavioral Ecology and Sociobiology **13**:205–209.

Cleve, K. 1964. Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen [The flight of moths at artificial light sources]. Mitteilungen der dutschen Entomologischen Gesellschaft **23**:66–76.

Collins, A., T. Thurrell, R. Pink, and J. Feather. 2002. Dynamic dimming: the future of motorway lighting? Lighting Journal **67**:25–33.

Contor, C. R., and J. S. Griffith. 1995. Nocturnal emergence of juvenile rainbow trout from winter concealment relative to light intensity. Hydrobiologia **299**:179–183.

Daly, M., P. R. Behrends, M. I. Wilson, and L. F. Jacobs. 1992. Behavioural modulation of predation risk: moonlight avoidance and crespuscular compensation in a nocturnal desert rodent, *Dipodomys merriami*. Animal Behaviour **44**:1–9.

Davies, T. W., M. Coleman, K. M. Griffith, and S. R. Jenkins. 2015. Night-time lighting alters the composition of marine epifaunal communities. Biology Letters **11**:20150080.

Davies, T. W., J. P. Duffy, J. Bennie, and K. J. Gaston. 2014. The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment **12**:347–355.

Day, J., J. Baker, H. Schofield, F. Mathews, and K. J. Gaston. 2015. Part-night lighting: implications for bat conservation. Animal Conservation **18**:512–516.

De Molenaar, J. G., R. J. H. G. Henkens, C. ter Braak, C. van Duyne, G. Hoefsloot, and D. A. Jonkers. 2003. Road illumination and nature, IV. Effects of road lights on the spatial behaivour of mammals. Alterra, Green World Research, Wageningen, The Netherlands.

De Molenaar, J. G., D. A. Jonkers, and M. E. Sanders. 2000. Road illumination and nature. III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (*Limosa l. limosa*) population. DWW Ontsnipperingsreeks deel 38A, Delft.

De Molenaar, J. G., M. E. Sanders, and D. A. Jonkers. 2006. Road lighting and grassland birds: local influence of road lighting on a black-tailed godwit population. Pages 114–136 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

DeCoursey, P. J. 1986. Light-sampling behavior in photoentrainment of a rodent circadian rhythm. Journal of Comparative Physiology A **159**:161–169.

Dick, M. H., and W. Donaldson. 1978. Fishing vessel endangered by crested auklet landings. Condor **80**:235–236.

Duffy, J. P., J. Bennie, A. P. Durán, and K. J. Gaston. 2015. Mammalian ranges are experiencing erosion of natural darkness. Scientific Reports **5**:12042.

Dugan, P. J. 1981. The importance of nocturnal foraging in shorebirds: a consequence of increased invertebrate prey activity. Pages 251–260 *in* N. V. Jones and W. J. Wolff, editors. Feeding and survival strategies of estuarine organisms. Plenum Press, New York.

Dutcher, W. 1884. Bird notes from Long Island, N.Y. Auk **1**:174–179.

Eisenbeis, G. 2006. Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. Pages 281–304 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Eisenbeis, G., and K. Eick. 2011. Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs [Attraction of nocturnal insects to street lights — a study of lighting systems, with consideration of LEDs]. Natur und Landschaft **86**:298–306.

Eisenbeis, G., and F. Hassel. 2000. [Attraction of nocturnal insects to street lights – a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessin (Germany)]. Natur und Landschaft **75**:145–156.

Evans, A. 1987. Relative availability of the prey of wading birds by day and by night. Marine Ecology – Progress Series **37**:103–107.

Falchi, F., P. Cinzano, C. D. Elvidge, D. M. Keith, and A. Haim. 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. Journal of Environmental Management **92**:2714–2722.

Forsythe, J., N. Kangas, and R. T. Hanlon. 2004. Does the California market squid (*Loligo opalescens*) spawn naturally during the day or at night? A note on the successful use of ROVs to obtain basic fisheries biology data. Fishery Bulletin **102**:389–392.

Frank, K. D. 1988. Impact of outdoor lighting on moths: an assessment. Journal of the Lepidopterists' Society **42**:63–93.

Frank, K. D. 2006. Effects of artificial night lighting on moths. Pages 305–344 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Gal, G., E. R. Loew, L. G. Rudstam, and A. M. Mohammadian. 1999. Light and diel vertical migration: spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science **56**:311–322.

Gastman, E. A. 1886. Birds killed by electric light towers at Decatur, Ill. American Naturalist **20**:981.

Gaston, K. J. 2013. A green light for efficiency. Nature **497**:560–561.

Gauthreaux, S. A., Jr., and C. G. Belser. 2006. Effects of artificial night lighting on migrating birds. Pages 67–93 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Gehring, J., and P. Kerlinger. 2007. Avian collisions at communications towers: II. The role of Federal Aviation Administration obstruction lighting systems. State of Michigan.

Gilbert, B. S., and S. Boutin. 1991. Effect of moonlight on winter activity of snowshoe hares. Arctic and Alpine Research **23**:61–65.

Gorbunov, M. Y., and P. G. Falkowski. 2002. Photoreceptors in the cnidarian hosts allow symbiotic corals to sense blue moonlight. Limnology and Oceanography **47**:309–315.

Gorenzel, W. P., and T. P. Salmon. 1995. Characteristics of American crow urban roosts in California. Journal of Wildlife Management **59**:638–645.

Griffin, P. C., S. C. Griffin, C. Waroquiers, and L. S. Mills. 2005. Mortality by moonlight: predation risk and the snowshoe hare. Behavioral Ecology **16**:938–944.

Grigione, M. M., and R. Mrykalo. 2004. Effects of artificial night lighting on endangered ocelots (*Leopardus paradalis*) and nocturnal prey along the United States-Mexico border: a literature review and hypotheses of potential impacts. Urban Ecosystems **7**:65–77.

Hagen, O., and V. R. Viviani. 2009. Investigation of the artificial night lighting influence in firefly (Coleoptera: Lampyridae) occurrence in the urban areas of Campinas and Sorocaba municipalities [extended abstract].*in* Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço.

Hailman, J. P. 1984. Bimodal nocturnal activity of the western toad (*Bufo boreas*) in relation to ambient illumination. Copeia **1984**:283–290.

Hailman, J. P., and J. G. Jaeger. 1974. Phototactic responses to spectrally dominant stimuli and use of colour vision by adult anuran amphibians: a comparative survey. Animal Behaviour **22**:757–795.

Hailman, J. P., and J. G. Jaeger. 1976. A model of phototaxis and its evaluation with anuran populations. Behaviour **56**:289–296.

Hansen, L. 1954. Birds killed at lights in Denmark 1886–1939. Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening **116**:269–368.

Henn, M., H. Nichols, Y. Zhang, and T. H. Bonner. 2014. Effect of artificial light on the drift of aquatic insects in urban central Texas streams. Journal of Freshwater Ecology **29**:302–318.

Hobson, E. S. 1965. Diurnal–nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. Copeia **1965**:291–302.

Hobson, E. S., W. N. McFarland, and J. R. Chess. 1981. Crepuscular and nocturnal activities of Californian nearshore fishes, with consideration of their scotopic visual pigments and the photic environment. Fishery Bulletin **79**:1–30.

Hock, R. J. 1955. Photoperiod as stimulus for onset of hibernation. Federation Proceedings **14**:73–74.

Holzman, R., and A. Genin. 2003. Zooplanktivory by a nocturnal coral-reef fish: effects of light, flow, and prey density. Limnology and Oceanography **48**:1367–1375.

Holzman, R., and A. Genin. 2005. Mechanisms of selectivity in a nocturnal fish: a lack of active prey choice. Oecologia **146**:329–336.

Horváth, G., G. Kriska, P. Malik, and B. Robertson. 2009. Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. Frontiers in Ecology and the Environment **7**:317–325.

Jaeger, R. G., and J. P. Hailman. 1976. Phototaxis in anurans: relation between intensity and spectral preferences. Copeia **1976**:92–98.

Johnsen, S. 2012. The optics of life: a biologist's guide to light in nature. Princeton University Press, Princeton.

Jokiel, P. L., R. Y. Ito, and P. M. Liu. 1985. Night irradiance and synchronization of lunar release of planula larvae in the reef coral *Pocillopora damicornis*. Marine Biology **88**:167–174.

Jones, J., and C. M. Francis. 2003. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. Journal of Avian Biology **34**:328–333.

Keitt, B. S., B. R. Tershy, and D. A. Croll. 2004. Nocturnal behavior reduces predation pressure on black-vented shearwaters *Puffinus opisthomelas*. Marine Ornithology **32**:173–178.

Kerlinger, P. 2004. Attraction of night migrating birds to FAA and other types of lights. Curry & Kerlinger, LLC, Cape May, New Jersey.

Kerlinger, P., J. Gehring, and R. Curry. 2011. Understanding bird collisions at communication towers and wind turbines: status of impacts and research. Birding **43**:44–51.

Kerlinger, P., J. L. Gehring, W. P. Erickson, R. Curry, A. Jain, and J. Guarnaccia. 2010. Night migrant fatalities and obstruction lighting at wind turbines in North America. Wilson Journal of Ornithology **122**:744–754.

Kolligs, D. 2000. Ökologische Auswirkungen künstlicher Lichtquellen auf nachtaktive Insekten, insbesondere Schmetterlinge (Lepidoptera) [Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on moths (Lepidoptera)]. Faunistisch-Oekologische Mitteilungen Supplement **28**:1–136.

Kotler, B. P. 1984. Risk of predation and the structure of desert rodent communities. Ecology **65**:689–701.

Kotler, B. P. 1985. Owl predation on desert rodents which differ in morphology and behavior. Journal of Mammalogy **66**:824–828.

Kramer, K. M., and E. C. Birney. 2001. Effect of light intensity on activity patterns of Patagonian leaf-eared mice, *Phyllotis xanthopygus*. Journal of Mammalogy **82**:535–544.

Kronfeld-Schor, N., and T. Dayan. 2008. Activity patterns of rodents: the physiological ecology of biological rhythms. Biological Rhythm Research **39**:193–211.

Kumlien, L. 1888. Observations on bird migration at Milwaukee. Auk **5**:325–328.

Kunz, T. H., E. B. Arnett, W. P. Erickson, A. R. Hoar, G. D. Johnson, R. P. Larkin, M. D. Strickland, R. W. Thresher, and M. D. Tuttle. 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Frontiers in Ecology and the Environment **5**:315–324.

Kyba, C. C. M., T. Ruhtz, J. Fischer, and F. Hölker. 2011. Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. PLoS ONE **6**:e17307.

Leis, J. M. 1986. Vertical and horizontal distribution of fish larvae near coral reeefs at Lizard Island, Great Barrier Reef. Marine Biology **90**:505–516.

Levy, O., L. Mizrahi, N. E. Chadwick-Furman, and Y. Achituv. 2001. Factors controlling the expansion behavior of *Favia favus* (Cnidaria: Scleractinia): effects of light, flow, and planktonic prey. Biological Bulletin **200**:118–126.

Lima, S. L. 1998. Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. Advances in the Study of Behavior **27**:215–290.

Lloyd, J. E. 2006. Stray light, fireflies, and fireflyers. Pages 345–364 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Longcore, T. 2015. Review of biological impacts analysis in Mitigated Negative Declaration for State Route 78 Digital Sign, City of Oceanside, California. Land Protection Partners, Los Angeles.

Longcore, T., H. L. Aldern, J. F. Eggers, S. Flores, L. Franco, E. Hirshfield-Yamanishi, L. N. Petrinec, W. A. Yan, and A. M. Barroso. 2015. Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **370**:20140125.

Longcore, T., and C. Rich. 2004. Ecological light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment **2**:191–198.

Longcore, T., C. Rich, and S. A. Gauthreaux, Jr. 2008. Height, guy wires, and steady-burning lights increase hazard of communication towers to nocturnal migrants: a review and meta-analysis. Auk **125**:485–492.

Longcore, T., C. Rich, J. M. Marzluff, and B. Nightingale. 2003. Peer review of artificial light and noise impact analysis in Sand Point Magnuson Park Drainage, Wetland/Habitat Complex and Sports Fields/Courts Project Final Environmental Impact Statement. Land Protection Partners, Los Angeles.

Longcore, T., C. Rich, P. Mineau, B. MacDonald, D. G. Bert, L. M. Sullivan, E. Mutrie, S. A. Gauthreaux, Jr., M. L. Avery, R. L. Crawford, A. M. Manville, II, E. R. Travis, and D. Drake. 2012. An estimate of avian mortality at communication towers in the United States and Canada. PLoS ONE **7**:e34025.

Longcore, T., C. Rich, P. Mineau, B. MacDonald, D. G. Bert, L. M. Sullivan, E. Mutrie, S. A. Gauthreaux, Jr., M. L. Avery, R. L. Crawford, A. M. Manville, II, E. R. Travis, and D. Drake. 2013. Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: which species, how many, and where? Biological Conservation **158**:410–419.

Luginbuhl, C. B., G. W. Lockwood, D. R. Davis, K. Pick, and J. Selders. 2009. From the ground up I: light pollution sources in Flagstaff, Arizona. Publications of the Astronomical Society of the Pacific **121**:185–203.

Málnás, K., L. Polyák, É. Prill, R. Hegedüs, G. Kriska, G. Dévai, G. Horváth, and S. Lengyel. 2011. Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly *Palingenia longicauda*: an overlooked threat to freshwater biodiversity? Journal of Insect Conservation **15**:823–832.

Marcantonio, M., S. Pareeth, D. Rocchini, M. Metz, C. X. Garzon-Lopez, and M. Neteler. 2015. The integration of artificial night-time lights in landscape ecology: a remote sensing approach. Ecological Complexity **22**:109–120.

McFarlane, R. W. 1963. Disorientation of loggerhead hatchlings by artificial road lighting. Copeia **1963**:153.

McNeil, R., P. Drapeau, and J. D. Goss-Custard. 1992. The occurrence and adaptive significance of nocturnal habits in waterfowl. Biological Reviews **67**:381–419.

Menzel, R., and U. Greggers. 1985. Natural phototaxis and its relationship to colour vision in honeybees. Journal of Comparative Physiology A **157**:311–321.

Merriam, C. H. 1885. Preliminary report of the committee on bird migration. Auk **2**:53–65.

Miller, G. S., Jr. 1897. Winge on birds at the Danish lighthouses. Auk **14**:415–417.

Mizon, B. 2012. Light pollution: responses and remedies. Springer-Verlag, London.

Montevecchi, W. A. 2006. Influences of artificial light on marine birds. Pages 94–113 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Moore, M. V., S. J. Kohler, and M. S. Cheers. 2006. Artificial light at night in freshwater habitats and its potential ecological effects. Pages 365–384 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Moore, M. V., S. M. Pierce, H. M. Walsh, S. K. Kvalvik, and J. D. Lim. 2000. Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie **27**:779–782.

Moser, J. C., J. D. Reeve, J. M. S. Bento, T. M. C. Della Lucia, R. S. Cameron, and N. M. Heck. 2004. Eye size and behaviour of day- and night-flying leafcutting ant alates. Journal of Zoology, London **264**:69–75.

Mouritsen, K. N. 1992. Predator avoidance in night-feeding dunlins *Calidris alpina*: a matter of concealment. Ornis Scandinavica **23**:195–198.

New York City Audubon Society. 2007. Bird-safe building guidelines. New York City Audubon Society, New York.

Nightingale, B., T. Longcore, and C. A. Simenstad. 2006. Artificial night lighting and fishes. Pages 257–276 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Nørgaard, T., J. R. Henschel, and R. Wehner. 2006. The night-time temporal window of locomotor activity in the Namib Desert long-distance wandering spider, *Leucorchestris arenicola*. Journal of Comparative Physiology A **192**:365–372.

Oba, N., K. Kawakami, T. Iwata, T. Uozumi, and S. Kohko. 2005. Sky glow caused by the spill light from office buildings. Journal of Light & Visual Environment **29**:19–24.

Outen, A. R. 1998. The possible ecological implications of artificial lighting. Hertfordshire Biological Records Centre, Hertfordshire.

Overing, R. 1938. High mortality at the Washington Monument. Auk **55**:679.

Pauley, S. M. 2004. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. Medical Hypotheses **63**:588–596.

Pawson, S. M., and M. K.-F. Bader. 2014. LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. Ecological Applications **24**:1561–1568.

Perkin, E. K., F. Hölker, J. S. Richardson, J. P. Sadler, C. Wolter, and K. Tockner. 2011. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges, and perspectives. Ecosphere **2**:122.

Perry, G., B. W. Buchanan, R. N. Fisher, M. Salmon, and S. E. Wise. 2008. Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. Herpetological Conservation **3**:239–256.

Perry, G., and R. N. Fisher. 2006. Night lights and reptiles: observed and potential effects. Pages 169–191 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Poiani, S., C. Dietrich, A. Barroso, and A. M. Costa-Leonardo. 2015. Effects of residential energy-saving lamps on the attraction of nocturnal insects. Lighting Research & Technology **47**:338–348.

Poot, H., B. J. Ens, H. de Vries, M. A. H. Donners, M. R. Wernand, and J. M. Marquenie. 2008. Green light for nocturnally migrating birds. Ecology and Society **13**:47.

Price, M. V., N. M. Waser, and T. A. Bass. 1984. Effects of moonlight on microhabitat use by desert rodents. Journal of Mammalogy **65**:353–356.

Reed, J. R., J. L. Sincock, and J. P. Hailman. 1985. Light attraction in endangered procellariiform birds: reduction by shielding upward radiation. Auk **102**:377–383.

Rich, C., and T. Longcore, editors. 2006. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Riley, W. D., P. I. Davison, D. L. Maxwell, and B. Bendall. 2013. Street lighting delays and disrupts the dispersal of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Biological Conservation **158**:140–146.

Riou, S., and K. C. Hamer. 2008. Predation risk and reproductive effort: impacts of moonlight on food provisioning and chick growth in Manx shearwaters. Animal Behaviour **76**:1743–1748.

Ritz, T., R. Wiltschko, P. J. Hore, C. T. Rodgers, K. Stapput, P. Thalau, C. R. Timmel, and W. Wiltschko. 2009. Magnetic compass of birds is based on a molecule with optimal directional sensitivity. Biophysical Journal **96**:3451–3457.

Robert, M., R. McNeil, and A. Leduc. 1989. Conditions and significance of night feeding in shorebirds and other water birds in a tropical lagoon. Auk **106**:94–101.

Rodrigues, P., C. Aubrecht, A. Gil, T. Longcore, and C. Elvidge. 2012. Remote sensing to map influence of light pollution on Cory's shearwater in São Miguel Island, Azores Archipelago. European Journal of Wildlife Research **58**:147–155.

Rodríguez, A., and B. Rodríguez. 2009. Attraction of petrels to artificial lights in the Canary Islands: effects of the moon phase and age class. Ibis **151**:299–310.

Rohweder, D. A., and P. R. Baverstock. 1996. Preliminary investigation of nocturnal habitat use by migratory waders (Order Charadriiformes) in northern New South Wales. Wildlife Research **23**:169–183.

Salmon, M. 2003. Artificial night lighting and sea turtles. Biologist **50**:163–168.

Salmon, M. 2006. Protecting sea turtles from artificial night lighting at Florida's oceanic beaches. Pages 141–168 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Schlacher, T. A., J. Dugan, D. S. Schoeman, M. Lastra, A. Jones, F. Scapini, A. McLachlan, and O. Defeo. 2007a. Sandy beaches at the brink. Diversity and Distributions **13**:556–560.

Schlacher, T. A., L. Thompson, and S. Price. 2007b. Vehicles *versus* conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. Marine Ecology **28**:354–367.

Schmiedel, J. 2001. Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf die Tierwelt – ein Überblick [Effects of artificial lighting on the animal world – an overview]. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz **67**:19–51.

Schoettle, B., M. Sivak, M. J. Flannagan, and W. J. Kosmatka. 2004. A market-weighted description of low-beam headlighting patterns in the U.S.: 2004. UMTRI-2004-23. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, Michigan.

Sebens, K. P., and K. DeRiemer. 1977. Diel cycles of expansion and contraction in coral reef anthozoans. Marine Biology **43**:247–256.

Seligmann, H., S. C. Anderson, K. Autumn, A. Bouskila, R. Saf, B. S. Tuniyev, and Y. L. Werner. 2007. Analysis of the locomotor activity of a nocturnal desert lizard (Reptilia: Gekkonidae: *Teratoscincus scincus*) under varying moonlight. Zoology **110**:104–117.

Sherman, L. W., D. Gottfredson, D. MacKenzie, J. Eck, P. Reuter, and S. Bushway. 1997. Preventing crime: what works, what doesn't, what's promising. A report to the United States Congress. University of Maryland at College Park, Department of Criminology and Criminal Justice, College Park, Maryland.

Skutelsky, O. 1996. Predation risk and state-dependent foraging in scorpions: effects of moonlight on foraging in the scorpion *Buthus occitanus*. Animal Behaviour **52**:49–57.

Smallwood, K. S. 2013. Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. Wildlife Society Bulletin **37**:19–33.

Squires, W. A., and H. E. Hanson. 1918. The destruction of birds at the lighthouses on the coast of California. Condor **20**:6–10.

Steinbach, R., C. Perkins, L. Tompson, S. Johnson, B. Armstrong, J. Green, C. Grundy, P. Wilkinson, and P. Edwards. 2015. The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. Journal of Epidemiology and Community Health **69**:1118–1124.

Stokkan, K.-A., L. Folkow, J. Dukes, M. Neveu, C. Hogg, S. Siefken, S. C. Dakin, and G. Jeffery. 2013. Shifting mirrors: adaptive changes in retinal reflections to winter darkness in Arctic reindeer. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **280**:20132451.

Stone, E. L., S. Harris, and G. Jones. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde **80**:213–219.

Stone, E. L., G. Jones, and S. Harris. 2012. Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. Global Change Biology **18**:2458–2465.

Sweeney, A. M., C. A. Boch, S. Johnsen, and D. E. Morse. 2011. Twilight spectral dynamics and the coral reef invertebrate spawning response. Journal of Experimental Biology **214**:770–777.

Telfer, T. C., J. L. Sincock, G. V. Byrd, and J. R. Reed. 1987. Attraction of Hawaiian seabirds to lights: conservation efforts and effects of moon phase. Wildlife Society Bulletin **15**:406–413.

Thibault, M., and R. McNeil. 1994. Day/night variation in habitat use by Wilson's plovers in northeastern Venezuela. Wilson Bulletin **106**:299–310.

Tien, J. M., V. F. O'Donnell, A. Barnett, and P. B. Mirchandani. 1977. National evaluation program, phase 1 report. Street lighting projects. National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice, Washington, D.C.

Tigar, B. J., and P. E. Osborne. 1999. The influence of the lunar cycle on ground-dwelling invertebrates in an Arabian desert. Journal of Arid Environments **43**:171–182.

Upham, N. S., and J. C. Hafner. 2013. Do nocturnal rodents in the Great Basin Desert avoid moonlight? Journal of Mammalogy **94**:59–72.

van de Laar, F. J. T. 2007. Green light to birds: investigation into the effect of bird-friendly lighting. NAM Locatie L15-FA-1, Assen, The Netherlands.

Vásquez, R. A. 1994. Assessment of predation risk via illumination level: facultative central place foraging in the cricetid rodent *Phyllotis darwini*. Behavioral Ecology and Sociobiology **34**:375–381.

Verheijen, F. J. 1985. Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents, causations, remedies. Experimental Biology **1985**:1–18.

Wagner, R., C. Moore, and L. Smith. undated. Dark-sky camping: best practices in illumination for the Boy Scouts.

Walmsley, L., L. Hanna, J. Mouland, F. Martial, A. West, A. R. Smedley, D. A. Bechtold, A. R. Webb, R. J. Lucas, and T. M. Brown. 2015. Colour as a signal for entraining the mammalian circadian clock. PLoS Biology **13**:e1002127.

Wiese, F. K., W. A. Montevecchi, G. K. Davoren, F. Huettmann, A. W. Diamond, and J. Linke. 2001. Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North-west Atlantic. Marine Pollution Bulletin **42**:1285–1290.

Wilhelm, S. I., J. J. Schau, E. Schau, S. M. Dooley, D. L. Wiseman, and H. A. Hogan. 2013. Atlantic puffins are attracted to coastal communities in Eastern Newfoundland. Northeastern Naturalist **20**:624–630.

Wiltschko, W., U. Munro, H. Ford, and R. Wiltschko. 1993. Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. Nature **364**:525–527.

Wiltschko, W., and R. Wiltschko. 1995. Migratory orientation of European robins is affected by the wavelength of light as well as by a magnetic pulse. Journal of Comparative Physiology A **177**:363–369.

Wise, S. 2007. Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: amphibians as models. Pages 107–116 *in* C. Marín and J. Jafari, editors. StarLight: a common heritage. StarLight Initiative La Palma Biosphere Reserve, Instituto De Astrofísica De Canarias, Government of The Canary Islands, Spanish Ministry of The Environment, UNESCO - MaB., Canary Islands, Spain.

Wise, S. E., and B. W. Buchanan. 2006. The influence of artificial illumination on the nocturnal behavior and physiology of salamanders. Pages 221–251 *in* C. Rich and T. Longcore, editors. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C.

Witherington, B. E. 1992. Behavioral responses of nesting sea turtles to artificial lighting. Herpetologica **48**:31–39.

Yahel, R., G. Yahel, T. Berman, J. S. Jaffe, and A. Genin. 2005. Diel pattern with abrupt crepuscular changes of zooplankton over a coral reef. Limnology and Oceanography **50**:930–944.

Yong, E. 2013. Why are reindeer eyes golden in summer but blue in winter? Phenomena. National Geographic (online).

Yurk, H., and A. W. Trites. 2000. Experimental attempts to reduce predation by harbor seals on out-migrating juvenile salmonids. Transactions of the American Fisheries Society **129**:1360–1366.

The Department of the Interior protects and manages the nation's natural resources and cultural heritage; provides scientific and other information about those resources; and honors its special responsibilities to American Indians, Alaska Natives, and affiliated Island Communities.

NPS 999/132629, May 2016

**National Park Service**
**U.S. Department of the Interior**

**Natural Resource Stewardship and Science**
1201 Oakridge Drive, Suite 150
Fort Collins, CO 80525

www.nature.nps.gov

2016
National Park Service
CENTENNIAL

**EXPERIENCE YOUR AMERICA ™**

View publication stats

Journal of Ecology

Folio Nº 2384

British Ecological Society

*Journal of Ecology* 2016, **104**, 611–620 doi: 10.1111/1365-2745.12551

FUTURE DIRECTIONS

# Ecological effects of artificial light at night on wild plants

**Jonathan Bennie*, Thomas W. Davies, David Cruse and Kevin J. Gaston**

*Environment and Sustainability Institute, University of Exeter, Penryn Campus, Penryn TR10 9FE, UK*

## Summary

**1.** Plants use light as a source of both energy and information. Plant physiological responses to light, and interactions between plants and animals (such as herbivory and pollination), have evolved under a more or less stable regime of 24-h cycles of light and darkness, and, outside of the tropics, seasonal variation in day length.

**2.** The rapid spread of outdoor electric lighting across the globe over the past century has caused an unprecedented disruption to these natural light cycles. Artificial light is widespread in the environment, varying in intensity by several orders of magnitude from faint skyglow reflected from distant cities to direct illumination of urban and suburban vegetation.

**3.** In many cases, artificial light in the night-time environment is sufficiently bright to induce a physiological response in plants, affecting their phenology, growth form and resource allocation. The physiology, behaviour and ecology of herbivores and pollinators are also likely to be impacted by artificial light. Thus, understanding the ecological consequences of artificial light at night is critical to determine the full impact of human activity on ecosystems.

**4.** *Synthesis*. Understanding the impacts of artificial night-time light on wild plants and natural vegetation requires linking the knowledge gained from over a century of experimental research on the impacts of light on plants in the laboratory and glasshouse with knowledge of the intensity, spatial distribution, spectral composition and timing of light in the night-time environment. To understand fully the extent of these impacts requires conceptual models that can (i) characterize the highly heterogeneous nature of the night-time light environment at a scale relevant to plant physiology; and (ii) scale physiological responses to predict impacts at the level of the whole plant, population, community and ecosystem.

**Key-words:** circadian, ecophysiology, light cycles, light pollution, photoperiodism, photopollution, physiology, sky glow, urban ecology

## Introduction

Light plays a central role in the physiology and ecology of plants. Plants use light both as a resource, via photosynthesis, and as a source of information. The timing, intensity and spectral composition of natural cycles of light provide cues for regulating circadian rhythms, seasonal phenology and the expression of phenotypic variation, including growth form and resource allocation. These cycles have provided a strong selective pressure for millennia. Since the early 20th century, the widespread use of outdoor electric lighting associated with human settlements, industry and transport networks has altered these natural daily and seasonal cycles of light across much of the globe (Cinzano, Falchi & Elvidge 2001), not just in urban environments but also in natural ecosystems (Bennie *et al.* 2015a; Gaston, Duffy & Bennie 2015). Meanwhile, there is an increasing recognition of the value of frequently illuminated habitats such as roadside verges and hedgerows (Tikka, Högmander & Koski 2001; Hovd & Skogen 2005; Cousins 2006; Le Viol *et al.* 2008; Hanley & Wilkins 2015), domestic gardens (Davies *et al.* 2009; Goddard, Dougill & Benton 2010) and urban ecosystems (Angold *et al.* 2006) for plant and pollinator biodiversity and maintenance of ecosystem services, including human health and well-being (Gaston, Ávila-Jiménez & Edmondson 2013). It has been estimated that 238 000 hectares of road verge alone exist in Britain, more than twice the area of natural or semi-natural grassland in the wider countryside (Plantlife 2013). These habitats are often directly illuminated by artificial light throughout the night, or intermittently lit by vehicle headlights. However,

*Correspondence author. E-mail: j.j.bennie@exeter.ac.uk

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society.
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Folio Nº 2385



even reviews of the ecological effects of roads seldom give much attention to artificial light at night (Spellerberg 1998; Trombulak & Frissell 2000; Coffin 2007; although see Blackwell, DeVault & Seamans 2015). Many other natural or semi-natural habitats may be directly lit from artificial light sources at their margins when they are adjacent to human settlements, industry or roads. Even remote areas may be affected as measureable levels of artificial light reflected and scattered in the atmosphere ('skyglow') are detectable tens to hundreds of kilometres from urban centres, particularly under overcast conditions (Kyba *et al.* 2015). Cinzano, Falchi & Elvidge (2001) concluded that 'mankind is proceeding to envelop itself in a luminous fog', after calculating that some 18.7% of the World's terrestrial surface (excluding Antarctica) could be considered as experiencing light pollution. This figure is far higher for some countries – 84.7% of the United Kingdom, for example, or 100% of the Netherlands.

Some measureable degree of artificial light at night is clearly the norm, rather than an exception, across the land surface of many developed countries, but such figures mask a high degree of spatial heterogeneity; while the scattered light from a city may illuminate natural vegetation to levels approaching that of moonlight, localized direct illumination from vehicle headlights or roadside street lighting will be several orders of magnitude brighter. Many natural or semi-natural habitats thus experience artificial light at night at levels congruent with those that cause physiological effects on plants. There is an extensive literature on the effects of artificial manipulations of light conditions on plants, dating from the 17th and 18th centuries (Hunt 1854; Darwin 1881), and it is well-established that light at night, even of short duration or at low intensities, can have marked physiological effects (Smith 1982). Surprisingly, despite a growing awareness of the impacts that disruption of natural light cycles may have on animals (Longcore & Rich 2004; Gaston & Bennie 2014) and plant–animal interactions (MacGregor *et al.* 2014), much less work has been published on the unintended ecological impacts of artificial light at night on wild plants and natural vegetation (although see Briggs 2006 for a review of potential physiological mechanisms). In this study, we argue that there is a pressing need for plant ecologists to define ecologically meaningful measures of artificial light in the natural environment and to develop understanding of the thresholds and dose–response relationships of light-sensitive processes in plants, particularly at low light intensities. Furthermore, we must improve understanding of the effects of low-intensity light at night in terms of ecological, as well as physiological, processes including competition, herbivory, pollination, reproduction and dispersal.

## How much artificial light is there in the environment?

Understanding the ecological impacts of artificial light requires information on the intensity, spatial pattern, spectral distribution, duration and timing of the artificial light to which wild plants are exposed. This is not straightforward, as any comparison of light levels in the environment is somewhat complicated by high degrees of temporal and spatial heterogeneity, and the wide range of spectral power distributions of lighting systems in use (Gaston *et al.* 2012). Furthermore, there is no single measure of light intensity that is suitable for quantifying the varying physiological effects of artificial light on plants. In physical studies, the intensity of solar energy on a surface (solar irradiance) is typically measured as an energy flux density with SI units of W $m^{-2}$. These radiometric units, which measure power from the electromagnetic spectrum (including light), are distinct from photometric units, which describe the measurement of light in terms of its perceived brightness. Hence, the visible light flux on a surface is described in terms of illuminance, rather than radiance, as not all wavelengths are visible to the human eye. In order to convert measures of irradiance to illuminance, the energy flux must be weighted by a luminosity function, which describes the sensitivity of human visual perception to different wavelengths of light between 400 and 700 nm (Sharpe *et al.* 2005). The SI unit of illuminance is lux (lx), equal to one lumen (lm) per metre squared, where a lumen is the unit of luminous flux, which is the amount of visible light emitted by a source.

Figure 1 shows a range of illuminances measured in vegetation the UK. At the upper end of the scale, the leaves of trees adjacent to street lights or in the beam of car headlights may be exposed to thousands of lux while typical stable ground level illuminances of roadside vegetation (directly beneath street lights) are around 50 lux. Skyglow within cities has been recorded at levels of 0.1–0.5 lux (Eisenbeis 2006), and decreases with distance from central urban areas, with detectable levels up to 10s to 100s of km (Biggs *et al.* 2012).

Undesirable light at night, or light pollution, is often measured in other units. To measure the brightness of the night sky (including skyglow), astronomers often use the logarithmic magnitude scale, which was developed to compare the apparent brightness of stars; for example, Sirius, the brightest star in the sky, has magnitude −1.5 which is equivalent to an illuminance of $10^{-5}$ lx. When used to describe the brightness of the sky due to light pollution, measurements are typically taken vertically for a small portion of the sky (Davies *et al.* 2013; Kyba *et al.* 2015) and expressed as brightness per solid angle of the sky dome (magnitude per square arcsecond). A direct conversion into a measure of illuminance is problematic, however, since skyglow is strongly anisotropic, usually much brighter towards the horizon in the vicinity of towns and cities.

While radiometric measurements are essential for calculations of the energy balance of a surface, and photometric measures are useful for assessing the relative brightness of light to the human eye, in isolation neither is an ideal measure for assessing the ecological impact of light, particularly where that light derives from sources with a range of different spectral signatures. In this study, we use photometric units such as lux (lx) as a standard unit of comparison for light measurements – this has the advantage of allowing a direct comparison to levels of illuminance required for human activity. However, we stress that illuminance is only useful as a

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society., 

Folio Nº 2386



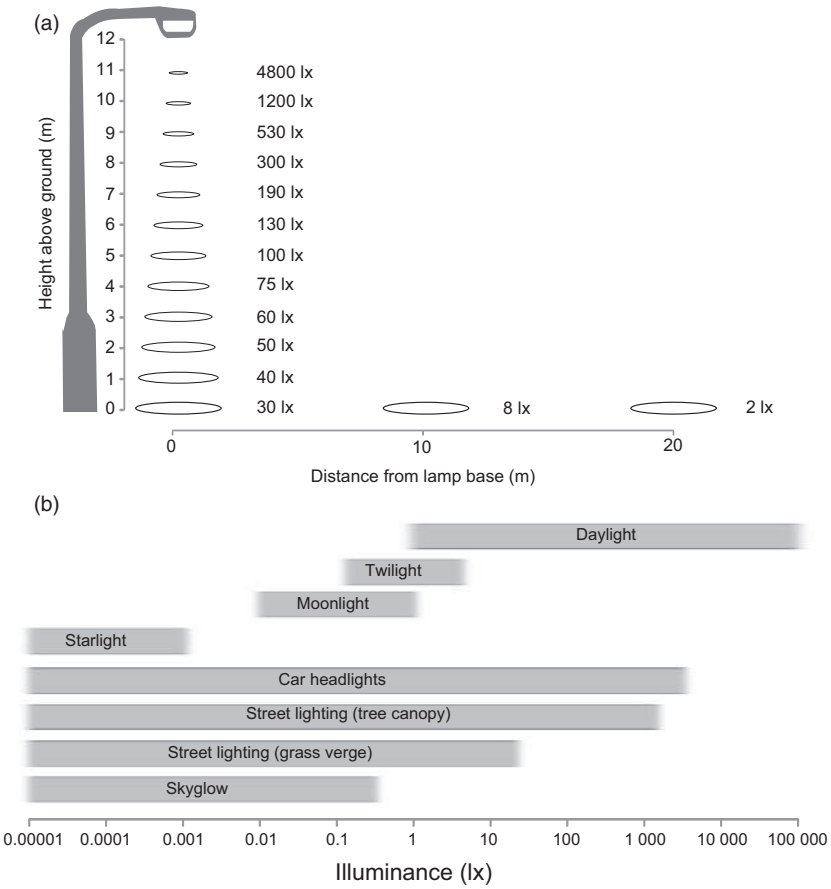



**Fig. 1.** (a) illuminance measured in the horizontal plane from a typical street light (Phillips Cosmopolis, metal halide lamp). The intensity of light decays rapidly with distance to the lamp. (b) comparison of measured illuminance from natural sources of light to artificial light sources – axis is on a logarithmic scale, and bars present approximate ranges based on field measurements.

proxy for the biological effects of light when information on the spectral power distribution of light, and the action spectra of the response, is also available. In ecological studies, the physiological pathway, and hence the spectral sensitivity of the photoreceptors involved, will often be unknown. Wherever possible, sample spectra and/or descriptions of the type of light source should be provided.

Correlated colour temperature (CCT) is frequently used as a description of spectral power distribution for vision-lighting systems. The CCT of a light source is the temperature (K) of an ideal blackbody radiator that radiates light of a comparable hue to the source. As a description of the spectral power distribution, and hence the biological effects, of a light source CCT is only meaningful when the source approximates a blackbody, as is the case with the sun, flames or incandescent bulbs. For other light sources, CCT gives an approximation of the aesthetic appearance of white light (from 'cool' blue lights to 'warm' orange), but is a poor indicator of the spectrally dependent response of photoreceptors.

A final factor to consider when measuring light in ecological studies is the orientation, field of view and angular response of the sensor, compared to the geometry of light-sensitive plant organs. Typically, light sensors have a field of view approaching 180° and are cosine corrected, so that the measured flux approximates that on a planar surface; commonly they will be mounted *in situ* horizontally, effectively measuring the flux on a horizontal plane. In this case, light sources positioned horizontally from the sensor, for example at or near the horizon, will make a small contribution to the measured flux. This is appropriate for a flat surface such as a leaf parallel to the sensor plane. However, interception of light by the organs of a plant may occur at a range of angles, including horizontally. Depending on the nature of the process, incident light fluxes on a horizontal plane, light on a vertical plane or integrated flux on the surface of a sphere may be more appropriate.

## How do plants sense light?

Since the 19th century, it has been known that a plant's response to light can be sensitive to wavelength. Hunt (1844, 1854) identified that the extreme red portion of the spectrum was associated with flowering and that blue light induced germination of seed, independently of the broad spectral range of light associated with the 'decomposition of carbonic acid' (photosynthesis). During the 20th century, several plant pigments involved in these and other responses were identified, and action spectra for several such photoreceptor pigments have been defined; for example cryptochrome has been shown to respond to light between 390 to 530 nm (violet to blue/green; Ahmad *et al.* 2002); phototropins respond primarily to blue light (Christie 2007); and phytochrome primarily to red and/or far-red light, depending on the form (Casal, Candia & Sellaro 2014). In algae, a wide range of pigments spanning

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society., 

Folio Nº 2387



the visible spectrum have been identified (Rockwell *et al.* 2014).

The best known action spectrum for plants is that of photosynthesis; photosynthetically active radiation (PAR), usually defined as light between 400 and 700 nm, has an action spectrum defined by the absorbance spectra of chlorophyll and carotenoids. Because photosynthesis is a quantum process, the flux of photons, rather than energy is appropriate, and it is usually quantified as a photosynthetic photon flux density (PPFD) with units of μmol photons $m^{-2}$ $s^{-1}$. As short-wavelength photons carry more energy than those at longer wavelengths, and both the sensitivity of human vision and that of photosynthetic pigments vary considerably in their absorption at different wavelengths, the relationship between irradiance, illuminance and PPFD is strongly sensitive to the spectral distribution of the light source. The effect of artificial light at night on net photosynthesis in the environment is limited due to the low quantum flux densities associated with outdoor lighting when compared to daylight. While theoretically urban skyglow may be sufficient to induce a small photosynthetic response (Raven & Cockell 2006), in practice measureable effects on carbon fixation are likely to be limited to situations where leaves are in very close proximity to light sources (such as the canopies of trees around street lights), or when artificial lighting is introduced into naturally dark situations such as cave systems. In the latter case, the installation of lighting in caves for tourism is often sufficient to support *Lampenflora,* communities of algae, bryophytes and vascular plants solely reliant on electric lighting as an energy source (Lefèvre 1974; Johnson 1979) .

In addition to the use of light as an energy source for photosynthesis, plants utilize a suite of other photoreceptors in order to sense information about their environment, the time of day and season of the year. The photosynthetic system itself is sensitive to light at night, providing a set of secondary pathways through which artificial light could influence carbon fixation. Poulin *et al.* (2014) showed that low levels of light from a high-pressure sodium street light, at an illuminance equivalent to that observed at the shore of an urban lakeside (6.6 lux), significantly changed several aspects of the photobiology of phytoplankton, including decreasing the intracellular chlorophyll *a* concentration and the number of Rubisco molecules per cell. In higher plants, light quality, even at low fluence rates, is known to affect physical characteristics of the photosystem, such as leaf stomatal density, as well as the opening of stomata (Smith 1982).

Many photoreceptors have been identified, of which three main groups have been characterized – phytochromes, cryptochromes and phototropins. Phytochromes, of which phyA and phyB play the dominant roles, are present in plants in two forms, $P_r$ and $P_{fr}$. The $P_r$ form absorbs light following an absorbtion spectrum with a peak sensitivity at a wavelength of around 650–670 nm, in the red portion of the spectrum; on absorbing light, a molecule in the $P_r$ form converts into the $P_{fr}$ form. The $P_{fr}$ form has a different absorbtion spectrum, lacking such a distinct red peak but with another peak in the far-red, at 705–740 nm. On subsequently absorbing light (or in darkness), the $P_{fr}$ form is converted back to $P_r$. Each phytochrome molecule thus acts as a 'switch', flipped from one form to another by different wavelengths of light. Any light source can be characterized by a 'phytochrome stationary state' (PSS; Sager & McFarlane 1997), an estimate of the relative proportion of far-red absorbing ($P_{fr}$) to total ($P_r + P_{fr}$) phytochrome within tissues at equilibrium under a stable light source, calculated from the phytochrome cross-sectional area for each form and the spectral irradiance of the light source. Since daylight beneath the shade of a photosynthetic canopy is depleted in red light relative to far-red (Franklin & Whitelam 2005), the PSS is an indication of the degree of shading by other plants that a plant is experiencing. Phytochrome is also used to detect photoperiod and hence plays an important role in the initiation of phenological events such as budburst, flowering and senescence. Flowering plants are often characterized as falling into one of three groups – short-day plants, in which flowering is initiated, advanced or promoted when a dark night-time period is sufficiently long to allow enough phytochrome in the $P_{fr}$ form to revert to $P_r$; long-day plants, in which the dark night-time period must be sufficiently short to increase the night-time levels of $P_r$; and day-neutral plants which have no detectable effect of darkness on their flowering phenology, but rely on other environmental cues. The detection of photoperiod in plants can be very sensitive – Rivera & Borchert (2001) provide evidence that in the tropics, where annual variation in day length is less than one hour, photoperiodism is still used as a seasonal cue for flowering in some tropical trees. Early experimental work showed that even brief exposure to red light at night can be sufficient effectively to interrupt the detection of an unbroken dark period, and prevent flowering in short-day plants, while subsequent exposure to far-red light can reverse the effects of the interruption (Borthwick *et al.* 1952). Intermittent light of certain wavelengths may thus be effective in shortening the perceived day length – indeed, cycling pulses of lights for just six minutes every half hour can be as effective as continuous light (Runkle *et al.* 1998; Blanchard & Runkle 2010). Low levels of lights are often effective in inducing a response. Whitman *et al.* (1998) found that effects on flowering saturated at levels as low as $< 0.05$ and 0.4 mol $m^{-2}$ $s^{-1}$ PPFD from a broad-spectrum white light source, roughly equivalent to $< 3.5$–28 lux, and well within levels recorded in roadside vegetation. By contrast, Ishikawa *et al.* (2009) found a fluence-dosage response in rice in which the degree to which flowering was suppressed increased with the light intensity supplied.

Detection of photoperiod in plants is not always, if ever, a simple function of the photoreversible forms of phytochrome, however. In the facultative long-day plant *Arabidopsis thaliana*, night interruptions from red, far-red or blue light are all effective in inducing flowering (Goto, Kumagai & Koornneef 1991). Cryptochromes, sensitive to light in the UV-A, violet and blue portions of the spectrum, act together with phytochromes to regulate the circadian clock, keeping daily rhythms set to a 24-h cycle of light and darkness. Photoperiodic control of flowering integrates both the circadian clock, and sensing of the length of the dark period; thus, there is an

Folio Nº 2388



interaction between the detection of daily and seasonal cycles, and between photoreceptor systems. The cryptochrome/photolyase family of photoreceptors also plays critical roles in controlling a wide range of light-induced responses in germination, growth and development, and shade avoidance (Kami *et al.* 2010), as well as DNA repair (Fortunato *et al.* 2015). A further blue light-sensitive receptor protein, phototropin, is responsible for phototropism, the growth of plant organs towards a light source.

Figure 3 shows the spectral power distribution of five types of lighting frequently used in outdoor street lighting, along with the relationship between PPFD (photosynthesis), the PSS (phytochrome) and the relative amount of blue light between 350 and 500 nm (cryptochrome and phototropins).

The detection of light in plants is complex, often relies on more than one physiological pathway and may have partial redundancy, so that processes induced by one photoreceptor system may also be induced or repressed by another system (Song, Ito & Imazuimi 2010). Furthermore, processes that rely on light-induced responses such as photoperiodism in one species or phenotype may be linked to other environmental cues in others (Basler & Körner 2012).

## How do plants respond to artificial light at night?

### DIRECT EFFECTS

With the exception of a handful of original papers and the review of Briggs (2006), surprisingly few studies apply knowledge of the physiological effects of light on plants to examining the effects of exposure to artificial light in the environment. This is particularly surprising as experimental studies have shown that relatively low levels of light (Whitman *et al.* 1998) or light over a short duration (Runkle *et al.* 1998) can be effective in influencing the response of plants to photoperiod – such levels are frequently observed under conditions of night-time lighting in the environment (Figs 1 and 2). Furthermore, the high red to far-red ratio of most common forms of outdoor lighting compared to sunlight make them particularly effective in disrupting detection of photoperiod through the phytochrome pathway, while blue-rich LED lighting, which is rapidly being adopted in many regions, emits strongly in the region of the spectrum to which cryptochrome and phototropins are sensitive (Fig. 3). In the context of light pollution, these observations suggest several key areas for research, namely – How widespread are ecologically significant physiological effects of artificial light on plants in the environment? What is the relative contribution of ambient low-level light (e.g. skyglow), continuous direct illumination (e.g. street lighting) and intermittent pulsed light (e.g. vehicle headlights)? And can ecological impacts be mitigated by selecting light sources with specific spectral characteristics?

Some of the earliest documented effects of artificial light at night on plants in urban environments concerned the retention of leaves on deciduous trees in the vicinity of street lights (Matzke 1936). Certain tree species appear to be more sensitive to direct illumination than others, but it is a common phenomena in several species planted as urban roadside trees. In North America, this phenomenon has been recorded in *Populus canadensis*, *Salix fragilis* (Matzke 1936), *Populus nigra, Ulmus americana* (Schroeder 1945) and *Liquidambar styraciflua* (Briggs 2006). In both Europe and North America, it is widely observed in *Platanus* species (Matzke 1936; Schroeder 1945; Briggs 2006; Fig. 4), and in Europe, it has been observed in *Aesculus hippocastanum* and *Betula pendula*

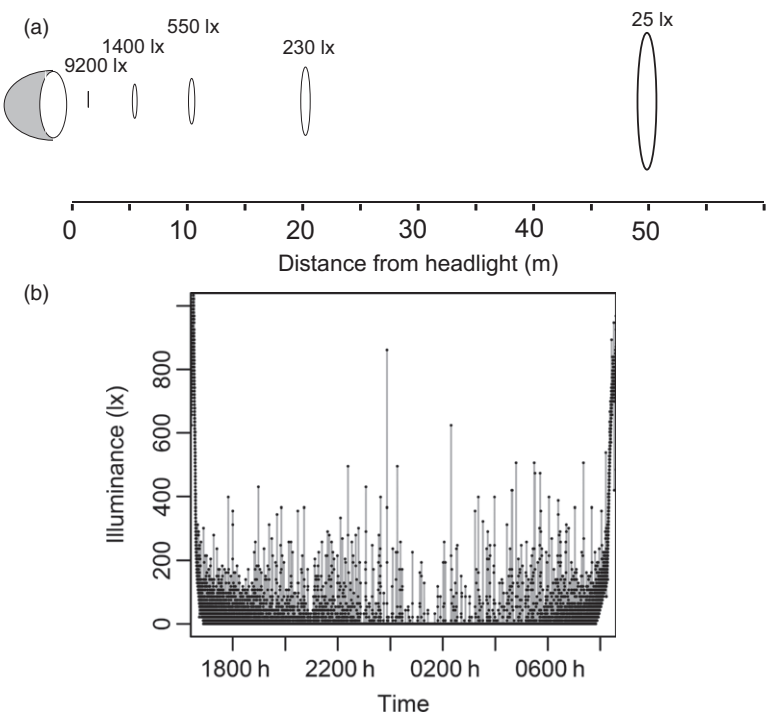



**Fig. 2.** Illuminance from car headlights. (a) Measured light at set distances in front of a vehicle (2013 Vauxhall Astra) with high intensity discharge (HID) headlights. (b) variation in illuminance measured in roadside vegetation between sunset and sunrise on a rural main road with no fixed lighting. Peaks represent pulses of light from passing vehicles. Typically, light from these sources has a high degree of variability, but can reach much higher magnitudes than those under street lights (see Fig. 1).

Folio Nº 2389



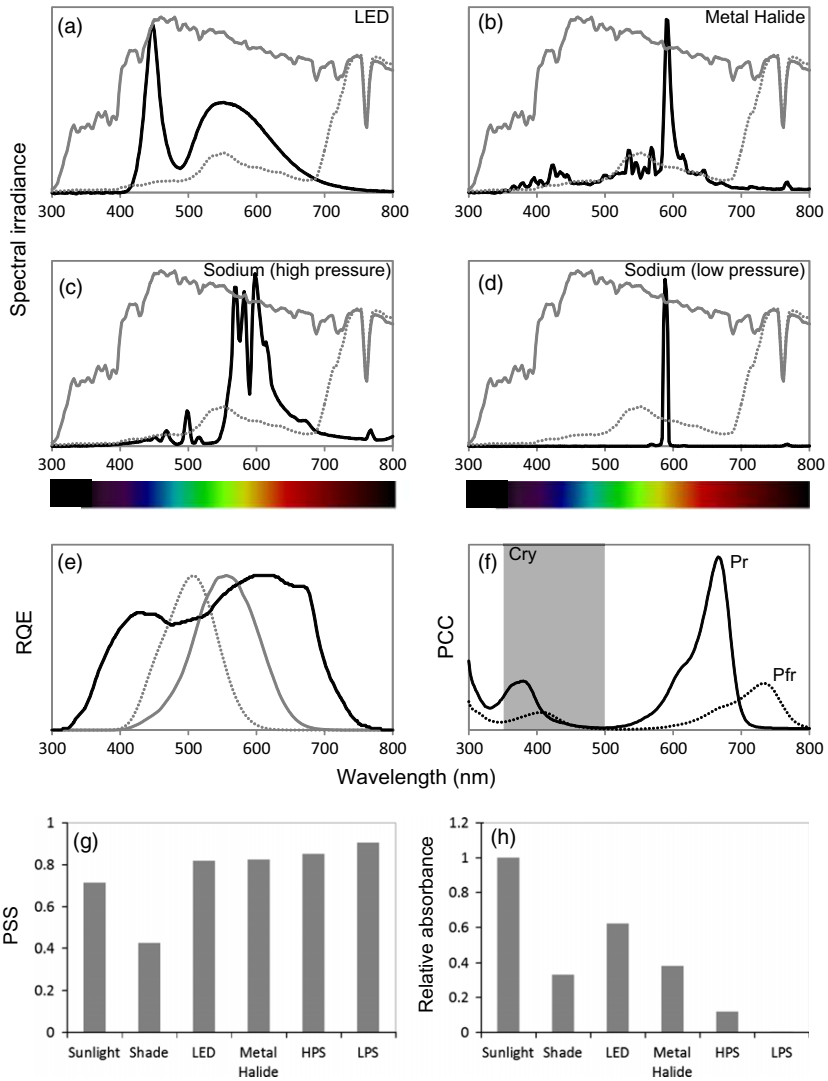



**Fig. 3.** (a–d) black lines show the measured spectral irradiances of four contrasting types of street lights currently used on roads in Cornwall, UK; 'white' LED, metal halide, high-pressure sodium and low-pressure sodium. For comparison the grey line shows a measured spectral irradiance of daylight on a cloudy day; the dashed grey line shows the irradiance under a dense canopy of leaves on the same day. (e, f) show standardized biological spectral response functions; in e the black line represents the relative quantum efficiency (RQE) of photosynthesis, the grey lines show a standard luminosity function for human photopic (solid line) and scotopic (dashed line) vision (CIE 1951; Sharpe *et al.* 2005), representing the sensitivity of the human eye to light under normal and low-light conditions. In (f) the black lines represent the photochemical cross-sectional area of two forms of phytochrome Pr (solid line) and Pfr (dashed line). The grey shaded area (Cry) represents the approximate region of the spectrum to which cryptochrome is sensitive. (g, h) estimate the comparative impact of the four light sources on plant photoreceptors; (g) shows the phytochrome photostationary state (PSS), a measure of the equilibrium ratio of phytochrome in its Pr and Pfr forms under constant illumination from each light source; (h) shows the relative quantum count of light within the cryptochrome-sensitive region per unit illuminance, standardized so that the value for sunlight equals 1.

(Sybille Schroer, pers. obs.). Artificial light may also have a measureable effect on spring budburst in urban trees; at the University of Exeter's Cornwall Campus, near Falmouth, U.K., budburst occurred up to two weeks earlier on branches of large-leaved lime trees in the vicinity of LED lighting (Fig. 5). In New Zealand, *Metrosideros excelsa* flowers more profusely next to street lights than between them (Jacqueline Beggs, pers. obs.) While such dramatic effects on budburst, flowering and leaf colouring and abscission are frequently observed in urban trees under direct illumination, very few scientific studies have described this phenomenon, and the effects on tree species that are rarely found in urban situations, and under lower levels of diffuse ambient light and on herbaceous species with less obvious phenological stages are poorly known. While these phenomena have been described predominantly in temperate trees, in seasonal tropical environments, budburst in trees may respond to changes in day length of 30 min or less (Rivera & Borchert 2001) and could be highly sensitive to artificial light at dawn and dusk.

Such changes in leaf and flowering phenology may have significant effects on the health, survival and reproduction of plants. Matzke (1936) reported injury from low temperatures in leaves retained on urban trees under street lights. The timing of budburst and leaf fall of deciduous trees determines the exposure to frost damage of photosynthetic tissue (Hanninen 1991; Cannell 1997); it may also determine the exposure to fungal pathogens in spring (Marçais, Kavkova & Desprez-Loustau 2009) and to herbivores which time their emergence or activity to the emergence of leaves (Visser & Holleman 2001). The timing of budburst is often determined by interactions between temperature (both spring warmth and winter chilling) and photoperiod. Photoperiod is thought to be critical in late-successional species, which tend to trigger budburst later in the spring than early-successional species, which are triggered predominantly by temperature and insensitive to photoperiod (Basler & Körner 2012; Körner & Basler 2010).

Cathey & Campbell (1975a,b) found that a wide variety of ornamental garden plants were sensitive to artificial light at night, testing a variety of different light types and inducing marked effects on flowering and growth rates at illuminance levels comparable to those at which garden plants are frequently exposed (< 5 lux). Both suppression and induction of

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society., 

Folio Nº 2390

**Fig. 4.** Retention of leaves into winter on deciduous trees in the vicinity of street lighting. The images show a London plane (*Platanus x acerifolia*) tree in Liverpool city centre on three dates in 2014. The entire tree is illuminated by artificial light, but the right hand side receives direct illumination from street lighting. Autumn coloration had not taken place and the most brightly lit portion of the crown retained leaves well into December. Photo: Steven Rawlings.

flowering, and enhanced and supressed growth, were found, depending on species, and the response was greatest under light sources with a high proportion of red light and a high red/far-red ratio (such as high-pressure sodium lighting). Effects of light pollution on agricultural crops have also been reported, although little scientific work has addressed the issue; Briggs (2006) reports that bright floodlights from an Ohio prison prevented normal development of *Glycine max* (soya beans) in nearby fields, and Sinnadurai (1981) reported that *Zea mays* (maize) crops alongside main roads in Accra, Ghana, grew rapidly but failed to flower after high-pressure sodium lamps were installed. Less obvious effects in wild species may go unnoticed – in an experimental system, we have found that *Lotus pedunculatus*, a species in which flowering is known to be sensitive to day length (Forde & Thomas 1966), produced between 10 and 25% fewer flower heads under night-time artificial light treatments simulating street lighting (Bennie *et al.* 2015b).

## DARK RECOVERY FROM STRESS

A period of darkness can be crucial for repair and recovery from environmental stresses. Tropospheric ozone is a major global pollutant produced by photochemical reactions of precursors (nitrogen oxides and hydrocarbons) associated with road traffic (Munir, Chen & Ropkins 2012). Tropospheric ozone can have severe effects on vegetation (Ashmore 2005), including foliar injury. Plants at northern latitudes often display more signs of foliar injury, a phenomenon attributed to long day lengths impairing repair and defence processes (Vollsnes *et al.* 2009). Experimental studies have shown that constant artificial light at night at levels reported at approximately 1 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ PPFD (using a fluorescent lamp, equivalent to around 74 lux and within the range of exposure of roadside vegetation under street lighting; Fig. 1) significantly increased foliar injury due to ozone in three clover species (Futsaether *et al.*, 2009). This process is probably regulated by the phytochrome pathway as it can be induced by short periods of exposure to red light during the night (5–30 min) and reversed by subsequent exposure to far-red light (Eriksen *et al.* 2012). The combined effects of ozone damage and night-time illumination (including constant illumination from street lights or short bursts and high-intensity light from vehicle headlights) on vegetation near roads have not been studied.

## PLANT–ANIMAL INTERACTIONS

In addition to direct effects on plants, artificial light at night is likely to influence interactions between plants and animals, potentially in complex ways. For example, light has been shown to affect caterpillars of the moth *Mamestra brassicae* by decreasing both male caterpillar and pupal mass and reducing the duration of pupation in both sexes (van Geffen *et al.,* 2014), as well as reducing activity and mating in *Operpphtera brumata* (van Geffen *et al.* 2015). Winter moths are important herbivores of deciduous trees, causing defoliation in severe outbreaks (Wesołowski & Rowiński 2006). They typically show strong synchrony in egg hatching with spring budburst in host trees such as *Quercus robur,* but environmental change may disrupt this synchrony, leading to mismatches in timing between the insect and its host (Visser & Holleman 2001; Van Asch *et al.* 2007). Such mismatches in phenology are likely to occur when species respond individualistically to temperature and photoperiod. Disruption of seasonal light cues by artificial light, population level changes or aggregation of individuals could modify interactions including herbivory, pollination and seed dispersal. Both top-down and bottom-up effects are possible, although few studies have explicitly looked for evidence of such effects; in an experimental system, artificial light suppressed flowering in the legume *Lotus pedunculatus*, apparently leading to a subsequent suppression in numbers of the aphid *Acyrthosiphon pisum* feeding on flowering shoots (Bennie *et al.* 2015b). Street lighting can cause local aggregations of predatory invertebrates (Davies, Bennie & Gaston 2012), but the subsequent effects on herbivorous invertebrates and on plant species are unknown.

Many plant species rely on nocturnal or crepuscular pollinators and are adapted to some extent for night-flying flower

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society., 

Folio Nº 2391



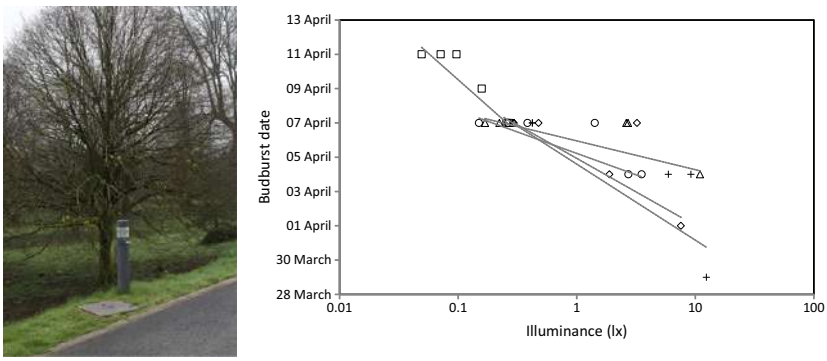



**Fig. 5.** Leaf out date (recorded when 50% or more of the buds nearest the apex have fully unfolded leaves) of five shoots from each of five mature small-leaved lime *Tilia cordata* trees adjacent to a footpath lit by white LED lighting on the university of Exeter's Penryn Campus in 2014 (one tree and lighting fixture illustrated on 1st April). Night-time illuminance levels were measured at each shoot on an overcast night at new moon prior to leaf unfolding. Each tree is represented by a different symbol, dashed lines represent regression lines for each individual tree, solid line represents overall regression line (significant at $P < 0.01$ with tree as a random effect). Photo: James Duffy.

visitors (Baker 1961). Macgregor *et al.* (2014) review the potential effects of light pollution on pollination by nocturnal Lepidoptera, a group that are strongly attracted to artificial light (Eisenbeis 2006; van Langevelde *et al.* 2011; Warrant & Dacke 2011). The effects are potentially complex – light may affect Lepidoptera at the population level through effects on reproduction and mortality and modify their phenology, as well as by modifying behaviour. Where 'flight-to-light' behaviour occurs, and insect pollinators are attracted to light, it is unclear at present to what extent lit vegetation will have a higher concentration of active pollinators, or whether the presence of light will act as an ecological trap or have a disruptive effect, reducing pollination rates (Eisenbeis 2006; Macgregor *et al.* 2014). In tropical and subtropical regions, bats may be significant pollinators of certain groups of flowering plants and of particular importance in long-distance pollen dispersal (Fleming, Geiselman & Kress 2009), as well as being important in seed dispersal (Fleming & Heithaus 1981). Light can act as a barrier to movement for many species of bats (Stone, Jones & Harris 2009, 2012), effectively fragmenting landscapes and potentially acting as a barrier for gene flow or dispersal in plants (Lewanzik & Voigt 2014). Effects on pollination may not be limited to nocturnally pollinated plants – artificial light may disrupt the behaviour and demography of diurnal as well as nocturnal animals, and habitats around roads are increasingly recognized as key habitats for pollinators (Hanley & Wilkins 2015).

## Summary

The effects of artificial light at night on wild plants and natural or semi-natural ecosystems are of potential ecological significance world-wide. However, since the review of potential physiological mechanisms by Briggs (2006), surprisingly little research has been published on the impacts of artificial light in the as an environmental pressure for plants. There is relatively little information available concerning how pervasive are the ecological impacts of artificial light at night, the relative contributions of diffuse, direct, constant or intermittent light sources and how any adverse effects may be mitigated. We suggest that plant ecologists should address this gap in knowledge by focusing on four key issues. First, the night-time light environment of plants in urban, suburban and natural ecosystems needs to be better characterized. Plants are exposed to extremely high degrees of heterogeneity in terms of the intensity, spectral power, timing and duration of light to which they are exposed, which complicates our understanding of how widespread ecological effects may be. Secondly, our understanding of the physiological effects of light need to be expanded into an understanding of the ecological effects, and we should search for population and community-level impacts as well as impacts at the individual level. Thirdly, interactions between direct and indirect effects of artificial light, for example those mediated through herbivores, pollinators, pathogens or competitors, should be explored. Fourth, there is a need to put studies of the effects of artificial light into the context of other stressors such as eutrophication, climate change, invasive species, chemical pollution, habitat fragmentation and invasive species. Artificial light will rarely affect wild plants in isolation, and there is a need not only to understand the relative importance of light pollution among other anthropogenic drivers of change, but also to investigate the combined impact of multiple stressors; roadside vegetation, for example, may act as a corridor for the dispersal of non-native species (Tyser & Worley 1992) and will be exposed to chemical pollution such as tropospheric ozone in addition to being exposed to artificial light. There is considerable potential for making progress in understanding the impacts of this increasing, but poorly understood environmental pressure.

## Acknowledgements

We are grateful to two anonymous referees for their comments and suggestions for revision to this manuscript. The research leading to this paper was funded by the European Research council under the European Union's Seventh Framework programme (FP7/2007-2013)/ERC grant agreement no. 268504 to KJG. We are very grateful to Steven Rawlings and James Duffy for supplying photographs for the figures.

Folio Nº 2392



## Data accessibility

This manuscript does not use data.

## References


Ahmad, M., Grancher, N., Heil, M., Black, R.C., Giovani, B., Galland, P. & Lardemer, D. (2002) Action spectra for cryptochrome-dependent hypocotl growth inhibition in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, **2**, 774–785.

Angold, P.G., Sadler, J.P., Hill, M.O., Pullin, A., Rushton, S., Austin, K., Small, E., Wood, B., Wadsworth, R., Sanderson, R. & Thompson, K. (2006) Biodiversity in urban habitat patches. *Science of the Total Environment*, **360**, 196–204.

Ashmore, M.R. (2005) Assessing the future global impacts of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment*, **28**, 949–964.

Baker, H.G. (1961) The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. *The Quarterly Review of Biology*, **36**, 64–73.

Basler, D. & Körner, C. (2012) Photoperiod sensitivity of bud burst in 14 temperate forest tree species. *Agricultural and Forest Meterology*, **165**, 73–81.

Bennie, J., Duffy, J.P., Davies, Y.W., Correa-Cano, M.E. & Gaston, K.J. (2015a) Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing*, **7**, 2715–2730.

Bennie, J., Davies, T.W., Cruse, D., Inger, R. & Gaston, K.J. (2015b) Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, **370**, 20140131.

Biggs, J.D., Fouche, T., Bilki, F. & Zadnikl, M.G. (2012) Measuring and mapping the night sky brightness of Perth, Western Australia. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **421**, 1450–1464.

Blackwell, B.F., DeVault, T.L. & Seamans, T.W. (2015) Understanding and mitigating the negative effects of road lighting on ecosystems. *Handbook of Road Ecology* (eds R. Van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo), pp. 143–150. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.

Blanchard, M.G. & Runkle, E.S. (2010) Intermittent light from a rotating high-pressure sodium lamp promotes flowering of long-day plants. *HortScience*, **45**, 236–241.

Borthwick, H.A., Hendricks, S.B., Parker, M.W., Toole, E.H. & Toole, V.K. (1952) A reversible photoreaction controlling seed germination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **38**, 662–666.

Briggs, W.R. (2006) Physiology of plant responses to artificial lighting. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting* (eds C. Rich & T. Longcore), pp. 389–412. Island Press, Washington, DC, USA.

Cannell, M.G.R. (1997) Spring phenology of trees and frost avoidance. *Weather*, **52**, 46–52.

Casal, J.J., Candia, A.N. & Sellaro, R. (2014) Light perception and signalling by phytochrome A. *Journal of Experimental Botany*, **65**, 2835–2845.

Cathey, A.R. & Campbell, L.E. (1975a) Effectiveness of five vision-lighting sources on photo-regulation of 22 species of ornamental plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **100**, 65–71.

Cathey, A.R. & Campbell, L.E. (1975b) Security lighting and its impact on the landscape. *Journal of Aboriculture*, **1**, 181–187.

Christie, J.M. (2007) Phototropin blue-light receptors. *Annual Review of Plant Biology*, **58**, 21–45.

CIE (1951) *Centre Internationale d'Eclairage Proceedings*, p. 37. Bureau Central de la CIE, Paris, France.

Cinzano, P., Falchi, F. & Elvidge, C.D. (2001) The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **328**, 689–707.

Coffin, A. (2007) From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, **15**, 396–406.

Cousins, S.A.O. (2006) Plant species richness in midfield islets and road verges – the effect of landscape fragmentation. *Biological Conservation*, **127**, 500–509.

Darwin, C. (1881) *The Power of Movement in Plants*. D. Appleton and Company, New York, NY, USA.

Davies, T.W., Bennie, J. & Gaston, K.J. (2012) Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters*, **8**, 764–767.

Davies, Z.G., Fuller, R.A., Loram, A., Irvine, K.N., Sims, V. & Gaston, K.J. (2009) A national scale inventory of resource provision for biodiversity within domestic gardens. *Biological Conservation*, **142**, 761–771.

Davies, T.W., Bennie, J., Inger, R. & Gaston, K.J. (2013) Artificial light alters natural regimes of night-time sky brightness. *Scientific Reports*, **3**, 1722.

Eisenbeis, G. (2006) Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting* (eds C. Rich & T. Longcore), pp. 281–304. Island Press, Washington, DC, USA.

Eriksen, A.B., Vollsnes, A.V., Futsaether, C.M. & Kruse, O.M. (2012) Reversible phytochrome regulation influenced the severity of ozone-induced visible foliar injuries in *Trifolium subterraneum* L. *Plant Growth Regulation*, **68**, 517–523.

Fleming, T.H., Geiselman, C. & Kress, W.J. (2009) The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany*, **104**, 10176–11043.

Fleming, T.H. & Heithaus, E.R. (1981) Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. *Biotropica*, **13**, 45–53.

Forde, D.J. & Thomas, R.G. (1966) Flowering in *Lotus pedunculatus* cav. *New Zealand Journal of Botany*, **4**, 147–152.

Fortunato, A.E., Annunziata, R., Jaubert, M., Bouly, J.-P. & Falciatore, A. (2015) Dealing with light: the widespread and multitasking cryptochrome/photolyase family in photosynthetic organisms. *Journal of Plant Physiology*, **172**, 42–54.

Franklin, K.A. & Whitelam, G.C. (2005) Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany*, **96**, 169–175.

Futsaether, C.M., Vollsnes, A.V., Kruse, O.M.O., Otterholt, E., Kvaal, K. & Eriksen, A.B. (2009) Effects of the nordic photoperiod on ozone sensitivity and repair in different clover species studied using infrared imaging. *Ambio*, **38**, 437–443.

Gaston, K.J., Ávila-Jiménez, M.L. & Edmondson, J.L. (2013) Managing urban ecosystems for goods and services. *Journal of Applied Ecology*, **50**, 830–840.

Gaston, K.J. & Bennie, J. (2014) Demographic effects of artificial nighttime lighting on animal populations. *Environmental Reviews*, **22**, 323–330.

Gaston, K.J., Duffy, J.P. & Bennie, J. (2015) Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system. *Conservation Biology*, **29**, 1132–1141.

Gaston, K.J., Davies, T.W., Bennie, J. & Hopkins, J. (2012) Review: reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology*, **49**, 1256–1266.

van Geffen, K.G., van Grunsven, R.H.A., van Ruijven, J., Berendse, F. & Veenendaal, E.M. (2014) Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth. *Ecology and Evolution*, **4**, 2082–2089.

van Geffen, K.G., van Eck, E., de Boer, R.A., van Grunsven, R.H.A., Salis, L., Berendse, F. & Veenendaal, E.M. (2015) Artificial light at night inhibits mating in a Geometrid moth. *Insect Conservation and Diversity*, **8**, 282–287.

Goddard, M.A., Dougill, A.J. & Benton, T.G. (2010) Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology and Evolution*, **25**, 90–98.

Goto, N., Kumagai, T. & Koornneef, M. (1991) Flowering responses to light-breaks in photomorphogenic mutants of *Arabidopsis thaliana*, a long-day plant. *Physiologia Plantarum*, **2**, 209–215.

Hanley, M.E. & Wilkins, J.P. (2015) On the verge? Preferential use of road-facing hedgerow margins by bumblebees in agro-ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, **19**, 67–74.

Hänninen, H. (1991) Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant, Cell and Environment*, **14**, 449–454.

Hovd, H. & Skogen, A. (2005) Plant species in arable field margins and road verges of central Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **110**, 257–265.

Hunt, R. (1844) *Researches on Light: An Examination of all the Phenomena Connected With the Chemical and Molecular Changes Produced by the Influence of the Solar Rays*. Longman, Brown Green and Longmans, London, UK.

Hunt, R. (1854) *Researches on Light in its Chemical Relations: Embracing a Consideration of all the Photographic Processes*. Longman, Brown Green and Longmans, London, UK.

Ishikawa, R., Shinomura, T., Takano, M. & Shimamoto, K. (2009) Phytochrome dependent quantitative control of Hd3a transcription is the basis of the night break effect in rice flowering. *Genes and Genetic Systems*, **84**, 179–184.

Johnson, K. (1979) Control of Lampenflora at Waitomo Caves, New Zealand. *Cave Management in Australia III: Proceedings of the 3rd Australasian Cave Tourism and Management Conference, Mount Gambier* (ed. A.A. Robinson), pp. 105–122. South Australian National Parks and Australian Speleological Federation, Adelaide, Australia.

Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P. & Fankhauser, C. (2010) Light-regulated plant growth and development. *Current Topics in Developmental Biology*, **91**, 29–66.

Folio Nº 2393



Körner, C. & Basler, D. (2010) Phenology under global warming. *Science*, **327**, 1461–1462.

Kyba, C.M., Tong, K.P., Bennie, J., Birriel, I., Birriel, J.J., Cool, A. *et al.* (2015) Worldwide variations in artificial skyglow. *Scientific Reports*, **5**, 8409.

van Langevelde, F., Ettema, J.A., Donners, M., WallisDeVries, M.F. & Groenendijk, D. (2011) Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation*, **144**, 2274–2281.

Le Viol, I., Julliard, R., Kerbiriou, C., de Redon, L., Carnino, N., Machon, N. & Porcher, E. (2008) Plant and spider communities benefit differently from the presence of planted hedgerows in highway verges. *Biological Conservation*, **141**, 1581–1590.

Lefèvre, M. (1974) La maladie verte de Lascaux. *Studies in Conservation*, **19**, 126–156.

Lewanzik, D. & Voigt, C.C. (2014) Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. *Journal of Applied Ecology*, **51**, 388–394.

Longcore, T. & Rich, C. (2004) Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**, 191–198.

Macgregor, C.J., Pocock, M.J.O., Fox, R. & Evans, D.M. (2014) Pollination by nocturnal lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology*, **40**, 187–198.

Marçais, B., Kavkova, M. & Desprez-Loustau, M.-L. (2009) Phenotypic variation in the phenology of ascospore production between European populations of oak powdery mildew. *Annals of Forest Science*, **66**, 814.

Matzke, E.B. (1936) The effect of street lights in delaying leaf-fall in certain trees. *American Journal of Botany*, **23**, 446–452.

Munir, S., Chen, H. & Ropkins, K. (2012) Modelling the impact of road traffic on ground level ozone concentration using a quantile regression approach. *Atmospheric Environment*, **60**, 283–291.

Plantlife (2013) *Flowers on the edge*, available at http://www.plantlife.org.uk/, accessed 13th July 2015.

Poulin, C., Bruyant, F., Laprise, M.-H., Cockshutt, A.M., Vandenhecke, J.M.-R. & Huot, Y. (2014) The impact of light pollution on diel changes in the photophysiology of *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Plankton Research*, **36**, 286–291.

Raven, J.A. & Cockell, C.S. (2006) Influence on photosynthesis of starlight, moonlight, planetlight, and light pollution (reflections on photosynthetically active radiation in the universe). *Astrobiology*, **6**, 668–675.

Rivera, G. & Borchert, R. (2001) Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. *Tree Physiology*, **21**, 201–212.

Rockwell, N.C., Duanmu, D., Martin, S.S., Bachy, C., Price, D.C., Bhattacharya, D., Worden, A.Z. & Lagarias, J.C. (2014) Eukaryotic algal phytochromes span the visible spectrum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **112**, E1051.

Runkle, E.S., Heins, R.D., Cameron, A.C. & Carlson, W.H. (1998) Flowering of herbaceous perennials under various night interruption and cyclic light treatments. *HortScience*, **33**, 672–677.

Sager, J.C. & McFarlane, J.C. (1997) Radiation. *Plant Growth Chamber Handbook* (eds R.W. Langhans & T.W. Tibbitts), pp. 1–29. T.W. Iowa State University Press, Iowa City, IA, USA.

Schroeder, C.A. (1945) Tree foliation affected by street lights. *Arborists News*, **10**, 1–3.

Sharpe, L.T., Stockman, A., Jagla, W. & Jagle, H. (2005) A luminous efficiency function, V*(λ), for daylight adaptation. *Journal of Vision*, **5**, 948–968.

Sinnadurai, S. (1981) High pressure sodium lights affect crops in Ghana. *World Crops*, **33**, 120–122.

Smith, H. (1982) Light quality, photoperception and plant strategy. *Annual Review of Plant Physiology*, **33**, 481–518.

Song, Y.H., Ito, S. & Imazuimi, T. (2010) Similarities in the circadian clock and photoperiodism in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, **13**, 594–603.

Spellerberg, I. (1998) Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography*, **7**, 317–333.

Stone, E.L., Jones, G. & Harris, S. (2009) Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology*, **19**, 1–5.

Stone, E.L., Jones, G. & Harris, S. (2012) Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. *Global Change Biology*, **18**, 2458–2465.

Tikka, P.M., Högmander, H. & Koski, P.S. (2001) Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants. *Landscape Ecology*, **16**, 659–666.

Trombulak, S.C. & Frissell, C.A. (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, **14**, 18–30.

Tyser, R.W. & Worley, C.A. (1992) Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana (U.S.A.). *Conservation Biology*, **6**, 253–262.

Van Asch, M., Van Tienderen, P.H., Holleman, L.J.M. & Visser, M.E. (2007) Predicting adaptation of phenology in response to climate change, an insect herbivore example. *Global Change Biology*, **13**, 1596–1604.

Visser, M.E. & Holleman, L.J. (2001) Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **268**, 289–294.

Vollsnes, A.V., Eriksen, A.B., Otterholt, E., Kvaal, K., Oxaal, U. & Futsaether, C.M. (2009) Visible foliar injury and infrared imaging show that daylength affects short-term recovery after ozone stress in *Trifolium subterraneum*. *Journal of Experimental Botany*, **60**, 3677–3686.

Warrant, E. & Dacke, M. (2011) Vision and visual navigation in nocturnal insects. *Annual Review of Entomology*, **56**, 239–254.

Wesołowski, T. & Rowiński, P. (2006) Tree defoliation by winter moth *Operophtera brumata* L. during an outbreak affected by structure of forest landscape. *Forest Ecology and Management*, **221**, 1–3.

Whitman, C.M., Heins, R.D., Cameron, A.C. & Carlson, W.H. (1998) Lamp type and irradiance level for daylength extensions influence flowering of *Campanula carpatica* 'Blue Clips', *Coreopsis grandiflora* 'Early Sunrise', and *Coreopsis verticillata* 'Moonbeam'. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, **123**, 802–807.

*Received 14 July 2015; accepted 27 January 2016*
*Handling Editor: Nathan Swenson*

© 2016 The Authors. Journal of Ecology published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Ecological Society., 

Received: 13 December 2017 | Revised: 1 February 2018 | Accepted: 12 March 2018

DOI: 10.1002/jez.2157

Folio Nº 2394

Check for updates

REVIEW

WILEY JEZ-A ECOLOGICAL AND INTEGRATIVE PHYSIOLOGY

# How ecological communities respond to artificial light at night

Dirk Sanders[1] | Kevin J. Gaston[1,2]

[1]Environment and Sustainability Institute, University of Exeter, Penryn, United Kingdom

[2]Wissenschaftskolleg zu Berlin, Institute for Advanced Study, Berlin, Germany

**Correspondence**
Dirk Sanders, Environment and Sustainability Institute, University of Exeter, Penryn Campus, Penryn, Cornwall, TR10 9FE, United Kingdom.
Email: d.sanders@exeter.ac.uk

**Funding information**
Natural Environment Research Council, Grant/Award Number: NE/N001672/1

## Abstract

Many ecosystems worldwide are exposed to artificial light at night (ALAN), from streetlights and other sources, and a wide range of organisms has been shown to respond to this anthropogenic pressure. This raises concerns about the consequences for major ecosystem functions and their stability. However, there is limited understanding of how whole ecological communities respond to ALAN, and this cannot be gained simply by making predictions from observed single species physiological, behavioral, or ecological responses. Research needs to include an important building block of ecological communities, namely the interactions between species that drive ecological and evolutionary processes in ecosystems. Here, we summarize current knowledge about community responses to ALAN and illustrate different pathways and their impact on ecosystem functioning and stability. We discuss that documentation of the impact of ALAN on species interaction networks and trait distributions provides useful tools to link changes in community structure to ecosystem functions. Finally, we suggest several approaches to advance research that will link the diverse impact of ALAN to changes in ecosystems.

KEYWORDS

ecosystem functioning, interaction networks, light pollution, species interactions, stability, traits

## 1 | INTRODUCTION

A vast area of the earth is exposed to artificial light at night (ALAN) (Bennie, Davies, Duffy, Inger, & Gaston, 2014; Falchi et al., 2016; Gaston, Duffy, Gaston, Bennie, & Davies, 2014). Such light pollution arises from streetlights and a diversity of other sources typically associated with urban infrastructure. It takes two broad forms, direct light emissions that are typically experienced in close proximity to one or more lamps (e.g., in the vicinity of a streetlight) and skyglow that results from upwardly directed or reflected light emissions being scattered in the atmosphere and creating the familiar artificial brightening of the night sky. Direct light emissions are more intense than skyglow by two or more orders of magnitude (in terms of lux), but narrower in spatial extent by at least an order of magnitude because of the horizontal propagation of skyglow. Virtually all of the major terrestrial ecosystem types experience direct emissions (Bennie, Duffy, Davies, Correa-Cano, & Gaston, 2015) and thus also skyglow, with the extent of both forms of light pollution growing rapidly, including in previously less economically developed regions of the world (Bennie, Duffy et al., 2015; Kyba et al., 2017).

Although concern about the potential ecological impacts of ALAN has long been expressed (e.g. Cathey & Campbell, 1975; Matzke, 1936; Schroeder, 1945; Verheijen, 1960), fuelled by improved understanding of its regional and global extent, recent years have seen a dramatic increase in research to gain an understanding of these impacts (Davies & Smyth, 2017; Gaston, Visser, & Hölker, 2015). Foremost, this has focused on determining the physiological, behavioral and ecological responses of a number of individual species. This has revealed a range of different pathways by which impacts can occur, particularly through the effects of ALAN on light (and darkness) as a resource (e.g., for photosynthesis, for partitioning of organismal activity between day and night, for dark repair and recovery processes) and on light as a source of information to organisms (e.g., for circadian clocks and photoperiodism, for visual perception, for spatial orientation; Davies, Bennie, Inger, de Ibarra, & Gaston, 2013; Gaston et al., 2015; Gaston, Davies, Nedelec, & Holt, 2017). ALAN can affect a very wide diversity of species. These are already known to include microbes (Hölker et al., 2015), plants (Bennie, Davies, Cruse, & Gaston, 2016; ffrench-Constant et al., 2016), crustaceans (e.g., Moore, Pierce, Walsh, Kvalvik, & Lim, 1998), insects (e.g., Altermatt & Ebert, 2016; Bird & Parker, 2014; Pacheco-Tucuch, Ramirez-Sierra, Gourbière, & Dumonteil, 2012; van Geffen, van Grunsven, van Ruijven, Berendse, & Veenendaal, 2014), spiders (Frank, 2009; Heiling, 1999), fish (Brüning, Hölker, Franke, Preuer, & Kloas, 2015; Riley, Bendall, Ives, Edmonds,

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2018 The Authors. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* published by Wiley Periodicals, Inc.

Folio Nº 2395

& Maxwell, 2012), amphibians (Buchanan, 1993), reptiles (e.g., Thums et al., 2016), birds (e.g., de Jong et al., 2015; Dwyer, Bearhop, Campbell, & Bryant, 2013; Rodríguez et al., 2017), and mammals (e.g., Le Tallec, Perret, & Théry, 2013; Lewanzik & Voigt, 2014; Robert, Lesku, Partecke, & Chambers, 2015).

By contrast with the attention paid to the impacts on individual species, there remains rather limited understanding of how whole ecological communities respond to ALAN. Indeed, a key question must be whether community responses are likely to be predictable from single species responses or if a complementary approach is required. Similar discussions have advanced understanding of the impacts of other anthropogenic environmental impacts, such as climate change (Walther, 2010) and chemical pollution (Maltby et al., 2017).

Often a mechanistic understanding of environmental impacts can be gained from model organisms, an approach that is widely used in biological science (e.g., Hedges, 2002; Scholz et al., 2008). These individual responses can help to predict the impact on a wider range of taxa. However, while very useful to predict other species responses this approach misses an important building block of ecological communities: species interactions. Species in ecological communities form complex networks of direct and indirect interactions and these interactions drive ecological and evolutionary processes in ecosystems. As these networks of interactions are important to predict ecosystem stability and functioning (e.g., Thébault & Fontaine, 2010), a community, rather than single species, approach is necessary for getting a predictive understanding of an overall ALAN impact. Considering the importance of these interaction networks, it has also been suggested to use this information about their structure for biological conservation (Tylianakis, Laliberté, Nielsen, & Bascompte, 2010). Further, biodiversity–ecosystem functioning research has demonstrated a positive relationship between a range of ecosystem functions and species richness (Maestre et al., 2012; Scherber et al., 2010), something that would fail to emerge from single species studies. However, so far studies that look at the impact of ALAN on whole ecological communities are scarce (but see Bennie, Davies, Cruse, Inger, & Gaston, 2015; Davies et al., 2015; Hölker et al., 2015; Knop et al., 2017; Lewanzik & Voigt, 2014), and all of them are limited to certain target taxa or a specialized or particular kind of interaction, rather than looking at the whole community across taxa and functional groups. To get a full understanding of how ALAN impacts ecosystem functions and stability needs a community and ecosystem level approach.

In this paper, we summarize current knowledge about community responses to ALAN and illustrate different pathways that can lead to these responses and their impact on ecosystem functioning and stability. Further, we suggest different approaches as to how best to advance research in this area to meet the outlined challenges.

## 2 | HOW ARE ECOLOGICAL COMMUNITIES AFFECTED?

### 2.1 | From interactions to networks

An ecological community is defined as the organisms living in the same place at the same time, which may interact in different ways. Core concepts of community ecology include direct and indirect species interactions that can be depicted in food webs or interaction networks. Direct interactions are those between two network nodes or species whereas indirect interactions involve at least a third species to transmit the effect, including, for example, trophic cascades, leading to changes in other parts of the network. Indirect interactions can be very powerful in driving coevolution (Guimarães Jr, Pires, Jordano, Bascompte, & Thompson, 2017) and stability of communities, with their loss triggering extinction cascades (Sanders, Kehoe, & van Veen, 2015). Interactions between organisms are diverse, leading to multilayer networks including different types of interactions, such as consumption (predation, herbivory), parasitism, pollination, competition, and non-trophic interactions, such as behavior changes or ecosystem engineering (Pilosof, Porter, Pascual, & Kéfi, 2017). The structure of networks and distribution of interaction strength have been used to link these to function and stability (Rooney & McCann, 2012; Tang, Pawar, & Allesina, 2014; Thébault & Fontaine, 2010).

An approach to understand the impact of ALAN on ecological communities and their functions needs ultimately to target such interaction networks which includes the impact on network nodes (changes in species growth and survival) and/or interactions between species (Figure 1, Figure 2A, B). Due to the interconnectedness of species, we can expect that even if only a part of the network, such as (i) single species or interactions or (ii) trophic or functional groups, are affected (Figure 2) this will have consequences for the rest of the network unless the impact is contained in a smaller compartment which has only weak links to the wider network (see Figure 2F). For example, if organisms that are active during the dark period respond to ALAN impact by changing their behavior, there will be knock-on effects on other organisms active during the day if these are connected in a network through direct and/or indirect interactions (such as day and nighttime pollinators, see Knop et al., 2017) or across different habitats when light polluted and non-polluted areas are linked by movement of individuals and species interactions. A number of studies have looked at the response of ecological communities to artificial light at night. The most well-known impact is the attraction of aerial invertebrates to artificial lighting through flight-to-light behavior (e.g., Verheijen, 1960; van Langevelde, Ettema Donners, WallisDeVries, & Groenendijk, 2011). An attraction to artificially lit areas has also been shown for ground-dwelling invertebrates, such as ground beetles and spiders. Interestingly, ground-dwelling invertebrates attracted to lit habitats at night appear not to re-disperse during the daytime (Davies et al., 2017; Davies, Bennie, & Gaston, 2012; Manfrin et al., 2017) leading to temporally persistent changes in community structure. Similarly, larger bodied predatory fish and small shoaling fish also increased in experimentally lit areas (Becker, Whitfield, Cowley, Järnegren, & Næsje, 2013). These studies suggest that predators in particular appear attracted to lit areas, which are often assumed to follow higher prey abundances (Becker et al., 2013; Davies et al., 2012; Meyer & Sullivan, 2013), potentially leading to higher predation rates and top-down control. It is, for example, well known that aggregations of invertebrates at lights can in turn attract some species of bats (Rydell, 1991). However, an aggregation of generalist predators will most likely increase intraguild predation which depends strongly on encounter

Folio Nº 2396

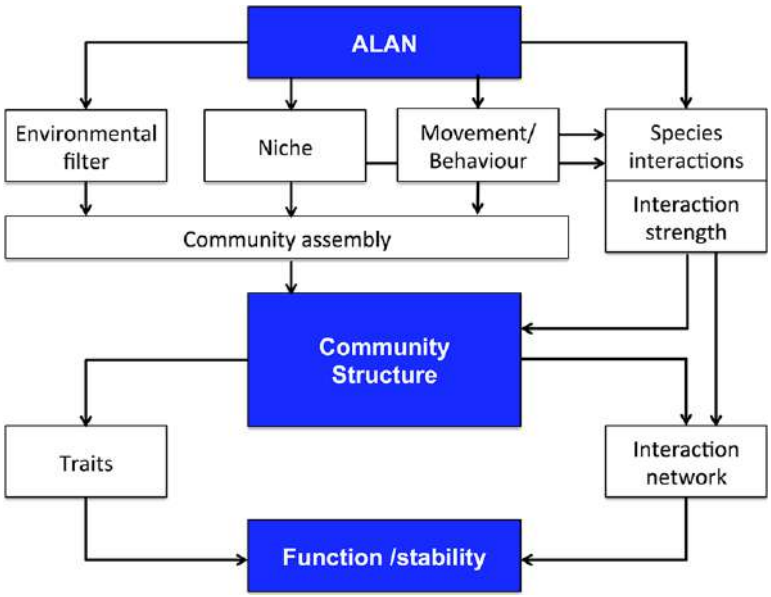



**FIGURE 1** Linking ALAN impact to the stability and functioning of ecological communities. ALAN can act as an environmental filter through a change in animal movement (attraction, avoidance) and behavior or survival thereby influencing community assembly. It can also change communities by changing species' realized niches and interactions between species. ALAN can increase or decrease interaction strength or lead to new interactions or the extinction of former interactions, thereby changing the structure of interaction networks. A change in community structure can lead to a change in the distribution of traits in communities such as body size or trophic niche. Therefore a major impact of ALAN on function and stability will be through a change in the distribution of species traits and the structure of the interaction network [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

rate between different predators and this has been shown to reduce community-wide top-down control (Finke & Denno, 2005).

There is strong evidence that ALAN is changing interactions between species, which might prove to be the most influential overall impact on communities, as has been suggested for the impact of climate change (Alexander, Diez, & Levine, 2015; Ockendon et al., 2014). Evidence for this comes from studies looking at bottom-up effects in grassland communities (Bennie, Davies et al., 2015) and experimental insect communities (Sanders, Kehoe, Tiley et al., 2015) demonstrating that plant responses to light lead to either increased or reduced plant biomass as well as a different allocation of resources cascading up the food chains. Similarly, this might occur for microbial communities (Hölker et al., 2015) where ALAN impact has been found to lead to a shift to more photoautotrophic bacteria (Cyanobacteria), although another study demonstrated the opposite effect (Grubisic et al., 2017). Also the strength of predator-prey interactions between ladybirds and aphids has been shown to be influenced by exposure to ALAN, with the magnitude of the change depending on temperature (Miller et al., 2017). A study looking into the foraging behavior of Sowell's short-tailed bats *Carollia sowelli*, a specialist on the infructescences of pepper plants, concluded that feeding and therefore seed dispersal are negatively affected by ALAN (Lewanzik & Voigt, 2014).

Changes in species interactions should impact population dynamics, which has been shown by Sanders, Kehoe, Tiley et al. (2015). Experimental multigenerational plant-host–parasitoid communities were exposed to ALAN, which led to major changes in the dynamics of aphids and their parasitoids, resulting in reduced aphid and parasitoid densities. One aphid species *Megoura viciae* responded to ALAN exposure with a larger proportion of the population not switching to sexual reproduction in autumn.

The only study that has so far used the extensive tools provided by network analysis has determined the impact of ALAN on flower visitation networks (Knop et al., 2017). This study documented changes in network structure between a wide range of insects and meadow flowers with reduced flower visitation and pollination, and implications for reduced stability. Nighttime pollinators, which can be very important in some ecosystems, appear especially vulnerable to ALAN impact (Knop et al., 2017; Macgregor et al., 2017) with flight-to-light behavior or avoidance of lit areas causing major disruption of pollination services.

## 2.2 | Community assembly and niche

ALAN can also act as an environmental filter by changing community assembly. Davies, Coleman, Griffith, and Jenkins (2015) show that night-time lighting changed the composition of epifaunal marine invertebrate communities. Experimental lighting inhibited or encouraged the colonization of 39% of all taxa analyzed, including sessile and mobile species, leading to different community composition between lit and control sites. ALAN has also been shown to impact the niche space of species by extending the perceived day length and therefore activity patterns for diurnal species (Gaston et al., 2017). How significant this might be for community structure will depend on the extent to which species partition time during day and night for activity because of phylogenetic constraints, and the extent to which they do so to avoid or reduce competition or predation (which might mask underlying circadian rhythms). Whilst it has been argued that phylogenetic constraint plays the major role (e.g. Kronfeld-Schor & Dayan, 2003),

Folio Nº 2397

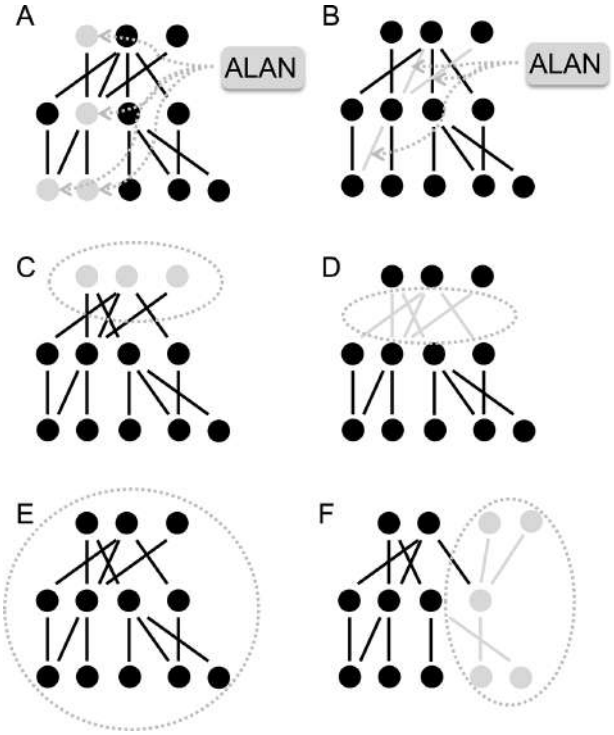



**FIGURE 2** Impact of ALAN on (A) species (nodes) and (B) interactions (links) and different scenarios for different parts in a food web/network affected: (A) single species, (B) single interactions, (C) single trophic levels, (D) interaction between two trophic levels, (E) the whole food web, or (F) a food web or network compartment

and that switching of the time of activity is rather rare, evidence of the latter continues to accrue, and highlights potential adaptive plasticity (e.g., Hut, Kronfeld-Schor, van der Vinne, & De la Iglesia, 2012).

### 2.3 | Trait distributions in communities

Another useful concept in community ecology is that of species traits and how these are related to environmental pressures and functions (McGill, Enquist, Weiher, & Westoby, 2006). A trait is thereby defined as any morphological, physiological, or phenological feature measurable at the individual level, from the cell to the whole-organism level (Violle et al., 2007). Traits at the individual level such as body size or size of mouth parts have been used to link communities to functions, such as herbivory (Ibanez, Lavorel, Puijalon, & Moretti, 2013) and trophic niche size in predators (Sanders, Vogel, & Knop, 2015), but very often trait measures are assumed at the species or even functional group level. A useful refinement of the trait concept is to differentiate between (i) response traits that attribute a response to changes in environmental conditions and (ii) effect traits that are linked to community or ecosystem properties (Figure 3). Response traits such as flight-to-light behavior or daily activity patterns can, for example, be used to predict how communities should be restructured by ALAN impact and by knowing how certain traits such as specialism–generalism are linked to a role in the community these can then in turn link this to ecosystem functioning. One study found that ALAN strongly influenced multiple invertebrate responses in riparian habitats and also changed the distribution of traits within the exposed communities (Meyer & Sullivan, 2013). In this study an experimental light addition resulted in a 44% decrease in tetragnathid spider density and an overall decrease of 16% in spider family richness. The authors also looked at the distribution of traits and discovered a 76% increase in mean body size of aquatic emergent insects, and a 309% increase in mean body size of terrestrial arthropods. Therefore the community wide impact of ALAN can go in both directions by increasing or decreasing density and/or diversity of organisms and can change the distribution of major traits.

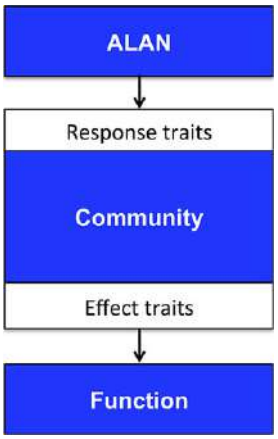



**FIGURE 3** Trait analysis for ecological communities can help to explain their response to ALAN as an environmental factor and how changes in the community are related to changes in ecosystem functions [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

There is evidence that ALAN is affecting network structure and trait distributions with consequences for ecosystem functioning, such as fluxes of organisms and nutrients between terrestrial and aquatic systems, plant biomass, top-down control, pollination and seed dispersal. A community approach that includes measuring ecosystem functions will allow uncovering how ALAN is changing ecosystem stability and functions (Figure 1) and lead to better predictive understanding of ecosystem wide ALAN effects. Findings from single species studies, while very useful, have the potential to be misleading in terms of impacts on communities, where interactions between species are of major importance.

## 3 | FUTURE DIRECTIONS TO INCLUDE COMMUNITY ECOLOGY INTO ALAN RESEARCH

As outlined above, we think that a focus on whole communities by looking at interaction networks and trait distributions will greatly improve understanding of ALAN effects on ecosystem functions (Figure 1). First steps in this direction have already been taken (see Bennie, Davies et al., 2015; Davies et al., 2015; Knop et al., 2017), but we need studies that cover different habitats and interfaces between habitats, that acknowledge ALAN as a diverse impact (see below), and that specifically measure functions and stability and how changes in communities bring these impacts about. We outline five different

Folio Nº 2398

areas that we think will lead to a better understanding of how ALAN affects ecosystem functions.

1. Empirical research using a combination of observation and experiments needs to target major players for ecosystem functions and measure the impact of ALAN on these functions. A focus should be on community responses in terms of changes in food web or network structure and/or distribution of traits. These changes also need to be linked to the wider community (e.g., nocturnal–diurnal components, as done for pollinators in Knop et al., 2017) to uncover knock on effects.
2. A change in community structure observed under ALAN is potentially the result of one or both of two processes being influenced: community assembly and the structure of naïve communities (Figure 1). Experiments are an excellent tool to uncover the relative importance of these two processes leading to a realized community structure under ALAN. This can be done by looking at the assembly of newly created habitats vs. the naïve communities exposed to ALAN and communities in open vs. closed (caged) plots with the latter preventing immigration of individuals.
3. Considering the large scale impact of ALAN we can expect some adaptations to this environmental pressure, such as a reduction in flight-to-light behavior in moths (Altermatt & Ebert, 2016), and this should have consequences for ecosystem functions and might reduce the negative impact of ALAN on these (such as reduction in pollination) to at least some degree. This needs a mechanistic approach by uncovering adaptations in species from ALAN exposed communities and the demonstration that these adapted species perform differently in lit habitats with improved ecosystem functions as compared to naïve exposed communities.
4. It has become obvious that artificial light at night is a diverse impact with a range of different light intensities and spectra that differ in timings and can interact with different day length regimes and seasons. The significance of this variation has so far been little explored (but see Davies et al., 2017; Day, Baker, Schofield, Mathews, & Gaston, 2015; de Jong et al., 2016; Spoelstra et al., 2017). The distribution of ALAN from global to very patchy and small scale impact which also included other components such as variation in intensity and spectrum needs to be included in study designs. Particularly, we expect the impact of skyglow to be very different as compared to direct light emissions, such as in the immediate vicinity of a streetlight. While the latter will very much shift the distribution of organisms by movement (attraction and avoidance), the impact of the former happens on a much larger scale and there is no escape. This has to be targeted by different approaches in study design, for example, so that there is no avoidance possible for the organisms under skyglow or large scale ALAN impact—this needs to be reflected in studies by either caged communities or creating large scale light treatments. This impact will vary with mobility of the organisms (e.g., flying vs. crawling).

It would further be very interesting to compare ALAN impacts in temperate to tropical areas. One might argue that a response should be stronger in temperate areas, because organisms are known to respond to variation in daylength as this is a crucial trigger for certain stages of their lifecycle. But, evidence shows that tropical species are able to detect very small seasonal variations in day length (e.g., Hau, Wikelski, & Wingfield, 1998; Rivera et al., 2002), and therefore it is possible that they are very sensitive to ALAN impact.

5. Finally, we need research that combines different human impacts to test for interactive effects (e.g. disentangle impact of urbanization) (Gaston et al., 2014). This will lead to a better understanding of how mitigation strategies that can potentially more easily target reduction in ALAN (Gaston, Davies, Bennie, & Hopkins, 2012) will remove pressure from ecological communities. There have so far only been a few studies, for example, by combining ALAN and temperature increase to examine predator–prey interactions with implications for biological control under climate change scenarios (Miller et al., 2017), and combining light and sound to examine parasitism in frogs (McMahon, Rohr, & Bernal, 2017) and singing behavior of robins (Fuller, Warren, & Gaston, 2007).

## ACKNOWLEDGMENTS

The research leading to this paper was funded from NERC grant NE/N001672/1. We thank K. Hall, R. Kehoe, and A. Montesinos for comments on the manuscript.

## ORCID

*Dirk Sanders* http://orcid.org/0000-0003-2383-8693

## REFERENCES

Alexander, J. M., Diez, J. M., & Levine, J. M. (2015). Novel competitors shape species' responses to climate change. *Nature*, *525*, 515–518.

Altermatt, F., & Ebert, D. (2016). Reduced flight-to-light behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution. *Biology Letters*, *12*, 20160111.

Becker, A., Whitfield, A. K., Cowley, P. D., Järnegren, J., & Næsje, T. F. (2013). Potential effects of artificial light associated with anthropogenic infrastructure on the abundance and foraging behaviour of estuary-associated fishes. *Journal of Applied Ecology*, *50*, 43–50.

Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., & Gaston, K. J. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, *104*, 611–620.

Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., Inger, R., & Gaston, K. J. (2015). Cascading effects of artificial light at night: Resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *370*, 20140131.

Bennie, J., Davies, T. W., Duffy, J. P., Inger, R., & Gaston, K. J. (2014). Contrasting trends in light pollution across europe based on satellite observed night time lights. *Scientific Reports*, *4*, 3789.

Bennie, J., Duffy, J. P., Davies, T. W., Correa-Cano, M., & Gaston, K. J. (2015). Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing*, *7*, 2715–2730.

Bird, S., & Parker, J. (2014). Low levels of light pollution may block the ability of male glow-worms (*Lampyris noctiluca* l.) to locate females. *Journal of Insect Conservation*, *18*, 737–743.

Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Preuer, T., & Kloas, W. (2015). Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress. *Science of The Total Environment*, *511*, 516–522.

Folio Nº 2399


Buchanan, B. W. (1993). Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. *Animal Behaviour*, *45*, 893–899.

Cathey, A. R., & Campbell, L. E. (1975). Security lighting and its impact on the landscape. *Journal of Aboriculture*, *1*, 181–187.

Davies, T. W., Bennie, J., Cruse, D., Blumgart, D., Inger, R., & Gaston, K. J. (2017). Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages. *Global Change Biology*, *23*, 2641–2648.

Davies, T. W., Bennie, J., & Gaston, K. J. (2012). Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters*, https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0216

Davies, T. W., Bennie, J., Inger, R., de Ibarra, N. H., & Gaston, K. J. (2013). Artificial light pollution: Are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? *Global Change Biology*, *19*, 1417–1423.

Davies, T. W., Coleman, M., Griffith, K. M., & Jenkins, S. R. (2015). Night-time lighting alters the composition of marine epifaunal communities. *Biology Letters*, *11*, 20150080.

Davies, T. W., & Smyth, T. (2017). Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Global Change Biology*, 1–11.

Day, J., Baker, J., Schofield, H., Mathews, F., & Gaston, K. J. (2015). Part-night lighting: Implications for bat conservation. *Animal Conservation*, *18*, 512–516.

de Jong, M., Jeninga, L., Ouyang, J. Q., van Oers, K., Spoelstra, K., & Visser, M. E. (2016). Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. *Physiology & Behavior*, *155*, 172–179.

de Jong, M., Ouyang, J. Q., Da Silva, A., van Grunsven, R. H. A., Kempenaers, B., Visser, M. E., & Spoelstra, K. (2015). Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *370*, 20140128.

Dwyer, R. G., Bearhop, S., Campbell, H. A., & Bryant, D. M. (2013). Shedding light on light: Benefits of anthropogenic illumination to a nocturnally foraging shorebird. *Journal of Animal Ecology*, *82*, 478–485.

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., ... Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, *2*, e1600377.

ffrench-Constant, R. H., Somers-Yeates, R., Bennie, J., Economou, T., Hodgson, D., Spalding, A., & McGregor, P. K. (2016). Light pollution is associated with earlier tree budburst across the united kingdom. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *283*, 20160813.

Finke, D. L., & Denno, R. F. (2005). Predator diversity and the functioning of ecosystems: The role of intraguild predation in dampening trophic cascades. *Ecology Letters*, *8*, 1299–1306.

Frank, K. D. (2009). Exploitation of artificial light at night by a jumping spider. *Peckhamia*, *78*, 1–3.

Fuller, R. A., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2007). Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters*, *3*, 368–370.

Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., & Hopkins, J. (2012). Review: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: Options and developments. *Journal of Applied Ecology*, *49*, 1256–1266.

Gaston, K. J., Davies, T. W., Nedelec, S. L., & Holt, L. A. (2017). Impacts of artificial light at night on biological timings. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *48*, 49–68.

Gaston, K. J., Duffy, J. P., Gaston, S., Bennie, J., & Davies, T. W. (2014). Human alteration of natural light cycles: Causes and ecological consequences. *Oecologia*, *176*, 917–931.

Gaston, K. J., Visser, M. E., & Hölker, F. (2015). The biological impacts of artificial light at night: The research challenge. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *370*, 20140133.

Grubisic, M., Singer, G., Bruno, M. C., van Grunsven, R. H. A., Manfrin, A., Monaghan, M. T., & Hölker, F. (2017). Artificial light at night decreases biomass and alters community composition of benthic primary producers in a sub-alpine stream. *Limnology and Oceanography*, *62*, 2799–2810.

Guimarães Jr, P. R., Pires, M. M., Jordano, P., Bascompte, J., & Thompson, J. N. (2017). Indirect effects drive coevolution in mutualistic networks. *Nature*, *550*, 511–514.

Hau, M., Wikelski, M., & Wingfield, J. C. (1998). A neotropical forest bird can measure the slight changes in tropical photoperiod. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, *265*, 89–95.

Hedges, S. B. (2002). The origin and evolution of model organisms. *Nature Reviews Genetics*, *3*, 838–849.

Heiling, A. M. (1999). Why do nocturnal orb-web spiders (araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *46*, 43–49.

Hölker, F., Wurzbacher, C., Weißenborn, C., Monaghan, M. T., Holzhauer, S. I. J., & Premke, K. (2015). Microbial diversity and community respiration in freshwater sediments influenced by artificial light at night. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *370*, 20140130.

Hut, R., Kronfeld-Schor, N., van der Vinne, V., &De la Iglesia, H. (2012). In search of a temporal niche: Environmental factors In Kalsbeek, A., Merrow , M. & Roenneberg, T., Foster, R., (Eds.). *Progress in brain research* (pp. 281–304). New York, NY: Elsevier.

Ibanez, S., Lavorel, S., Puijalon, S., & Moretti, M. (2013). Herbivory mediated by coupling between biomechanical traits of plants and grasshoppers. *Functional Ecology*, *27*, 479–489.

Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., & Fontaine, C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, *548*, 206–209.

Kronfeld-Schor, N., & Dayan, T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *34*, 153–181.

Kyba, C. C. M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., ... Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, *3*, e1701528.

Le Tallec, T., Perret, M., & Théry, M. (2013). Light pollution modifies the expression of daily rhythms and behavior patterns in a nocturnal primate. *PLoS One*, *8*, e79250.

Lewanzik, D., & Voigt, C. C. (2014). Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. *Journal of Applied Ecology*, *51*, 388–394.

Macgregor, C. J., Evans, D. M., Fox, R., & Pocock, M. J. O. (2017). The dark side of street lighting: Impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Global Change Biology*, *23*, 697–707.

Maestre, F. T., Quero, J. L., Gotelli, N. J., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M., …, Zaady, E., (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science*, *335*, 214–218.

Maltby, L., Jackson, M., Whale, G., Brown, A. R., Hamer, M., Solga, A.,… Marshall, S. (2017). Is an ecosystem services-based approach developed for setting specific protection goals for plant protection products applicable to other chemicals? *Science of The Total Environment*, *580*, 1222–1236.

Manfrin, A., Singer, G., Larsen, S., Weiß, N., van Grunsven, R. H. A., Weiß, N-S.,… Hölker, F. (2017). Artificial light at night affects organism flux across ecosystem boundaries and drives community structure in the recipient ecosystem. *Frontiers in Environmental Science*, *5*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00061

Matzke, E. B. (1936). The effect of street lights in delaying leaf-fall in certain trees. *American Journal of Botany*, *23*, 446–452.

McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, *21*, 178–185.

Folio N° 2400

McMahon, T. A., Rohr, J. R., & Bernal, X. E. (2017). Light and noise pollution interact to disrupt interspecific interactions. *Ecology*, *98*, 1290–1299.

Meyer, L. A., & Sullivan, S. M. P. (2013). Bright lights, big city: Influences of ecological light pollution on reciprocal stream–riparian invertebrate fluxes. *Ecological Applications*, *23*, 1322–1330.

Miller, C. R., Barton, B. T., Zhu, L., Radeloff, V. C., Oliver, K. M., Harmon, J. P., & Ives, A. R. (2017). Combined effects of night warming and light pollution on predator–prey interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *284*, 20171195.

Moore, M. V., Pierce, S. M., Walsh, H. M., Kvalvik, S. K., & Lim, J. D. (1998). Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *SIL Proceedings 1922–2010*, *27*, 779–782.

Ockendon, N., Baker, D. J., Carr, J. A., White, E. C., Almond, R. E. A., Amano, T., ... Pearce-Higgins, J. W. (2014). Mechanisms underpinning climatic impacts on natural populations: Altered species interactions are more important than direct effects. *Global Change Biology*, *20*, 2221–2229.

Pacheco-Tucuch, F. S., Ramirez-Sierra, M. J., Gourbière, S., & Dumonteil, E. (2012). Public street lights increase house infestation by the chagas disease vector triatoma dimidiata. *PLoS One*, *7*, e36207.

Pilosof, S., Porter, M. A., Pascual, M., & Kéfi, S. (2017). The multilayer nature of ecological networks. *Nature Ecology & Evolution*, *1*, 0101.

Riley, W. D., Bendall, B., Ives, M. J., Edmonds, N. J., & Maxwell, D. L. (2012). Street lighting disrupts the diel migratory pattern of wild atlantic salmon, *Salmo salar* l., smolts leaving their natal stream. *Aquaculture*, *330–333*, 74–81.

Rivera, G., Elliott, S., Caldas, L. S., Nicolossi, G., Coradin, V. T., & Borchert, R. (2002). Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, *16*, 445–456.

Robert, K. A., Lesku, J. A., Partecke, J., & Chambers, B. (2015). Artificial light at night desynchronizes strictly seasonal reproduction in a wild mammal. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *282*, 20151745.

Rodríguez, A., Holmes, N. D., Ryan, P. G., Wilson, K-J., Faulquier, L., Murillo, Y., ... Corre, M. L. (2017). Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology*, *31*, 986–1001.

Rooney, N., & McCann, K. S. (2012). Integrating food web diversity, structure and stability. *Trends in Ecology & Evolution*, *27*, 40–46.

Rydell, J. (1991). Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats eptesicus nilssoni. *Ecography*, *14*, 203–207.

Sanders, D., Kehoe, R., Tiley, K., Bennie, J., Cruse, D., Davies, T. W., ... Gaston, K. J. (2015). Artificial nighttime light changes aphid-parasitoid population dynamics. *Scientific Reports*, *5*, 15232.

Sanders, D., Kehoe, R., & van Veen, F. J. F. (2015). Experimental evidence for the population-dynamic mechanisms underlying extinction cascades of carnivores. *Current Biology*, *25*, 3106–3109.

Sanders, D., Vogel, E., & Knop, E. (2015). Individual and species-specific traits explain niche size and functional role in spiders as generalist predators. *Journal of Animal Ecology*, *84*, 134–142.

Scherber, C., Eisenhauer, N., Weisser, W. W., Schmid, B., Voigt, W., Fischer, M., ... Tscharntke, T. (2010). Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, *468*, 553–556.

Scholz, S., Fischer, S., Gündel, U., Küster, E., Luckenbach, T., & Voelker, D. (2008). The zebrafish embryo model in environmental risk assessment—applications beyond acute toxicity testing. *Environmental Science and Pollution Research*, *15*, 394–404.

Schroeder, C. A. (1945). Tree foliation affected by street lights. *Arborists News*, *10*, 1–3.

Spoelstra, K., van Grunsven, R. H. A., Ramakers, J. J. C., Ferguson, K. B., Raap, T., Donners, M., ... Visser, M. E. (2017). Response of bats to light with different spectra: Light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *284*

Tang, S., Pawar, S., & Allesina, S. (2014). Correlation between interaction strengths drives stability in large ecological networks. *Ecology Letters*, *17*, 1094–1100.

Thébault, E., & Fontaine, C. (2010). Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. *Science*, *329*, 853–856.

Thums, M., Whiting, S. D., Reisser, J., Pendoley, K. L., Pattiaratchi, C. B., Proietti, M., ... Meekan, M. G. (2016). Artificial light on water attracts turtle hatchlings during their near shore transit. *Royal Society Open Science*, *3*, 160142.

Tylianakis, J. M., Laliberté, E., Nielsen, A., & Bascompte, J. (2010). Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, *143*, 2270–2279.

van Geffen, K. G., van Grunsven, R. H. A., van Ruijven, J., Berendse, F., & Veenendaal, E. M. (2014). Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth. *Ecology and Evolution*, *4*, 2082–2089.

van Langevelde, F., Ettema, J. A., Donners, M., WallisDeVries, M. F., & Groenendijk, D. (2011). Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation*, *144*, 2274–2281.

Verheijen, F. J. (1960). The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. *Archives Néerlandaises de Zoologie*, *13*, 1–107.

Violle, C., Navas, M-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, *116*, 882–892.

Walther, G-R. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *365*, 2019–2024.

**How to cite this article:** Sanders D, Gaston KJ. How ecological communities respond to artificial light at night. *J Exp Zool*. 2018;1–7. https://doi.org/10.1002/jez.2157

sustainability

MDPI

*Review*

# Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates

**Maja Grubisic [1,2,*], Abraham Haim [3], Pramod Bhusal [4], Davide M. Dominoni [5], Katharina M. A. Gabriel [6], Andreas Jechow [1,7], Franziska Kupprat [1], Amit Lerner [8], Paul Marchant [9,10], William Riley [11], Katarina Stebelova [12], Roy H. A. van Grunsven [13], Michal Zeman [12], Abed E. Zubidat [3] and Franz Hölker [1]**

1 Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, 12435 Berlin, Germany; jechow@igb-berlin.de (A.J.); kupprat@igb-berlin.de (F.K.); hoelker@igb-berlin.de (F.H.)
2 Department of Biology, Chemistry and Pharmacy, Institute of Biology, Freie Universität Berlin, 14195 Berlin, Germany
3 The Israeli Center for Interdisciplinary Research in Chronobiology, University of Haifa, 31905 Haifa, Israel; ahaim@research.haifa.ac.il (A.H.); Zubidat3@013.net.il (A.E.Z.)
4 Department of Electrical Engineering and Automation, Aalto University, 02150 Espoo, Finland; pramod.bhusal@aalto.fi
5 Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, Glasgow G128QQ, UK; d.dominoni@nioo.knaw.nl
6 Institute for Clinical Epidemiology and Biometry, University of Würzburg, 97080 Würzburg, Germany; katharina.gabriel@uni-wuerzburg.de
7 Remote Sensing, GFZ German Research Centre for Geosciences, 14473 Potsdam, Germany
8 Department of Physical Oceanography, Israel Oceanography and Limnology Research, Tel Shikmona, 31080 Haifa, Israel; amit.lerner@mail.huji.ac.il
9 University Research Office, Leeds Beckett University, Leeds LS1 3HE, UK; P.Marchant@leedsbeckett.ac.uk
10 Clinical and Population Studies Department, Faculty of Medicine and Health, University of Leeds, Leeds LS29JT, UK
11 The Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science, Lowestoft Laboratory, Lowestoft, Suffolk NR33OHT, UK; bill.riley@cefas.co.uk
12 Department of Animal Physiology and Ethology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, 84215 Bratislava, Slovakia; katarina.stebelova@uniba.sk (K.S.); michal.zeman@uniba.sk (M.Z.)
13 Dutch Butterfly Conservation, 6700 AM Wageningen, The Netherlands; royvangrunsven@gmail.com
* Correspondence: grubisic@igb-berlin.de

Received: 30 September 2019; Accepted: 10 November 2019; Published: 14 November 2019

check for updates

**Abstract:** Artificial light at night (ALAN) is increasing exponentially worldwide, accelerated by the transition to new efficient lighting technologies. However, ALAN and resulting light pollution can cause unintended physiological consequences. In vertebrates, production of melatonin—the "hormone of darkness" and a key player in circadian regulation—can be suppressed by ALAN. In this paper, we provide an overview of research on melatonin and ALAN in vertebrates. We discuss how ALAN disrupts natural photic environments, its effect on melatonin and circadian rhythms, and different photoreceptor systems across vertebrate taxa. We then present the results of a systematic review in which we identified studies on melatonin under typical light-polluted conditions in fishes, amphibians, reptiles, birds, and mammals, including humans. Melatonin is suppressed by extremely low light intensities in many vertebrates, ranging from 0.01–0.03 lx for fishes and rodents to 6 lx for sensitive humans. Even lower, wavelength-dependent intensities are implied by some studies and require rigorous testing in ecological contexts. In many studies, melatonin suppression occurs at the minimum light levels tested, and, in better-studied groups, melatonin suppression is reported to occur at lower light levels. We identify major research gaps and conclude that, for most groups, crucial information is lacking. No studies were identified for amphibians and reptiles and long-term impacts of low-level ALAN exposure are unknown. Given the high sensitivity of vertebrate melatonin

Folio Nº 2402



production to ALAN and the paucity of available information, it is crucial to research impacts of ALAN further in order to inform effective mitigation strategies for human health and the wellbeing and fitness of vertebrates in natural ecosystems.

**Keywords:** ALAN; artificial light at night; biological rhythm; circadian rhythm; melatonin

## 1. Introduction

Melatonin is an ancient molecule that appears to be ubiquitous in organisms, and the presence of artificial light at night (ALAN) could be affecting melatonin production across a wide range of organisms [1]. Melatonin was first detected in the pineal gland of mammals and was since found in bacteria, unicellular eukaryotes, macroalgae, fungi, plants, and animals [2–5]. During evolution, it adopted multiple biological functions: antioxidant protection (which appears to be an ancient role, starting from unicellular organisms), environmental tolerance in fungi and plants, immunomodulation and chemical expression of darkness in vertebrates, and regulation of seasonal reproduction in photoperiodic mammals [5,6]. It is, therefore, considered a "jack of all trades" that acts, among others, as a key component of circadian systems and a main signal for the temporal organization of organs, tissues, and cells in vertebrates. During recent decades, chronobiology developed as an interdisciplinary field of research, advancing our understanding of melatonin involvement as a daily and annual time-keeping hormone in the temporal organization of the vertebrate physiological and behavioral functions, specifically in relation to daily and seasonal environmental changes [7].

Circadian systems exist in almost all living beings, allowing them to anticipate daily changes in the environment and adapt physiological and behavioral processes to exploit changed conditions optimally as soon as change takes place. In order to provide selective advantage, circadian systems need to be entrained, i.e., synchronized with the environment via reliable time cues or "zeitgeber" [8]. As cycles of light and darkness are one of the most predictable cues in the environment, light is the dominant environmental synchronizer in most organisms, including vertebrates. Most organisms evolved to use changes in light conditions at twilight as zeitgeber in the process of photo-entrainment, as systematic changes in irradiance, spectral composition, and direction of light during dawn and dusk provide a reliable indicator of the time of day [9].

Circadian systems detect light and transform it into a timed signal that synchronizes many biochemical, physiological, and behavioral processes with the environment [10]. Such a system is generally composed of (1) a pacemaker, circadian clock, or circadian oscillator that endogenously generates rhythms with a period close to 24 hours, (2) an entrainment pathway that entrains the clock daily by detecting 24-h light/dark cycles via photoreceptors, and (3) an output signal that is rhythmically produced and serves as a signal of environmental time to the rest of the organism. In vertebrates, a major output of circadian clocks is melatonin, which is produced during the dark period of the light/dark cycle and acts as a signal for "darkness" to regulate circadian rhythms and photoperiodic responses [5,11]. In vertebrates, melatonin is produced in the retina and pineal organs, which both play central roles in circadian regulation and seem to be ancient melatonin sources [12]. Retinal melatonin is released and acts locally as a neuromodulator of retinal function, which controls retinomotor movements, modulation of neurotransmitter release, and sensitivity to light [13]. In contrast, pineal melatonin is released in the cerebrospinal fluid and blood, thereby facilitating time-keeping in the rest of the organism. Pineal melatonin not only controls circadian activities, but also regulates seasonal reproduction, sleep rhythms, rhythmicity of locomotor activity, and immune responsiveness [13].

The presence of ALAN introduces light of an intensity and spectral composition that does not correspond to natural nocturnal light and, therefore, profoundly alters the natural light environment [14]. On an evolutionary scale, the resulting light pollution presents a novel stressor, and it is unclear how organisms that evolved in stable cycles of light and darkness are affected by such changes. ALAN is

Folio Nº 2403



hypothesized to alter biological (circadian) rhythms with a variety of physiological effects, through interference with nocturnal melatonin production. In many animals (including humans), nocturnal melatonin production is sensitive to light [7], even at low levels of light [1], thereby disrupting the circadian rhythm. This disruption can be either in the form of reductions in melatonin levels or in shifts in rhythms [15]. As the melatonin pathway has peak sensitivity in the blue region [16], exposure to ALAN rich in blue wavelength has a higher potential of melatonin suppression. The increasing use of energy-efficient lighting technology rich in short-wavelength light [17], therefore, poses significant ecological concerns for wildlife and health challenges for humans. In addition to intensity and spectral composition, the timing and duration of light exposure also has an effect on suppressing melatonin [18,19]. Sensitivity to ALAN can differ between taxa depending on the thresholds for circadian entrainment, but an overview of the sensitivity of different organisms to disruption of melatonin cycles by ALAN is currently lacking.

This paper aims to summarize the existing literature about effects of ALAN on melatonin production across historical vertebrate classes, i.e., fishes, amphibians, reptiles, birds, and mammals (including humans). Firstly, we discuss how diel changes in photic environments in terrestrial and aquatic habitats are perceived by the photoreceptor systems in vertebrates, and how these changes can be masked by ALAN. Next, we summarize how circadian organization varies across vertebrate classes and how light information acts on the melatonin rhythm in different vertebrates. Lastly, we summarize available knowledge and assess whether differences in melatonin suppression under ALAN exist between different vertebrate classes, and whether these differences connect to evolutionary history of the different groups. In addition, we identify research gaps and give recommendations for future experiments assessing the effects of ALAN on melatonin suppression in vertebrates.

## 2. Natural Light and Light Pollution

### *2.1. Illuminance and Spectral Composition of Natural Light*

Light in nature mainly originates from extra-terrestrial sources, such as the sun, moon, and stars, or emission from the upper atmosphere like airglow or aurora [20]. The illuminance on Earth's surface (see Appendix A for discussion on photometry and radiometry) from natural light covers a large dynamic range of about nine orders of magnitude. During a clear day, the illuminance reaches a maximum of about 120,000 lx and decreases to about 800 lx at sunset [21].The sunset is the start of civil twilight (when the sun is 0–6° below the horizon), which has a minimum of 3.4 lx. Nautical twilight (sun 6–12° below horizon) has a minimum of 0.008 lx just before the start of astronomical twilight (sun 12–18° below horizon). At night, the maximum illuminance reaches about 0.3 lx on a full-moon night [22], which decreases to about 0.001 lx on a moonless clear night [23] and even further for cloudy conditions [24].

In addition to these changes in net illuminance, the spectrum of the light incident at the Earth's surface varies dramatically and depends on several factors such as sun or moon elevation angle, atmospheric properties (aerosols, humidity, ice crystals), cloud cover, etc., during both day and night. The changes in spectral composition throughout day and night were recently measured at two sites [25], one without and one with ALAN (Figure 1), thus depicting the spectral irradiance (see Appendix A) for different solar elevation angles at a rural site (Figure 1a) and in a city (Figure 1b). During twilight, a strong blue peak arose just after sunset and remained pronounced for the non-light-polluted rural site throughout civil and nautical twilight, subsequently fading during astronomical twilight and vanishing during night. This was partially due to the Chappuis effect [26]; as the sun's rays pass through a thicker layer of the atmosphere when the sun is lower in the sky, the absorption of green-yellow light by ozone (500–650 nm) results in a relative enrichment of shorter-wavelength light (around 480 nm) at twilight. Importantly, in the data obtained in the city, the blue peak was only apparent during civil twilight. It vanished during nautical twilight, and a secondary peak from ALAN arose (in this case, probably caused by sodium vapor lamps with emission at a wavelength around 580 nm).

Folio Nº 2404



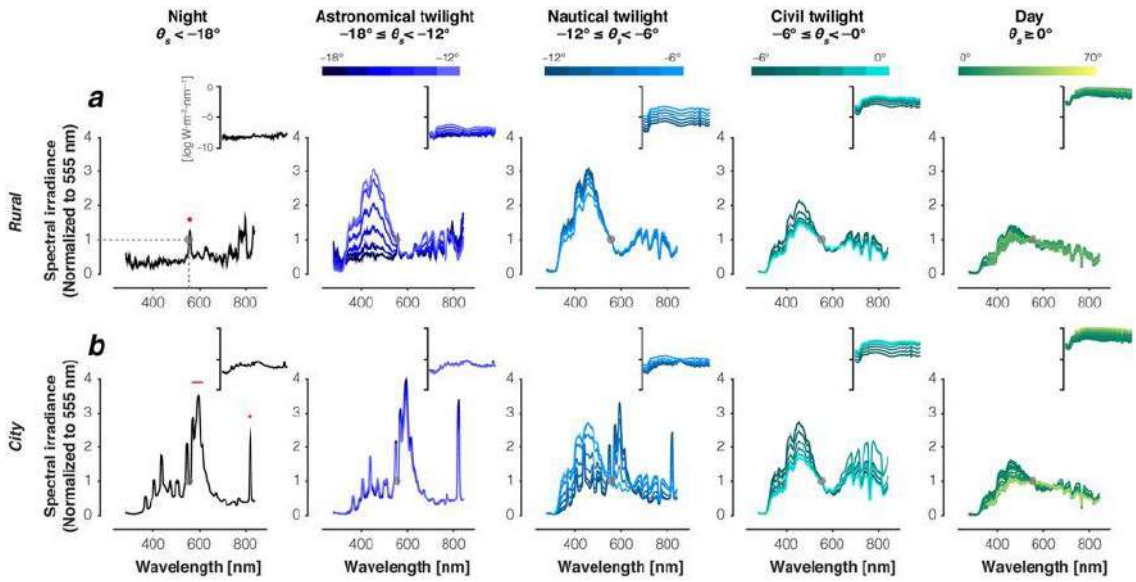



**Figure 1.** Relative and absolute downwelling spectral irradiance at night (left), during the three twilight phases, and during the day (right) obtained (**a**) in a rural location (red dot indicates 558 nm), and (**b**) in the city (red dot indicates 819 nm; red line 570–615 nm). Values in main graphs were normalized to a value of 1 at 555 nm (gray dots), and insets show absolute spectral irradiance. (Adapted from Reference [25] CC BY license (Creative Commons Attribution 4.0 International License))

In aquatic systems, water is an additional "optical filter" that alters the wavelength (color), direction, and polarization of the incident light [26]. While terrestrial organisms are exposed to sunlight with a maximum in the blue/green part of the spectrum, marine organisms are exposed to blue-shifted light, especially in deep water. In ocean waters, blue and green wavelengths penetrate deeper. Downwelling light in deep ocean waters is essentially monochromatic, composed of wavelengths around 480 nm, which are detectable down to about 1000 m in clear water. In coastal waters and in freshwater systems, the spectral composition is further altered by additional optically active constituents that absorb or scatter light. For example, colored dissolved organic matter mainly absorbs short-wavelength light, which leads to a domination of longer wavelengths in coastal waters and in freshwater systems; this results in brown, yellow, or even reddish water color [27]. In the case of high phytoplankton concentration, water color is dominated by green wavelengths [26] (see Appendix A for more information).

### 2.2. Light Pollution

Humans extended their activity and productivity into the night thanks to ALAN; however, ALAN results in light pollution—unnaturally high nocturnal light levels and a disruption of natural light/dark cycles (see Figure 1). First recognized by astronomers [27], ALAN has significant ecological implications for flora, fauna [28], and human health [29], and the ecological consequences [30] encompass a wide range of species, communities, and ecosystem effects in both terrestrial and aquatic habitats and, thus, light pollution is recognized as a potential threat to biodiversity [31]. Recent studies discovered that effects of ALAN are even recognizable during the day, for example, in microorganisms [32], pollinators [33], and fish behavior [34]. ALAN is increasing exponentially worldwide, in terms of lit area and brightness, at rates >2% per annum on average [17,35], with peaks at rates >40% in the developing world.

Light pollution is commonly categorized into direct and indirect. Direct light pollution originates from light emission that is directly incident on a land or water surface. In urban areas, such direct ALAN can reach light levels up to 150 lx [36], which is 1000-fold brighter than a clear full-moon night [23] and of markedly different spectral signature than natural light. Indirect light pollution

Folio Nº 2405



originates from light that is scattered within the atmosphere and occurs as skyglow [37], which is visible over large distances; therefore, 80% of the world population and >99% of populations in the United States of America (USA) and Europe live under light-polluted skies [38]. Skyglow changes with atmospheric and weather conditions [39], potentially resulting in night-sky brightness (luminance) levels hundreds of times brighter than natural, and surface illuminance levels brighter than a full moon [24]. Skyglow can also mask the blue peak present during twilight (Figure 1), which plays an important role in the circadian entrainment. The spectral composition of skyglow depends on the type of lamps dominating ALAN (see Appendix A) [25]. For artificial light sources, correlated color temperature (CCT) is a measure of spectral distribution of light, with higher CCTs usually meaning a higher content of short-wavelength light. CCT may have a considerable influence on the melatonin suppression, which is particularly sensitive to short wavelengths.

## 3. Photoreception and Circadian Systems in Vertebrates

### *3.1. Diversity of Photoreceptive Organs and Different Photoentrainment Pathways*

The relevant photoreceptors for the vertebrate circadian system include retinal and extraretinal photoreceptors (pineal, deep brain, iris, dermal, and tissue) (Table 1). In mammals, multiple photoreceptors are concentrated in the retina, whereas non-mammalian vertebrates additionally possess a range of anatomically diverse extraretinal photoreceptors that mediate various physiological and behavioral processes, including circadian and seasonal rhythms [40]. Extraretinal photoreceptors likely represent the most basal form of light reception. Different photoreceptor classes, such as pineal (found in almost all vertebrates) and deep-brain photoreceptors (found in all non-mammal vertebrates) may have specialized roles in circadian entrainment and photoperiodic responses [41,42], whereas dermal photoreceptors of fishes and amphibians mediate color changes and locomotor activity [43]. The parapineal organ of ectotherms is specialized for perception of ultraviolet (UV) and/or polarized light; this organ is intracranial in fishes and extracranial, termed "frontal organ" in frogs (Anura) and "parietal eyes" in some lizards (Squamata) or "third eye" in tuatara (*Sphenodon punctatus*, Rhynchocephalia) [42]. The retina of the lateral eyes is the most familiar photoreceptive site in vertebrates, and its general organization is conserved across vertebrate classes. In addition to image-forming rods and cones, a subset of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs), which contain melanopsin, mediates a range of non-image-forming functions, including photoentrainment [18]. Rods, cones, and ipRGCs all seem to participate in circadian photoreception. In addition, the retina in bony fishes (teleosts) contains photosensitive horizontal cells that may signal environmental irradiance and modify outputs from rods and cones [43].

**Table 1.** Distribution of circadian photoreceptors across vertebrate classes. Modified from Reference [40].

| | Parapineal Organ | Pineal Organ | Deep-Brain Photoreceptors | Retina (Including Melanopsin) |
|---|---|---|---|---|
| Fishes | + | + | + | + |
| Amphibians | + | + | + | + |
| Reptiles | + | + | + | + |
| Birds | − | + | + | + |
| Mammals | − | − | − | + |

The structure of the pineal organ and photoentrainment pathways dramatically changed from early vertebrates/ectotherms to mammals [10,44]. Structural changes in the pineal organ are notable at the anatomical, cytological, and molecular levels and result in a replacement of direct photosensitivity in non-mammal vertebrates with an indirect one in mammals [44]. Despite these dramatic changes, the vertebrate pineal is characterized by the presence of daily rhythms in enzyme activities and biochemical concentrations, including melatonin. The nocturnal pattern of melatonin production is maintained in all investigated vertebrates.

Folio Nº 2406



Ectotherms possess multi-oscillator circadian systems with direct photoperiodic control, i.e., photoreceptor cells located in the retina, pineal, and possibly those in brain contain all components of the circadian systems and are interconnected and synchronized by melatonin. In mammals, however, the components of the circadian system are physically separated and located in specialized tissues; photoreceptive units are in the eyes, the pacemaker is in the suprachiasmatic nucleus (SCN) of the hypothalamus, and the melatonin-producing units are in the pineal. Intermediate situations are found in sauropsids [10]. In mammals, the entrainment pathway involves ipRGCs that form the retinohypothalamic tract (RHT), which conveys light information to SCN and the pineal organ.

The pineal organ of ectotherms functions directly as an illuminance detector. It is located below the skull, near the surface of the brain, in the area where bone is thinner and surrounding tissues are less pigmented, thereby facilitating light entry [10]. In fishes (bony fishes and cyclostome species), ~10% of the incident light reaches the pineal. In amphibians, reptiles, and birds, such a structure is either less pronounced or absent; however, a considerable amount of light is still able to penetrate the overlying tissues, amounting to 0.1–0.3% of the incident light [45]. Far more incident light reaches extracranial parapineal organs, e.g., 50% in amphibians and 20% in reptiles. Even in birds and mammals, measurable quantities of incident light penetrate the skull into the hypothalamus [46,47]; for example, the light intensity of a full moon is sufficient to stimulate the deep-brain photoreceptor in the house sparrow (*Passer domesticus)* [48]. In mammals, the pineal retains only a secretory function serving as a primary source of melatonin [10], and it detects changes in light/dark cycles indirectly, through nocturnal secretion of melatonin. Rhythmic synthesis of melatonin, in both the pineal organ and the retina, relies mainly on rhythmic activity of the enzyme arylalkylamine *N*-acetyltransferase (AANAT), which is responsive to light [49]. In all vertebrates, AANAT responds to the photoperiodic information; in ectotherms, it also responds to temperature changes. In this regard, bony fishes are special because they possess several AANAT genes, which display tissue-specific expression [50].

### *3.2. Evolutionary Aspects of Diverse Photoreceptive Organs*

Circadian photoentrainment involves a variety of photoreceptive pigments, i.e., opsins, such as cone opsins, rod opsins, and melanopsins, characterized by a wide range of absorption spectra [42]. Many photoreceptors involved in non-image-forming tasks appear to peak close to 480 nm, with a spread ranging from 460 to 530 nm. Melanopsin seems to be a common feature of all vertebrates (Table 1) that mediates non-visual retinal photoreception, which is dominated by blue light both in aquatic and terrestrial vertebrates [51]. Photoreceptive pigments generally evolved to mediate specific photoreceptive tasks in different photic environments [26]. Therefore, this blue-shifted photosensitivity is postulated to be a conserved adapted feature of all vertebrates, which evolved as an adaptation to the blue-rich photic environment in oceans and later facilitated the move of vertebrates into a terrestrial environment, where blue wavelengths are dominant during twilight [51]. "Twilight detectors", which are spectrally tuned to the blue part of the spectrum, could allow increased photon capture and, hence, an increase in signal-to-noise detection also in terrestrial environments.

Animals use changes in irradiance during twilight as a zeitgeber, but it was recently shown that chromatic discrimination provides more reliable information for tracking time at twilight, and that irradiance and chromatic discrimination interact to inform circadian clocks [52]. The pineal and parapineal organs of fishes, amphibians, and reptiles are capable of a chromatic response, discriminating blue–yellow color, presumably able to influence melatonin production directly based on chromatic signals. The majority of mammalian species retained the short- and mid-/long-wavelength sensitivity needed for blue–yellow discrimination in cone opsins, in order to detect changes in spectral composition associated with twilight. In pineal and deep-brain photoreceptors, the light that reaches the receptors is affected by the transmission of the overlying tissues, primarily by processes of scattering and absorption, which shift the light spectrum toward the longer wavelengths. Short wavelengths (400–450 nm) are scattered more than long wavelengths, resulting in the light of long wavelengths (700–750 nm) penetrating ~1000-fold more effectively to reach intracranial photoreceptors [47]. Furthermore, light is

modified by light-absorbing pigments, the most important being hemoglobin (transmission between 460 and 540 nm, peak around 490 nm) and melanin (430 nm), both of which absorb short wavelengths to a greater degree than long wavelengths.

It is postulated that vertebrates evolved such a great variety in photoreceptive tissues in order to provide a more precise estimate of environmental time by integrating signals from (largely diurnal) photic environments over multiple photoreceptors, where each is tuned to different wavelengths and operates over different integration times and environmental regions [41,43]. Circadian photoreceptors are relatively insensitive to light, requiring high-intensity and long-duration stimuli for photoentrainment in contrast to highly sensitive visual receptors that are able to adapt and integrate short signals rapidly (see Reference [41] and references therein). Systematic changes in light intensity, spectral composition, and direction during twilight could all provide input to circadian systems, but they are also subject to large sensory noise (depending on the organism and its environment). This signal-to-noise ratio may be improved by the multiplicity of receptors in the non-mammalian vertebrates, which potentially integrate light information from the retinal, pineal, and deep-brain photoreception; this is known to be the case in birds [40,41]. In mammals, which possess only one photoreceptive tissue, the detection of twilight is either less precise or the ipRGCs themselves show heterogeneity in their responses to light, which is also supported by evidence. The loss of extraretinal photoreceptors in mammals may be explained by the "nocturnal bottleneck hypothesis", which postulates that the nocturnal lifestyle of early mammals, from which modern mammals developed 100 million years ago, acted as a selective pressure to keep only the most sensitive photoreceptors in the most exposed locations, i.e., those able to receive enough light to induce a response in dim photic environments of nocturnal animals [40]. Loss of photoreceptors in different anatomical locations, which would detect different intensities of incident light, avoids maladaptive reception of conflicting messages and generation of inappropriate phase relationships.

## 4. Effects of Artificial Light at Night on Melatonin Production in Different Vertebrate Classes: A Systematic Review of the Literature

### *4.1. Search and Eligibility Criteria*

A systematic literature search was performed for each vertebrate class separately (Table 2). In the class of mammals, three separate searches were performed to maximize the chances of identifying relevant studies: one for rodents and ungulates (common model animals in chronobiological research), one for primates, and one for humans. We searched the literature indexed in Scopus and Web of Science using the following keywords: light AND melatonin AND (level* OR concentration*) AND *class name**, adapted for each vertebrate class as follows: fish*, amphibian*, reptile*, and bird*. For mammals, instead of the class name, the first search included terms rodent* OR ungulate*, the second included the term primate*, and the third included the term human*. The terms were searched in titles, abstracts, and keywords of the papers. The searches were refined to include peer-reviewed research articles and articles in press, short surveys, book chapters, books, and letters available in English. Reviews, conference papers, editorials, and notes were not considered. All literature searches were performed between June and August 2019.

Our aim was to identify studies that investigated typical light pollution scenarios, which was defined as a light regime of alternating daylight illumination (higher than 250 lx) with nocturnal illumination (not higher than 250 lx). Studies that applied continuous 24-h illumination at one intensity were excluded. Only studies that presented original data were selected. We considered only studies that were conducted on living organisms; hence, in vitro experiments with isolated cells and tissues were not considered. Studies that lacked a control group or those that investigated different responses to ALAN than melatonin suppression (e.g., behavior) were also excluded from the review. For fishes, we considered studies reporting on effects of light at night on both ocular and blood melatonin. We followed PRISMA guidelines [53] in evaluating the search results. All studies were screened by title and abstract to assess whether they satisfied the eligibility criteria, in which case full texts were examined.

Folio Nº 2408



The number of studies included in the review based on the eligibility criteria is presented in Table 2. We present the results separately for fishes, amphibians, and reptiles, whereas non-human mammals (rodents, ungulates, and primates) are grouped and presented separately from humans.

**Table 2.** Studies investigating melatonin suppression in vertebrates under typical light pollution scenarios (see text for details). Number of studies identified in the systematic literature search performed separately for vertebrate groups (fishes, amphibians, reptiles, birds, and three separate searches for mammals), and number of studies included in the review based on eligibility criteria.

| | Fishes | Amphibians | Reptiles | Birds | Mammals (Rodents and Ungulates) | Mammals (Primates) | Mammals (Humans) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Number of studies identified in the keyword search in Scopus | 357 | 56 | 15 | 155 | 125 | 17 | 1145 |
| Number of studies identified in the keyword search in Web of Science | 367 | 34 | 32 | 169 | 133 | 25 | 733 |
| Number of studies included in the review | 15 | 0 | 0 | 10 | 11 | 2 | 34 |

Most studies included in the review provided light intensities in photometric units (illuminance in lx), some in the photosynthetically active radiation (PAR) band (400–700 nm, in photon flux per unit area), and some in radiometric units (irradiance in μW/cm$^2$ or μW/cm$^2$·nm). Whenever possible, the radiometric or PAR values were converted, at least approximately, to photometric units (lx). However, such a conversion is not always precise and has to be treated with caution (see Appendix A for details). There was some inconsistency when both radiometric and photopic units were reported, in which cases we refer to the originally published photopic values e.g. [54]. Some studies provided information on the spectrum (CCT or maximum wavelength $\lambda_{max}$) and/or the type of lamp that was used. Some studies did not specify light levels used, and many did not give reference to the light spectrum. Some studies used moonlight as a control or as a treatment without measuring illuminance; in these cases, we relied on illuminance values reported in the literature: full moon—0.3 lx; half-moon (first- and last-quarter moon)—0.03 lx; new moon—0.001 lx [55]. We note that full-moon light was reported as 10 to 12 lx in some studies [56–58], which is not possible at sites without light pollution [22].

### *4.2. Result Summary*

#### 4.2.1. Fishes

(a) Taxonomy of Fish Species

The 15 relevant studies that were identified in the literature search (Table 3) were performed on a total of 11 fish species. All species are bony fishes (teleosts) and are distributed across eight taxonomic families (Table 3). The habitats of those species range from freshwater (e.g., Cyprinidae) to marine waters (e.g., Moronidae, Labridae), as well as from temperate cold waters (e.g., Salmonidae) to tropical warm waters (e.g., Siganidae, Pomacentridae, Cichlidae), including species that tolerate a wider range of temperature and occur from subtropical to temperate regions, such as the cyprinids tench *(Tinca tinca)* and roach (*Rutilus rutilus)*, or the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, Percidae).

(b) Effects of Nocturnal Light on Plasma Melatonin in Fishes

Most of the selected studies dealt with the effects of broad-spectrum white light and how it affects nocturnal production of plasma melatonin at different intensities (Table 3A). Plasma melatonin was reduced under different intensities of white light in eight studies, five dealing with permanent illumination of the scotophase [56,57,59–61] and three dealing with the effects of acute light pulses of 1–2 h before or at midnight [54,55,62]. Only one of the nine studies on plasma melatonin under white nocturnal illumination showed no change in plasma melatonin levels under ALAN (in Eurasian perch), and even an increase of melatonin levels at 15-lx ALAN exposure for one month in roach; however, this increase was not statistically significant [63].

**Table 3.** Overview of studies on melatonin suppression under artificial light at night (ALAN) in fishes included in the analysis: plasma melatonin at exposure to ALAN with (3A) broad-spectrum white light and (3B) different colors of light; ocular melatonin at exposure to ALAN with (3C) white light and (3D) different colors of light. Percentage changes relative to control levels are reported and depicted with an asterisk when significant. "N/A" indicates that values were not available. M—males, F—females, rel—melatonin relative to baseline value, for details please check original study. Light intensities were reported at the water surface if not stated differently. Dark controls refer to laboratory experiments where no illumination was detected in controls. Only the most relevant effects are reported. Because the complexity of the experimental design can vary depending on the study, we stress the need to check the original study for the exact details.

| (3A) Plasma Melatonin at Exposure to Nocturnal White Light in Fishes | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Species** | **Taxonomic family** | **Temperature** | **Light intensities** | **Light color/light type** | **Control** | **Methodology and timing of sampling** | **Melatonin levels relative to control** | **Reference** |
| European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) | Moranidae | 23 °C | 1.4 lx (0.6 μW/cm$^2$)<br>5.7 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>14.2 lx (6 μW/cm$^2$)<br>141.8 lx (60 μW/cm$^2$) | White | Dark | Plasma sample<br>N/A | −12.5%<br>−25%<br>−75% *<br>−83% * | (Bayarri et al., 2002) [62] |
| Humbug damselfish (*Dascyllus aruanus*) | Pomacentridae | N/A | First-quarter moon<br>Full moon (0.3 lx)<br>Last-quarter moon | Moonlight | New moon | Plasma sample<br>N/A | −29% *<br>−55% *<br>−35% * | (Choi et al., 2017) [56] |
| Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) | Cichlidae | N/A | New moon<br>Full moon<br>0.1 lx<br>1 lx | Moonlight<br><br>White | Dark | Plasma sample<br>01:00 a.m. | −25% *<br>−56% *<br>−33% *<br>−31% * | (Nikaido et al., 2009) [55] |
| Seagrass rabbitfish (*Signaus canaliculatus*) | Siganidae | N/A | First-quarter moon<br>Full moon<br>Last-quarter moon<br>12 lx | Moonlight<br><br><br>White | New moon<br><br><br>Dark | Plasma sample<br>N/A | −28% N/A<br>−59% N/A<br>−7% N/A<br>−62% * (mean) | (Rahman et al., 2004) [57] |
| Goldlined spinefoot (*Signaus guttatus*) | Siganidae | N/A for sampling (19.8–30.9 °C) | Full moon | Moonlight | New moon | Plasma sample<br>N/A | −41% * | (Park et al., 2014) [60] |
| Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) | Salmonidae | 10 °C | 0.1–0.3 lx (mid-water)<br>50–65 lx (mid-water) | White | Dark | Plasma sample<br>10:00 p.m. | −57% *<br>−74% * | (Liu et al., 2019) [59] |
| Atlantic salmon (*Salmo salar*) | Salmonidae | N/A for sampling (1–17 °C) | 1 lx<br>20 lx<br>100 lx | White | Dark | Plasma sample<br>9:00 p.m. | −11% N/A<br>−23% N/A<br>−30% N/A | (Porter et al., 2001) [61] |
| Tench (*Tinca tinca*) | Cyprinidae | N/A | 0.3 lx (3.3 μW/cm$^2$)<br>1 lx (5.3 μW/cm$^2$)<br>3 lx (10.5 μW/cm$^2$) | White | Dark | Plasma sample<br>N/A | −67% *<br>−65% *<br>−67% * | (Vera et al., 2005) [54] |
| Roach (*Rutilus rutilus*) | Cyprinidae | N/A | 15 lx | White | Half-moon (0.02 lx) | Plasma sample<br>N/A | +14% for F<br>+900% for M | (Brüning et al., 2018) [63] |
| Roach (*Rutilus rutilus*) | Cyprinidae | 15 °C | 1 lx<br>10 lx<br>100 lx | White | Dark | Water-based measurement<br>8:00 a.m. | −97% *<br>−97% *<br>−99% * | (Brüning et al., 2018) [65] |

**Table 3.** *Cont.*

| (3A) Plasma Melatonin at Exposure to Nocturnal White Light in Fishes | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Species** | **Taxonomic family** | **Temperature** | **Light intensities** | **Light color/light type** | **Control** | **Methodology and timing of sampling** | **Melatonin levels relative to control** | **Reference** |
| Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) | Percidae | 16 °C | 1 lx<br>10 lx<br>100 lx | White | Dark | Water-based measurement<br>5:00 a.m. | −73% */79 % N/A (rel)<br>−79% */75 % N/A (rel)<br>−84% */82% N/A (rel) | (Brüning et al., 2015) [64] |
| Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) | Percidae | N/A | 15 lx | White | Half-moon (0.02 lx) | Plasma sample<br>N/A | 0% | (Brüning et al., 2018) [63] |
| Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) | Percidae | 16 °C | 0.01 lx<br>0.1 lx<br>1 lx | White | Dark | Water-based measurement<br>5:00 a.m. | −48% */−15% (rel)<br>−57% */−21% * (rel)<br>−78% */−49% * (rel) | Kupprat et al. *under revision* [66] |
| **(3B) Plasma melatonin at exposure to nocturnal colored light in fishes** | | | | | | | | |
| **Species** | **Taxonomic family** | **Temperature** | **Light intensities** | **Light color/light type** | **Control** | **Methodology** | **Melatonin levels relative to control** | **Reference** |
| European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) | Moranidae | 23 °C | 2 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>11 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>3 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>5 lx (6 μW/cm$^2$)<br>28 lx (6 μW/cm$^2$)<br>7 lx (6 μW/cm$^2$) | Blue<br>Green<br>Red<br>Blue<br>Green<br>Red | Dark | Plasma sample<br>N/A | −55% *<br>−58% *<br>−14%<br>−84% *<br>−56% *<br>−78% * | (Bayarri et al., 2002) [62] |
| Roach (*Rutilus rutilus*) | Cyprinidae | 15 °C | 0.15 lx (5.6 mW/m$^2$)<br>2.2 lx (4.8 mW/m$^2$)<br>0.65 lx (3.9 mW/m$^2$)<br>(all 0.021 μmol/s/m$^2$) | Blue<br>Green<br>Red | Dark | Water-based measurement<br>8:00 a.m. | −95% *<br>−95% *<br>−95% * | (Brüning et al., 2018) [65] |
| Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) | Percidae | 16 °C | 0.15 lx (5.6 mW/m$^2$)<br>2.2 lx (4.8 mW/m$^2$)<br>0.65 lx (3.9 mW/m$^2$)<br>(all 0.021 μmol/s/m$^2$) | Blue<br>Green<br>Red | Dark | Water-based measurement<br>08:00 a.m. | −68% */−10% N/A (rel)<br>−84% */−50% N/A (rel)<br>−80% */−33% N/A (rel) | (Brüning et al., 2016) [67] |
| **(3C) Ocular melatonin at exposure to nocturnal white light in fishes** | | | | | | | | |
| **Species** | **Taxonomic family** | **Temperature** | **Light intensities** | **Light color/light type** | **Control** | **Methodology** | **Melatonin levels relative to control** | **Reference** |
| European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) | Moranidae | 23 °C | 1.4 lx (0.6 μW/cm$^2$)<br>6 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>14 lx (6 μW/cm$^2$)<br>140 lx (60 μW/cm$^2$) | White | Dark | Ocular sample<br>N/A | +40%<br>+76% *<br>+152% *<br>0% | (Bayarri et al., 2002) [62] |
| Wrasse (*Halichaoeres tenuispinnis*) | Labridae | 25 °C | 0.13 lx<br>1.3 lx<br>13 lx<br>130 lx | White | Dark | Ocular sample<br>N/A | −24%<br>−65% *<br>−66% *<br>−74% * | (Iigo et al., 2003) [69] |
| Seagrass rabbitfish (*Signaus canaliculatus*) | Siganidae | N/A | First-quarter moon<br>Full moon<br>Last-quarter moon<br>12 lx | Moonlight<br><br>White | New moon<br><br>Dark | Ocular sample<br>N/A | −34% N/A<br>−42% N/A<br>−16% N/A<br>−49% * (mean) | (Rahman et al., 2004) [58] |
| Goldlineds spinefoot (*Signaus guttatus*) | Siganidae | 25 °C | Full moon<br><br>Full moon | Moonlight<br><br>Moonlight | New moon<br><br>Dark | *sgAanat1* expression (Ocular sample)<br>N/A | −66% * (continuous)<br>−58% (before pulse, 12:00 p.m.)<br>−72% * (2-h pulse) | (Kashiwagi et al., 2013) [68] |

Folio Nº 2411



**Table 3.** *Cont.*

| (3D) Ocular melatonin at exposure to nocturnal colored light in fishes | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Species** | **Taxonomic family** | **Temperature** | **Light intensities** | **Light color/light type** | **Control** | **Methodology** | **Melatonin levels relative to control** | **Reference** |
| European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) | Moranidae | 23 °C | 2 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>11 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>3 lx (2.4 μW/cm$^2$)<br>5 lx (6 μW/cm$^2$)<br>28 lx (6 μW/cm$^2$)<br>7 lx (6 μW/cm$^2$) | Blue<br>Green<br>Red<br>Blue<br>Green<br>Red | Dark | Ocular sample<br>N/A | +717% *<br>+400% *<br>+567% *<br>+1733% *<br>+650% *<br>+233% | (Bayarri et al., 2002) [62] |

For most fish species, white light of 1 lx was enough to reduce plasma melatonin to <70 % of the dark control levels [54–57,59,60], except for Atlantic salmon (*Salmo salar)* [61] and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [62], where production was <90 % of the control level around 1 lx with no statistically significant difference (Table 3A). Atlantic salmon displayed the overall weakest melatonin suppression under exposure to ALAN [61]. The strongest responses to light at night were measured in tropical species. In these species, full-moon light (estimated as 0.3 lx) was enough to reduce mean plasma melatonin to <45% of the dark control levels. Another damselfish, the gold-lined spinefoot (*Signaus guttatus*), had plasma melatonin concentrations at full moon of 60% of concentrations at new moon [60]. Tench had melatonin levels of ca. 43–45% of the dark control at different levels of illuminance [54]. Likewise, melatonin was dose-dependently reduced in European sea bass and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) [59,62] (Table 3A). Water-based measurements of secreted melatonin also showed strong reductions of nocturnal melatonin at all measured illuminances. In these studies, rhythmicity of melatonin production was detectable at 1-lx nocturnal illumination but completely depleted at 10 lx and 100 lx in Eurasian perch and roach [64,65]. Another recent study, which did not show up in the literature search since it is still under review, showed that, below 1 lx, nocturnal melatonin production was significantly reduced at 0.01 lx and 0.1 lx, but rhythmicity was maintained in Eurasian perch [66] (Table 3A).

Three of the selected studies examined the effects of colored illumination during the scotophase on plasma melatonin (Table 3B). In roach, illumination of all applied colors (blue, green, red) reduced melatonin, measured from tank water, to a similar extent [65]. In Eurasian perch, green and red light-emitting diodes (LEDs) similarly reduced melatonin in the tank water, whereas blue LEDs reduced melatonin to a lesser extent than red or green light at the same photon flux [67]. In European sea bass, low intensities of 2.4 $\mu W/cm^2$ suppressed plasma melatonin for green light (544 nm, ca. 11 lx) and blue light (454 nm, ca. 2 lx), whereas red light (640 nm, ca. 3 lx) was least suppressive and did not differ from the control. At higher intensities of 6 $\mu W/cm^2$, however, red light (ca. 7 lx) and blue light (ca. 5 lx) were most suppressive, and green light (ca. 28 lx) was least suppressive, but all colored treatments had significantly lower plasma melatonin than the dark control [62] (Table 3B).

(c) Effects of Nocturnal Light on Ocular Melatonin in Fishes

Four of the selected studies assessed changes in ocular melatonin levels at nocturnal illumination by white light (Table 3C), and only one study investigated the effects of different light colors [62] (Table 3D). The expression of *sgAanat1* was reduced under full-moon illumination compared to new moon in the gold-lined spinefoot [68]. Likewise, in another siganid, the seagrass rabbitfish, and in the wrasse *(Halichaoeres tenuispinnis,* Labridae), ocular melatonin was reduced at different intensities of white light [58,69]. In the wrasse, reduction of mean ocular melatonin was not statistically significant at 0.13 lx, but it was at all intensities >1.3 lx [69]. In European sea bass, however, mean ocular melatonin increased with increasing intensity of white light during the scotophase [62]. This increase was statistically significant at 6 lx and at 14 lx, but not at 1.4 lx or 140 lx [62]. For colored light, in European sea bass, blue light at high intensities increased ocular melatonin the most, compared to red and green light. At lower intensities, red, green, and blue light resulted in a similar increase of ocular melatonin levels compared to the dark controls [62] (Table 3D).

(d) Melatonin Rhythmicity in Fishes

Several studies determined the peak of a circadian melatonin profile in order to determine the timing of exposure to light pulses [55,68,69]. Studies on lunar effects used culmination time of the moon as a sampling time [68], whereas other studies sampled at a fixed point in time, e.g., midnight [60], 2:00 a.m. [56], or throughout the entire night, neglecting culmination of the moon or peak of nocturnal melatonin production [63]. Multiple samplings throughout the night can reveal not only changes in amplitude, but also changes of other rhythmic parameters. For example, cosinor analyses of melatonin profiles of the Eurasian perch showed that the period was shortened and acrophase was earlier in

the night at illumination of 1 lx [66]. The shift was also visible in the modeled curves for 10-lx and 100-lx white light and 0.15-lx blue light in Eurasian perch [64,67]. In Atlantic salmon, melatonin peaked at the same time in the night in all analyzed treatments, but the peak was delayed by 4 h at high intensities of 400 lx [61]. In Arctic charr, the peak of plasma melatonin in the night seemed to be delayed by 4 h at low nocturnal illuminance of 0.1–0.3 lx, but not at 50–60 lx [59]. If melatonin suppression by nocturnal light treatment is very strong, it is not possible to determine a period or shift in acrophase [57,58,65]. For comparability, in Table 3, the melatonin suppression was analyzed at the time where melatonin peaked in the control, but a shift of the melatonin peak under ALAN could lead to over- or underestimation of melatonin suppression.

#### 4.2.2. Amphibians

None of the studies from the literature searches for amphibians fulfilled the eligibility criteria. Few reviews on ALAN effects on amphibians are available [70–72], and several recent studies investigated the effects of ALAN on amphibians. ALAN decreased metamorphic duration and juvenile growth in American toads (*Anaxyrus americanus*) [73], and reduced activity and altered energy allocation in common toads (*Bufo bufo*) [74]. Furthermore, a shift and shortening of the calling season of male Brazilian anurans was measured in a light-polluted wetland as compared to a similar site without light pollution [75]. Mate choice behavior was found to be unaltered under light pollution in Eastern gray treefrog *(Hyla versicolor)* females [76]. Melatonin was, however, not subject to these studies.

The results from studies of continuous illumination and prolonged photoperiod (18-h light/6-h dark) indicate that ALAN can potentially reduce nocturnal melatonin production of amphibians. In tadpoles of the American bullfrog (*Rana catesbeiana*), constant light reduced plasma and ocular melatonin but rhythmicity was maintained, although shifts of the acrophase were noted [77,78]. Moreover, tadpoles of American bullfrog also had a lowered melatonin amplitude in the scotophase under an 18-h light/6-h dark cycle compared to a 12-h light/12-h dark photoperiod [79]. However, with increased scotophase under a 6-h light/18-h dark cycle, the melatonin concentrations did not further increase, but only the peak of melatonin production was shifted toward the beginning of scotophase.

In frogs, melatonin facilitates multiple processes, from color change and lowering body temperature to gonadal development and reproduction. Therefore, potential melatonin suppression by ALAN may have various physiological consequences [70], although our search indicates that this is yet to be assessed under a typical light pollution scenario. Natural light/dark cycles drive a rhythmic change in skin coloration in tadpoles of African clawed frog *(Xenopus laevis)*, which stops with their disruption, likely due to melanopsin-mediated interference with melatonin production [80,81]. Even one minute of light exposure during scotophase was shown to suppress production of melatonin precursors, although it is unknown which light intensities are needed for this effect [82]. Altered light regime may affect amphibians already in embryonic and larval development; for example, *X. laevis* embryos develop a functional, photosensitive circadian clock in the eyes and pineal after just four days of development [83].

Many anurans have complex life cycles and undergo metamorphosis that involves profound changes in morphology, a transition from aquatic (often turbid) to terrestrial environments, and a change in activity patterns from diurnal to nocturnal. These changes are accompanied by alterations of the eye that likely change its spectral sensitivity as the adaptation to altered photic environments. In developing anurans, the frontal organ is most sensitive to light of around 520 nm (green light) [84], probably as an adaptive feature that allows maximum sensitivity to the underwater photic environment [85]. Experiments on in vitro cultured eyecups of *X. laevis* showed a high sensitivity toward light at different (monochromatic) colors, with the highest sensitivity in the shorter (blue and green) wavelengths and less sensitivity toward red wavelengths [86]. It is unknown whether sensitivity to ALAN differs between pre- and post-metamorphosis anurans.

Folio Nº 2414



#### 4.2.3. Reptiles

No studies were identified in the literature search for reptiles that fulfilled the eligibility criteria. Despite the increase of research on the impact or light pollution on ecosystems and the research on reptiles in this perspective [70], there are very few studies on the impact of ALAN on melatonin levels. Those available focus primarily on different day lengths or illuminated periods during the night. Studies that were representative for light-polluted conditions (high light levels during the day and low light levels during the night) were not found.

The literature on melatonin rhythms and their zeitgebers does, however, provide insight into the potential sensitivity for the different groups of reptiles. All four reptile orders (Squamata, Testudines, Sphenodontia, and Crocodilia) were shown to have a circadian rhythm of melatonin [87], and this is, at least partly, regulated by exposure to light, while ambient temperature can be an important zeitgeber as well. In the American alligator (*Alligator mississippiensis*), melatonin levels seem to be rather constant, without a circadian cycle, and not related to a circadian rhythm [88]. An overview of the literature on the clock system in lizards is given in Reference [89].

For some reptile species, the effect of light exposure on melatonin levels was tested. Changing the photoperiod can affect the melatonin production in both timing of the peak and amplitude of the fluctuation, but this varies between species and environmental conditions. The best-studied species in this perspective is the sub-tropical green anole (*Anolis carolinensis*), for which short photoperiods were found to reduce the height and width of the melatonin peak during the scotophase [90]. Exposure to light (300 lx) for 1 h late in the scotophase shifted the melatonin peak earlier and vice versa [91]. This does show that melatonin cycles in this species are at least partly regulated by light exposure. In reptiles, however, as temperature is also an important zeitgeber, the melatonin cycle can be maintained when lighting is continuous, but temperature shows daily fluctuations. This is true both in dim light (1 lx) [90] and in continuous light (80 lx) or in dark conditions [92]. Temperature seems to be dominant when light (80 lx for scotophase) and temperature (20–32 °C) contradict each other; for example, when lizards are exposed to a warm scotophase and cold photophase, the melatonin cycle peaks during the photophase. Interestingly, when light and temperature show contrasting patterns, the peak in melatonin is not reduced compared to synchronized patterns in the sub-tropical green anole [90]. However, the light level during photophase was very low in these experiments (80 lx) and, therefore, it is unclear whether this result is representative for natural conditions where light levels in the photophase are ~1000-fold higher. In *Tiliqua rugosa* (Scincidae), light and temperature interact in the sense that, when the scotophase and cryophase are simultaneous, the amplitude of the melatonin rhythm in blood plasma is larger than when they are not. When the cryophase is in the middle of the photophase, melatonin becomes arrhythmic [93]. However, this was tested with a light level of 2800 lx, which might explain the contrasting results.

In most organisms, exposure to light during the scotophase quickly depresses melatonin levels, while this does not seem to be the case in sub-tropical green anole. Exposure to 300 lx during scotophase did result in shifts in the melatonin cycle, but not in a decrease in melatonin levels [91]. Exposure to light levels of 27,250 lx (i.e., direct sunlight), for 1 h in the middle of the scotophase did not result in a decrease in melatonin level in the pineal gland, nor did 2 h of exposure to 7600–12,500 lx (i.e., indirect sunlight) [90]. *Anolis* species do, however, respond with increases in activity when exposed to light during the scotophase; in particular, the species from shaded habitats seem to increase activity with increasing intensity of the light (from 0.0037–450 μW/cm$^2$, ca. 0.01–1600 lx), making them sensitive to typical ALAN levels [94]. However, the control darkness was not defined and possibly was an unnatural complete darkness that might reduce activity compared to natural conditions.

The box turtle (*Terrapene carolina*) shows similar patterns to the sub-tropical green anole. Under constant temperature, the circadian rhythm of melatonin is entrained by light, with a longer duration of the melatonin peak under short days in both pineal gland and plasma. Exposure to light (300 lx) for 1 h during the night did not result in decreased levels of melatonin in either plasma or pineal gland [95].

Folio Nº 2415



#### 4.2.4. Birds

Out of 10 studies included in the review, only five were explicitly designed to test the hypothesis that ALAN suppresses melatonin in birds (Table 4). These studies used five different Passeriformes species: Eurasian blackbird (*Turdus merula*) [96], western scrub-jay (*Aphelocoma californica*) [97], great tit (*Parus major*) [15], Indian weaver bird (*Ploceus philippinus*) [98], and Eurasian tree sparrow (*Passer montanus*) [99]. The other five studies used an experimental dim illumination at night in the context of circadian rhythms research [100–102] and/or photoperiodism [103,104]. These additional studies used different avian species, from songbirds and pigeons to penguins. One study used chickens. All 10 of these experiments were conducted in a laboratory; thus, there is a clear need to expand on this research and promote more investigations in the field, at least for ecology-related questions. The effects of ALAN on melatonin might be season-dependent, but only one study tested this hypothesis. In this experiment, constant illumination throughout the night was used, and it was found that the effect is stronger in winter than in summer, likely because of the longer nights in winter [96].

The intensity and exposure of ALAN varied greatly between studies. The experiments that were explicitly designed to test for the effects of ALAN on behavior and physiology of birds used a light intensity that ranged from 0.3 lx [96] to 2 lx [98], 3.2 lx [97], 5 lx [15], and 8 lx [99]. Two studies used a single level of light intensity applied constantly throughout the night [96,97]. One study used different treatment groups where birds were exposed to light at night for the entire night or at specific 4-h time periods in the early, mid, or late night [98]. One study used a dose–response approach by exposing different groups of great tits to different levels of light intensity, from 0.05 to 5 lx, throughout the night [15]. The dose–response approach was also used in two non-ALAN studies [101,102], although with slightly different experimental set-ups. For instance, Reference [102] exposed pigeons to light of increasing intensity at midnight and collected blood samples at different times until 80 min after the initial light exposure. They revealed that, after only 12 min, suppression of melatonin was reduced by 50% of its initial value during the previous scotophase. The studies, intended to test questions related to circadian rhythms and photoperiodism, used an intensity of light that extended up to 100 lx, but also utilized a constant illumination approach. The only two exceptions were the experiments of Reference [102] and of Reference [100], which exposed pigeons to a 30-min light pulse just after midnight.

Similarly, the type of night-time illumination used varied among the studies. Warm white incandescent light was used in Reference [96] on Eurasian blackbirds and in Reference [97] on western scrub-jays. White LED light was used in Reference [15] and covered the entire visible spectrum with peaks at both mid and relatively long wavelengths. Reference [98] used a compact fluorescent lamp with a high concentration of blue light. Some studies used fluorescent cool light [99,101,104] or even natural light in the summer Antarctic [100]. Studies not designed to test for ALAN effects used mostly fluorescent light sources [102,104]. However, in these studies, the light source used in the experiment, as well as how it was used, was not described in detail.

Overall, this work shows four major findings that were generally common between the studies, although with a few exceptions and subjected to interpretation biases depending on the type of experimental set-up and aim of each individual experiment.

Firstly, ALAN suppresses melatonin release at night. When a significant suppression effect was detected, the effect size was large, as light at night reduced melatonin by one-half to one-third of the value in the control groups. This suppression is very fast: only 12 min of exposure to ALAN is able to suppress melatonin levels [102]. In general, melatonin responds to ALAN during the first night of exposure and even short pulses are able to lower melatonin production and release [100]. The only exception to this pattern was a study in which melatonin levels increased under light at night in western scrub-jays [97].

Folio Nº 2416



**Table 4.** Overview of studies on melatonin suppression by artificial light at night (ALAN) in birds. Only studies where the experiment was specifically designed to test the effects of ALAN are reported (see text for other studies). Percentage changes relative to control levels are reported and depicted with an asterisk when significant. Only the most relevant effects are reported. Because the complexity of the experimental design can vary depending on the study, we stress the need to check the original study for the exact details. LED—light-emitting diode.

| Species | Taxonomic Family | Temperature | Light Intensities and Duration | Light Color/Light Type | Control | Methodology | Melatonin Relative to Control | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Great tit (*Parus major*) | Paridae | 10–14 °C | 0.15, 0.5, 1.5, 5 lx for entire night | Warm white LED | 0.05 lx | Plasma sample | −50% under 5 lx * | (de Jong et al., 2016) [15] |
| Eurasian blackbird (*Turdus merula*) | Turdidae | 20 °C | 0.3 lx for entire night | Incandescent light bulb | 0.001 lx | Plasma sample | ~−50% winter (dusk and dawn) * ~−30% summer (dusk, midnight, dawn) * | (Dominoni et al., 2013) [96] |
| Eurasian tree sparrow (*Passer montanus*) | Passeridae | 22 °C | 8 lx for entire night | Cool white fluorescent lamp | 0 lx | Plasma sample | −70% at midnight * | (Jiang et al., 2020) [99] |
| Indian weaver bird (*Ploceus philippinus*) | Ploceidae | 24 °C | 2 lx for entire night or 4 h | Cool white fluorescent lamp | 0.1 lx | Plasma sample | −66% at midnight * −50% at dawn and dusk * | (Kumar et al., 2018) [98] |
| Western scrub-jay (*Aphelocoma californica*) | Corvidae | 20 °C | 0.3 lx for entire night | Incandescent light bulb | 0.01 lx | Plasma sample | +50% * | (Schoech et al., 2013) [97] |

Secondly, the degree of suppression is dependent on the light intensity used in the study. Melatonin levels seem to be affected by light intensity as low as 0.3 lx in the Eurasian blackbird [96], but only above 1 lx in the Indian weaver bird [98,101], suggesting that species-specific thresholds may exist. Dose–response effects were clearly shown by experiments that exposed the same species to different levels of ALAN [99,101]. The shape of the response is, however, mostly unclear, and it is impossible at present to state whether any specific thresholds exist, or whether melatonin is suppressed in a linear or curvilinear manner by ALAN. Future studies should use more light intensity levels to properly identify the shape of the melatonin response to ALAN.

Thirdly, ALAN exposure in the early part of the night seems to phase-delay the melatonin rhythm, while late-night ALAN exposure usually advances it [98,101]. However, constant night illumination usually had different effects. In the blackbirds, for instance, it suppressed melatonin throughout the night but with larger effects right after dusk or right before dawn, compared to midnight [96]. Since part-night lighting could be a highly effective mitigation method, more studies are needed to confirm that illuminating only the first half of the night (the more likely solution that city councils may adopt) can considerably minimize the impact of ALAN on melatonin.

Fourthly, the suppressive effect of blue-rich light sources, such as fluorescent light bulbs, was stronger than that of warm white lamps. However, and quite surprisingly, no proper experiment was designed so far to assess wavelength-dependent effects of ALAN on melatonin in birds. This is a clear research gap.

#### 4.2.5. Non-Human Mammals (Rodents, Ungulates, and Primates)

Although many studies were done on the topic of melatonin in rodents and ungulates, as species belonging to these groups are often used as model animals in chronobiological research, only 11 studies were identified as relevant to this review (Tables 2 and 5A,B). These records included seven rodent studies and four ungulate studies, which were performed on four rodent species (mice [105], rats [106–108], Siberian hamster *(Phodopus sungorus)* [109,110], and fat sand rat *(Psammomys obesus)* [111] and four ungulate species (cow [112], goat [113], sheep [114], and horse [115]). These records included nocturnal and diurnal species (the four ungulate and one rodent species, the fat sand rat). Ten of these studies mentioned melatonin suppression by light at night in their aims, two of which assessed melatonin suppression by dim light at night in accordance with cancer development [107,108]. One study used dim nocturnal light in the context of circadian rhythm research [105]. In the search for non-human primates, only two studies were identified that fulfilled the eligibility criteria (Tables 2 and 5C), and they involved squirrel monkey (*Saimiri sciureus*) and mouse lemur (*Microcebus murinus*).

The studies on rodents and ungulates included in the review used a wide range of irradiance levels and spectral compositions, but only four studies provided quantitative information regarding the ALAN spectral composition and irradiance used in the study [106,109,112,115]. The other seven studies specified either the irradiance level or the light type and/or spectral composition. The minimum illuminance levels assessed were 0.003 lx [109], up to 200 lx [105,107,110], whereas studies with nocturnal light levels >250 lx were excluded from the analysis. Only four studies used more than one light level. The reviewed studies used incandescent [107], fluorescent [110,111,113], and LED illumination types [109,115] during the daytime and for ALAN exposures during the night. The spectral wavelength ranged from 360 nm to 700 nm, and the most commonly applied was at the short end of the spectrum (blue light, about 450 nm) or cool white light, rich in short wavelengths [109,111–113,115]. The duration of the light exposure at night also varied between the studies, ranging from 1 min [107,110] to 15 min [105,109,111], 30 min [111], and 1 h per night [113–115], as well as continuous exposure throughout the night [106,108,112]. The frequency and timing of the light exposure during the scotophase differed markedly between the studies, starting from a single exposure [105,109] to repeated light pulses (e.g., References [107,111]), in the early, middle, or late scotophase. In non-human primates, no studies were found that assessed melatonin suppression by nocturnal light under irradiance <50 lx.

Folio Nº 2418



Overall, in rodents and ungulates, almost all exposures to ALAN showed significant melatonin suppression, starting from very low irradiance of short-wavelength (blue) light (~0.028 lx at 480 nm, applied as a 15-min pulse half into the scotophase in Siberian hamsters, resulted in 60% suppression) [109] and low irradiance of long-wavelength (red) light (~8 lx at >620 nm, applied throughout the entire scotophase in rats, resulted in 95% suppression) [106], to the highest irradiance applied within the eligibility criteria (200 lx) in mice and Siberian hamsters (70–85% suppression) [105,110]. Dim light of 0.2 lx (throughout the entire scotophase) suppressed melatonin levels in rats by 88% relative to control [108]. In ungulates, illumination of 2.3 lx for 1 h suppressed melatonin levels by 43% in goats [113], but similar illuminance levels (3 lx) and exposure duration did not affect melatonin levels in horses [115]. Melatonin suppression showed a significant positive dose-dependent suppression with irradiance [113]. The strongest suppression of melatonin levels often occurred ~30 min after the light exposure, and substantial suppression was induced already by 1-min light pulse. A 1-min light pulse (200–800 lx) in the middle of the scotophase was also able to mimic a long photoperiod in Siberian hamsters acclimated to short photoperiods [110]. With regard to phase shift and acrophase, only two studies reported a phase shift in acrophase occurrence and morning melatonin decline [105,107], whereas the other studies did not assess phase shifting at all.

In non-human primates, exposure of squirrel monkey to 200 lx of fluorescent light for 2 h in the middle of the scotophase suppressed urinary levels of the melatonin metabolite 6-sulfatoxymelatonin (aMT6s) on average by 54.8% [116]. Surprisingly, in one individual, concentrations of urinary aMT6s increased after ALAN exposure by 46.8%, indicating high inter-individual variability of response to ALAN in this species, similar to that demonstrated in humans [117] (see below). A more recent study on mouse lemurs [118] found that exposure to 50 lx for 3–5 h at the beginning of the scotophase suppressed urinary aMT6s by more than 50% relative to control (0.3 lx).

#### 4.2.6. Mammals (Humans)

(a) Description of Studies and Participants

We identified 34 studies relevant to this review, from 1450 records screened (Figure 2, Table 6). The selected studies analyzed the impact of light exposure during the night, whereas only one study was specifically focused on light pollution [119]. The studies were performed on a total of 1315 participants. The number of participants in each study ranged from four to 116, with one population study even evaluating 528 men and women. Most studies ($n$ = 19) included both sexes. One study was focused only on women [120], with nine studies only on men [121–129], and, in five studies, the sex was not specified [130–134]. Excluding 179 persons, for which sex or number of participants in each sex group was not specified, the majority of the remaining 1136 participants was male ($n$ = 611, 53.8%). The participants' age ranged from childhood (nine years) [135] to senior citizen (mean ± SD: 72.8 ± 6.5 years) [119]. Two studies evaluated adolescents (age 13–18 years) and compared the results with adult participants [136,137]. Mean age of participants was 25 years in eight studies [123,124,126–129,133,138], with a range of 18 to 30 years in eleven studies [117,121,122,127,131,139–144]. Participants with an age range to 40 years were included in six studies [125,132,145–148], those with an age range to 50 years were included in three studies [134,136,149], and those with an age range from 18 to 60 years were included in four studies [120,137,150,151].

**Table 5.** Overview of studies on melatonin suppression (SUP) by artificial light at night (ALAN) in non-human mammals: (5A) rodents, (5B) ungulates, and (5C) primates. Percentage changes in melatonin levels relative to control (CON) levels are reported and depicted with an asterisk when significant. MEL—melatonin, LP—long photoperiod, SP—short photoperiod, M—male, F—female, aMT6s—6-sulfatoxymelatonin, NS—not significant, CCT—correlated color temperature.

| (5A) Melatonin at exposure to nocturnal light in mammals: rodents | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Species** | **Number, gender, and age of subjects** | **Light intensity/treatments** | **Light duration** | **CCT, wavelength, light color/light type** | **Control light intensities** | **Methodology** | **Melatonin relative to control** | **Reference** |
| Sprague–Dawley rats | $n$ = 12<br>M<br>adults (3–4 weeks) | 8.07 ± 0.95 lx<br>(3.31 ± 0.38 μW/cm$^2$) | Overnight (12-h light/12-h dark), over 4 weeks | >620 nm, red light | 0 lx | Plasma MEL | ~−95% for peak dark-phase MEL | (Dauchy et al., 2015) [106] |
| Siberian hamsters *(Phodopus sungorus)* | $n$ = 6–8<br>M<br>adults | 1. 0.003 μW/cm$^2$<br>2. 0.03 μW/cm$^2$<br>3. 0.3 μW/cm$^2$<br>4. 1.31 μW/cm$^2$<br>5. 4.8 μW/cm$^2$<br>6. 68 μW/cm$^2$ | 15-min light pulse, 60% into the scotophase,<br>LP: 14-h light/10-h dark<br>SP: 10-h light/14-h dark | 480 nm LED | 0 lx | Plasma MEL | MEL SUP similar for both photoperiods:<br>1. NS<br>2. ~−60% *<br>3. ~−90% *<br>4. ~−90% *<br>5. ~−90% *<br>6. ~−90% * | (Glickman et al., 2014) [109] |
| Siberian hamsters *(Phodopus sungorus)* | $n$ = 132–156<br>M<br>adults | SP (8-h light/16-h dark) + light pulse (200–800 lx) | 1-min light pulse, in the middle of the scotophase,<br>3–4 weeks | Fluorescent light | 1. LP (16-h light/8-h dark)<br>2. SP (8-h light/16-h dark)<br>Only | Pineal *N*-acetyltransferase (MEL formation) | Treatment to CON 1: NS<br>Treatment to CON 2: 50% shorter enzyme activity time under short photoperiod only | (Hoffmann et al., 1981) |
| Laboratory mice | $n$ = 10–14<br>M<br>adults | 200 lx | 15-min light pulse:<br>1. 4 h into scotophase,<br>2. 2 h before end of scotophase | N/A | 0 lx | Plasma and pineal MEL | Similar MEL SUP after light pulse at both times:<br>~−85% * pineal MEL<br>~−70% * plasma MEL<br>1: delay of morning decline of MEL production<br>2: advance of morning decline of MEL production (>2 h) | (Kennaway et al., 2002) [105] |
| Fat sand rat *(Psammomys obesus)* | $n$ = 8<br>M<br>N/A | 1. Acute light pulse<br>2. SP (8-h light/16-h dark)<br>2. SP + chronic light pulse<br>4. Constant dim blue light (30 lx, 470 nm) | Acute light pulse: 30 min, 5 h into the scotophase<br>Chronic light pulse: 3 × 15 min at 4-h intervals<br>Constant light: over 24 h for 3 weeks | Cool white fluorescent | Control photoperiod 12-h light/12-h dark, no light at night | aMT6s in urine | 1: −63% *<br>2: −73% * (6 h into scotophase)<br>3: +71−89% * compared to SP only<br>4: +71% * | (Schwimmer et al., 2010) [111] |
| Rats | $n$ = 3–6<br>F<br>5 weeks (50 ± 3 days) | 61, 81, 128, 193 lx | 1. 5× 1-min light pulse, 2 h into scotophase, 1 day<br>2. 2 weeks<br>3. 10 weeks | Incandescent light | 12-h light/12-h dark, dim red light at night (λ ≥ 650 nm), <0.1 lx | Serum MEL | 1: ~−65% *<br>2: ~−35% * (high sensitivity mid-scotophase ~−39%), phase advance<br>3. ~−25% *, stronger phase advance | (Travlos et al., 2001) [107] |
| Nude rats | $n$ = 12<br>F<br>1–2 weeks | 0.2 lx dim light | Throughout the scotophase (12-h light/12-h dark) | | 0 lx | Plasma MEL | ~−88% * for peak dark-phase MEL | (Xiang et al., 2015) [108] |

**Table 5.** *Cont.*

| (5B) Melatonin at exposure to nocturnal light in mammals: ungulates | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Species** | **Number, gender, and age of subjects** | **Light intensity/treatments** | **Light duration** | **CCT, wavelength, light color/light type** | **Control light intensities** | **Methodology** | **Melatonin relative to control** | **Reference** |
| Israeli Holstein cows | $n$ = 14<br>F<br>mean age 3.85 years | 105 ± 3.91 lx | Overnight | ALAN: 482 ± 5.12 nm<br>Control: 648 ± 5.12 nm | 5.08 ± 0.04 lx | MEL in milk | −44% * in night-time sample<br>−38.4 * in daytime sample | (Asher et al., 2015) [112] |
| Goats | $n$ = 6<br>F<br>2 years | 1. 0.87 ± 0.14 lx (0.26 ± 0.004 μW/cm$^2$)<br>2. 2.3 ± 0.3 lx (0.68 ± 0.09 μW/cm$^2$)<br>3. 14.2 ± 2.1 lx (4.22 ± 0.62 μW/cm$^2$)<br>4. 137 ± 14 lx (40.70 ± 4.16 μW/cm$^2$) | 1 h, 3 h into scotophase (8-h light/16-h dark).<br>Increasing intensity treatments, 1–3 days between the treatments | Cool white fluorescent lamps | 0 lx | Plasma MEL | 1: 0%<br>2. −43.1% *<br>3: −71.1% *<br>4: −81.2% * | (Deveson et al. 1990) [113] |
| Sheep | $n$ = 6–7<br>F<br>N/A | N/A | 1 h at midnight | N/A | Dim red light (<1 lx) | Plasma MEL | ~−92% * for the high-MEL group<br>~−88% * for the low-MEL group | (Vivien-Roels et al. 1999) [114] |
| Thoroughbred horse *(Equus caballus)* | $n$ = 4<br>M<br>5 years | 3, 10, 50, 100 | 1 h | Blue LED, 468 nm | <0.1 lx | Serum MEL | 3 lx: NS<br>10 lx: ~−60% *<br>50 lx: ~−80% *<br>100 lx: ~−70% * | (Walsh et al. 2013) [115] |
| **(5C) Melatonin at exposure to nocturnal light in mammals: primates** | | | | | | | | |
| **Species** | **Number, gender, and age of subjects** | **Light intensity/treatments** | **Light duration and timing** | **CCT, wavelength, light color/light type** | **Control light intensities** | **Methodology** | **Melatonin relative to control** | **Reference** |
| Mouse lemur (*Microcebus murinus*) | $n$ = 12<br>M<br>adults | 51.5 lx | 3–5 h, 5 weeks during the nights | White LED<br>Yellow LED | ~0.3 lx | aMT6s in urine | −50% * | (Le Tallec, Théry, and Perret 2016) [118] |
| Squirrel monkey *(Saimiri sciureus)* | $n$ = 9<br>M<br>adults | 200 lx | 2 h (12:00–02:00 a.m.) | Fluorescent light | No light at night | MEL in plasma, aMT6s in urine | −4.8% * | (Hoban, Lewy, and Fuller 1990) [116] |

**Table 6.** Overview of studies on melatonin suppression by artificial light at night (ALAN) in humans included in the analysis. Percentage changes in melatonin levels relative to control levels were calculated when possible and depicted with an asterisk when significant. "N/A" indicates that values were not available. Only the most relevant effects are reported. MEL—melatonin, aMT6s—6-sulfatoxymelatonin, SUP—suppression, SIGN—significant, NS—not significant, MEF—melanopic efficacy, CON—control, AUC—area under the curve, CS—circadian stimulus (measure of the effectiveness of the retinal light stimulus for the human circadian system), CT—circadian time, M—male, F—female.

| Number, Gender (M, F), Age of Subjects | Light Intensity/Light Type | Duration and Timing of Light Exposure | CCT, Wavelength, Color of Light | Control Lighting Conditions | Location | Methodology | MEL Relative to CON | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = 13<br>M = 13<br>mean age<br>23.8 ± 5.0 years | ~75 lx | 5 h<br>(7:30 p.m.–12:30 a.m.) | 1. LED screen—6953 K<br>2. No LED screen—4775 K | <8 lx | Laboratory | MEL in saliva | SIGN effects for screen, time of day, interaction screen vs. time of day | (Bues et al. 2012) [121] |
| *n* = 12<br>M = 6, F = 6<br>mean age<br>24.92 ± 2.87 years | Printed book 0.91 lx<br>LED ebook 31.73 lx | 4 h before bed time every day (6:00–10:00 p.m.)<br>5 days each session | N/A | ~3 lx ambient room light level | Laboratory | MEL in plasma | LED ebook:<br>−55.12 ± 20.12% *<br>Printed book:<br>18.77 ± 39.57% NS<br>between sessions * | (Chang et al. 2015) [139] |
| *n* = 16<br>M = 16<br>(20–28 years) | 40 lx | 2 h<br>(9:30–11:30 p.m.) | Fluorescent lamps:<br>6500 K<br>2500 K<br>incandescent lamp: 3000 K | 0 lx | Laboratory | MEL in saliva | 6500 K: *<br>MEL increase to pre-light exposure levels:<br>6500 K: 29.5 ± 5%<br>3000 K: 49 ± 7.6%<br>2500 K: 42 ± 8.6% | (Chellappa et al. 2011) [122] |
| *n* = 9<br>M = 6; F = 3<br>mean age<br>25.7 ± 3.0 years | LED tablet:<br>38.4 ± 23.2 lx (min–max: 1.5–148.2 lx) | 2× 5 consecutive evenings (6:00–8:45 p.m.) | N/A | Printed book:<br>0.7 ± 0.2 lx<br>(min–max:<br>0.2–1.4 lx) | Laboratory | MEL in plasma | LED tablet: 54.17 ± 18%; printed: 9.75 ± 22.75%;<br>LED tablet delayed bedtime for 30 min, MEL secretion for ~1 h and sleep onset for 30 min | (Chinoy, Duffy, and Czeisler 2018) [140] |
| *n* = 67<br>M = 38; F = 29;<br>pre- to mid-pubertal group (9.1–14.7 years);<br>late- to post-pubertal group (11.5–15.9 years) | 15 lx<br>150 lx<br>500 lx | 4 consecutive nights<br>1 h<br>evening group (11:00 p.m.–12:00 a.m.) morning group (3:00–4:00 a.m.) | N/A | 0.1 lx | Laboratory | MEL in saliva | Evening light exposure: pre- to mid-pubertal group<br>MEL SUP:<br>15 lx: −9.2 ± 20.5%<br>150 lx: −26 ± 17.7%<br>500 lx: −36.9 ± 11.4%<br>late- to post-pubertal group MEL SUP<br>15 lx: −5.3 ± 17.7%<br>150 lx: −12.5 ± 17.3%<br>500 lx: −23.9 ± 21.7%<br>Evening light exposure between age groups: SIG<br>Morning light exposure between age groups: NS | (Crowley et al. 2015) [135] |
| *n* = 4<br>M = 4<br>(20–21 years) | 1. 18 lx (29 μW/cm$^2$) for blue LED<br>2. 450 lx (170 μW/cm$^2$) for mercury vapor | 1 h<br>(1:00–2:00 a.m. and 5:00–6:00 a.m.) | Blue LED, mercury vapor lamp | Dimly illuminated area | Laboratory | MEL in plasma | 1: −34 ± 9% *<br>2: −18 ± 6% * | (Figueiro, et al. 2004) [123] |

**Table 6.** *Cont.*

| Number, Gender (M, F), Age of Subjects | Light Intensity/Light Type | Duration and Timing of Light Exposure | CCT, Wavelength, Color of Light | Control Lighting Conditions | Location | Methodology | MEL Relative to CON | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = 40<br>M = 22<br>(18–54 years, median = 21 years)<br>F = 18<br>(18–35 years, median = 23 years) | 1. 30 lx<br>2. 100 lx<br>3. 300 lx<br>4. 1000 lx<br>(at the cornea) | 40 min,<br>2 experimental sessions<br>(2:00–2:40 a.m., 3:40–4:20 a.m.) | 4100 K<br>8000 K | Dim light (red LED) | Laboratory | MEL in plasma | SIGN effect of light level and spectrum<br>4100 K:<br>1: 3 ± 11%<br>2: 10 ± 4%<br>3: 38 ± 7%<br>4: 38 ± 6%<br>8000 K:<br>1: 10 ± 8%<br>2: 32 ± 7%<br>3: 47 ± 4%<br>4: 34 ± 9% | (Figueiro, Rea, and Bullough 2006) [150] |
| *n* = 21<br>mean age<br>28.0 ± 9.9 years | 1. Computer monitor 7 lx<br>2. Computer monitor 7 lx + 40 lx blue safety glasses (peak λ ~470 nm) | 2 h<br>(11:00 p.m.–1:00 a.m.) | N/A | Computer monitor 7 lx + orange-tinted glasses (<525 nm ~0) | Laboratory | MEL in saliva | 1: −11% NS<br>2: −30% * | (Figueiro et al. 2011) [130] |
| *n* = 116<br>study 1 *n* = 104, study 2 *n* = 12<br>(18–30 years) | <200 lx | overnight illumination<br>Study 1: 9–10 days<br>Study 2: 14 days | 4100 K | <3 lx | Laboratory | MEL in plasma | Exposure during sleep:<br>~−50% in 85% trial<br>exposure before bedtime: SUP MEL, later MEL onset in 99.0% of individuals and shortened MEL duration by ~90 min | (Gooley et al. 2011) [131] |
| *n* = 9<br>M = 9<br>mean age 22.11 ± 0.69 years | 200 lx<br>500 lx<br>1000 lx<br>5000 lx<br>10,000 lx | 3 h<br>(6:00–9:00 a.m.) | N/A | <200 lx | Laboratory | MEL in plasma | 200 lx NS<br>>500 lx *, first hour of exposure ~35–50% | (Hashimoto et al. 1996) [124] |
| *n* = 22<br>M=22<br>mean age<br>30.95 ± 4.15 years | 2 types of smartphones:<br>LED with blue light,<br>LED with suppressed blue light | 150 min<br>(7:30–10:00 p.m.) | N/A | <3 lx | Laboratory | MEL in blood serum | LED with blue light: lower levels and later onset of MEL secretion than LED with SUP blue light<br>MEL between groups: NS | (Heo et al. 2017) [125] |
| *n* = 34,<br>F young (*n* = 13), mean age 24 ± 3 years<br>F postmenopausal (*n* = 21), mean age 57 ± 5 years | 456 nm:<br>~11.4 lx (3.8 μW/cm$^2$)<br>29.4 lx (9.8 μW/cm$^2$)<br>548 nm:<br>84 lx (28 μW/cm$^2$)<br>186 lx (62 μW/cm$^2$) | 30 min during the rising phase of melatonin synthesis | Monochromatic light:<br>456 nm<br>548 nm | 0 lx | Laboratory | MEL in plasma | 456 nm, postmenopausal women:<br>~11.4 lx: −1.4 ± 5% NS<br>29.4 lx: −12.5 ± 4% NS<br>Young women<br>~11.4 lx: −18.4 ± 4.8% *<br>29.4 lx: −25.5 ± 6.4% *<br>548 nm:<br>SIGN SUP in both age group,<br>NS difference between age groups | (Herljevic et al. 2005) [120] |
| *n* = 11<br>M = 11<br>mean age<br>21.2 ± 0.9 years | 1. Non-visor: 500 lx<br>2. red visor: 160 lx<br>3. blue visor: 160 lx | 2–4 h<br>(11:00 p.m.–3:00 a.m.) | 4200 K | <15 lx | Laboratory | MEL in saliva | 2-h exposure:<br>1: −57.0 ± 26.6%<br>2: -20.3 ± 32.1% * to non-visor<br>3: −31.1 ± 41.5%<br>4 h exposure:<br>1: −52.6 ± 22.4%<br>2: −7.7 ± 3.3% *<br>3: −3 ± 67.6% * | (Higuchi et al. 2011) [126] |

**Table 6.** *Cont.*

| Number, Gender (M, F), Age of Subjects | Light Intensity/Light Type | Duration and Timing of Light Exposure | CCT, Wavelength, Color of Light | Control Lighting Conditions | Location | Methodology | MEL Relative to CON | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = 12<br>M = 12<br>mean age<br>21.3 ± 1.1 years | 200 lx | 1.5 h<br>(1:00–2:30 a.m.) | Fluorescent lamps: 2300 K<br>3000 K<br>5000 K | <10 lx | Laboratory | MEL in saliva | 5000 K: *<br>3000 K: *<br>5000 K more than 3000 K<br>2300 K: NS | (Kozaki et al. 2008)<br>[127] |
| (Experiment 2)<br>*n* = 16<br>M = 9, F = 7<br>(19–28 years) | 200 lx | 4 h<br>(10:00 p.m.–2:00 a.m.) | L1—1600 K<br>L2—1950 K<br>L3—2750 K<br>L4—3900<br>KL5—6100 K<br>L6—7100 K<br>L7—14,000 K | <0.1 lx | Laboratory | MEL in saliva | Small MEL SUP under CCT <2000 K and strong MEL SUP with CCT ≥3900 K<br>AUC under L4–L7 were SIGN lower than under L1 and AUCs under L3-L7 were SIGN smaller than under L2 | (Kraneburg et al. 2017) [141] |
| *n* = 6<br>M = 4, F = 2<br>mean age<br>32.3 + 6.2 years | 200 lx<br>400 lx<br>600 lx | 3 h<br>(12:00–03:00 a.m.) | N/A | <10 lx | Laboratory | MEL in plasma | 200 lx: −21% NS<br>400 lx: −50% *<br>600 lx: −65% * | (McIntyre et al. 1989) [145] |
| *n* = 18<br>M = 6; F = 12;<br>mean age<br>23.2 ± 3.3 years | Evening light: orange (OL) ~100 lx;<br>blue-enriched (BL) ~500 lx<br>Morning light: mixed blue-enriched (MBL) 750 lx; control (CON) 40 lx | EL:<br>30 min<br>(10:00–10:30 p.m.)<br>ML:<br>3 h<br>(8:00–11:00 a.m.) | OL—1500 K<br>BL—6500 K<br>DL—2700 K<br>MBL—3,537 K<br>CON—2600 K | Dim light (DL)<br><7 lx | Laboratory and home settings | MEL in saliva | Evening light:<br>BL to D: *<br>OL to DL: *<br>OL to BL: *<br>Phase shifts greater under CON than MBL, phase delays after 3 days:<br>MBL to CON *<br>phase advances: NS | (Münch et al. 2017) [142] |
| *n* = 24<br>12 adolescents: M = 3, F = 9<br>mean age<br>16.5 ± 1.9 years<br>12 adults:<br>M = 2, F = 10<br>mean age<br>46 ± 5.2 years | 295 lx for 2700 K<br>209 lx for 5600 K<br>(CS at the eye level = 0.25) | 4 h (11:00 p.m.–3:00 a.m.) | Blue light,<br>2700 K<br>5600 K | <5 lx | Laboratory | MEL in saliva | Greater MEL SUP for longer exposure duration, SIGN interaction between light spectrum and age<br>Adolescents:<br>5600 K: −43 ± 4% *<br>2700 K: −29 ± 4% *<br>Adults:<br>5600 K: −33% ± 3% *<br>2700 K: −33% ± 2% * | (Nagare, Plitnick and Figueiro 2019)<br>[136] |
| *n* = 41<br>18 adolescents (13–18 years)<br>23 adults<br>(24–55 years) | 40–1000 lx<br>(CS = 0.07, 0.14, 0.30, 0.50) | 0.5–3.0 h<br>(11:00 p.m.–2:00 a.m.) | White light,<br>2700K<br>6500 K | <5 lx | Laboratory | MEL in saliva | SIGN effects of light intensity, spectrum, exposure duration; effect of light diminishes with increasing exposure duration for age groups and spectra.<br>6500 K: −24.7 ± 1% *<br>2700 K: −18.4 ± 1% * | (Nagare et al. 2019)<br>[137] |
| *n* = 54,<br>study 1:<br>M = 22 (19–34 years),<br>F = 21 (20–56 years)<br>study 2:<br>M = 4 (27–58 years), F = 7<br>(25–51 years) | Study 1: 200 lx study 2: 500 lx | 1h<br>(12:00–1:00 a.m.) | 5000 K | 10–20 lx | Laboratory | MEL in plasma | Study 1:<br>M: 16,9%<br>F: 14,5%<br>study 2:<br>M: 35%<br>F: 45%<br>NS differences between the sexes | (Nathan, Burrows, and Norman 1997)<br>[151] |

**Table 6.** *Cont.*

| Number, Gender (M, F), Age of Subjects | Light Intensity/Light Type | Duration and Timing of Light Exposure | CCT, Wavelength, Color of Light | Control Lighting Conditions | Location | Methodology | MEL Relative to CON | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$ = 10<br>M = 5, F = 5<br>mean age<br>25.0 ± 2.5 years | 200 lx<br>500 lx<br>1000 lx<br>3000 lx | 1h<br>(12:00–1:00 a.m.) | 5000 K | 10–20 lx | Laboratory | MEL in plasma | 200 lx: −17% NS<br>500 lx: −40% *<br>1000 lx: −56% *<br>3000 lx: −74% *<br>No differences between the sexes | (Nathan et al. 2000) [143] |
| $n$ = 528;<br>dark LAN group<br>$n$ = 383<br>LAN group $n$ = 145<br>Seniors (min 60 years)<br>mean age 72.8 years | LAN group ≥ 3 lx | Continuous overnight exposure | N/A | Dark LAN <3 lx | Home settings | aMT6s in urine | LAN 6.8 g (4.3–10.5);<br>Dark LAN group: 6.5 g (3.9–9.5); NS | (Obayashi et al. 2013) [119] |
| $n$ = 56<br>M = 27, F = 29<br>mean age<br>20.8 ± 2.6 years | 10, 30, 50, 100, 200, 400, and 2000 lx | 5 h (4 h before sleep and 1 h after sleep start) | 4100 K | <1 lx | Laboratory | MEL in saliva | −50% * at group level ~24.6 lx; high variability for individuals: −50% * from 6 to 350 lx | (Phillips et. al. 2019) [117] |
| $n$ = 36,<br>each experiment $n$ = 12<br>M = 29, F = 7<br>mean age 21.91 ± 2.03 years | 100 lx, partial illumination of the retina | 4 h<br>(12:00–4:00 a.m.) | N/A | <10 lx | Laboratory | MEL in saliva | −22% * after temporal and −58% * after nasal exposure | (Rüger et al. 2005) [138] |
| $n$ = 16<br>M = 9; F = 7<br>mean age<br>36.2 ± 8.6 years | ~175 lx | 3 h<br>2 h before and 1 h after habitual bedtime | White light, similar CCT 2700 K<br>2 spectral powers: low 52.03 μW/cm$^2$ high 90.85 μW/cm$^2$ | <5 lx | Laboratory | MEL in saliva | High MEF: ~−50% *<br>low MEF: NS | (Souman et al. 2018) [146] |
| $n$ = 22<br>M = 18, F = 4<br>mean age<br>27.0 ± 7.0 years | 0.70–65 μW/cm$^2$ | 30 min<br>(11:30 p.m.–2:30 a.m.)<br>CT 16–18 | Monochromatic light, $\lambda_{max}$ 424, 456, 472, 496,<br>520, and 548 nm | No light exposure | Laboratory | MEL in plasma | MEL concentrations SUP in a dose-dependent manner. No SIGN MEL SUP at the lowest irradiances (0.70–3.3 μW/cm$^2$) of 520 nm | (Thapan, Arendt, and Skene 2001) [144] |
| $n$ = 6<br>M = 6<br>(18–22 years,<br>mean age 20.2 years) | 250 lx<br>500 lx<br>1000 lx<br>2500 lx | 3 h<br>individually determined 1h before MEL onset | N/A | <50 lx | Laboratory | MEL in plasma | Complete MEL SUPPR compared to CON in all treatments | (Trinder et al. 1996) [128] |
| $n$ = 33<br>M = 33<br>study 1 $n$ = 17<br>study 2 $n$ = 16 (22.6 ± 2.2 years) | 1. Short-wavelength attenuated polychromatic white light (SWL): 193 lx<br>2. Full-spectrum light (FWL): 256 lx | 3 nights,<br>overnight exposure<br>(11:00 p.m.–7:00 a.m.) | 3000 K | 3 lx | Laboratory and home settings | MEL in saliva<br>aMT6s in urine | SWL: −6 ± 4% NS<br>FWL: −45 ± 6% *<br>SWA to CON * | (Van De Werken et al. 2013) [129] |
| $n$ = 6<br>(19–37 years) | 8.1 log photons/cm$^2$·s<br>9.2 log photons/cm$^2$·s<br>10.3 log photons/cm$^2$·s | 1 h (10:00–11:00 p.m.) | 460 nm | Complete darkness | Laboratory | MEL in saliva | Threshold for human melatonin suppression ~10 log photons/cm$^2$·s at 460 nm | (Vartanian et al. 2015) [132] |

**Table 6.** *Cont.*

| Number, Gender (M, F), Age of Subjects | Light Intensity/Light Type | Duration and Timing of Light Exposure | CCT, Wavelength, Color of Light | Control Lighting Conditions | Location | Methodology | MEL Relative to CON | Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = 9<br>M = 6; F = 3<br>mean age<br>26.3 ± 4.2<br>(22–33 years) | 1. 130 lx<br>2. 130 lx<br>3. 500 lx<br>4. 500 lx<br>5. 500 lx | 30 min<br>(10:30–11:00 p.m.) | 1. 2000 K<br>2. 6000 K<br>3. 6000 K<br>4. 5000 K<br>5. 2800 K | <10 lx | Laboratory | MEL in saliva | 1: NS<br>2–5: * | (Wahnschaffe et al. 2013) [147] |
| *n* = 10<br>M = 6, F = 4<br>18–41 years | 500–1000 lx full spectrum<br>500–1000 lx green light | 1 h<br>(2:00–3:00 a.m.) | N/A | 20–50 lx full spectrum (dim) | Laboratory | MEL in saliva | All light treatments<br>SIGN different from CON. None of the treatment conditions SIGN different from each other | (Whitmore, French, and Fischer 2001) [149] |
| *n* = 13<br>mean age<br>18.9 ± 5.2 years | Tablet + blue LED 59 ± 5.0 lx<br>tablet only<br>18 ± 3. 8 lx | 1–2 h<br>(11:00 p.m.–1:00 a.m.)<br>3 weekends, 1 week apart | blue light $\lambda_{max}$ ~470 nm | Tablet + orange-tinted glasses 9.8 ± 1.9 used as control | Laboratory | MEL in saliva | 1 h exposure:<br>Tablet + blue LED: −48 ± 4% *<br>Tablet only: −7 ± 4% NS<br>2 h exposure:<br>Tablet + blue LED: −66 ± 4% *<br>Tablet only: −23 ± 6% * | (Wood et al. 2013) [133] |
| *n* = 15<br>M = 5, F = 10<br>mean age 31.8 ± 11.9 years | 130 μW/cm$^2$<br>(received by each eye) | 2 h<br>(12:00–2:00 a.m.) | 1. 660 nm<br>2. 595 nm<br>3. 525 nm<br>4. 497 nm<br>5. 470 nm | No light | Laboratory | MEL in saliva | 1: −5% NS<br>2: −10% NS<br>3: −70% *<br>4: −80% *<br>5: −65% * | (Wright and Lack 2001) [148] |
| *n* = 23<br>mean age<br>27.8 ± 8.91<br>(18–44 years) | 3 lx<br>106 lx<br>9100 lx | 6–5-h pulse | Cool light | Dim light | Laboratory | MEL in plasma | 3 lx: −11% N/A<br>106 lx: −88% N/A<br>9100 lx: −98% N/A | (Zeitzer et al. 2000) [134] |

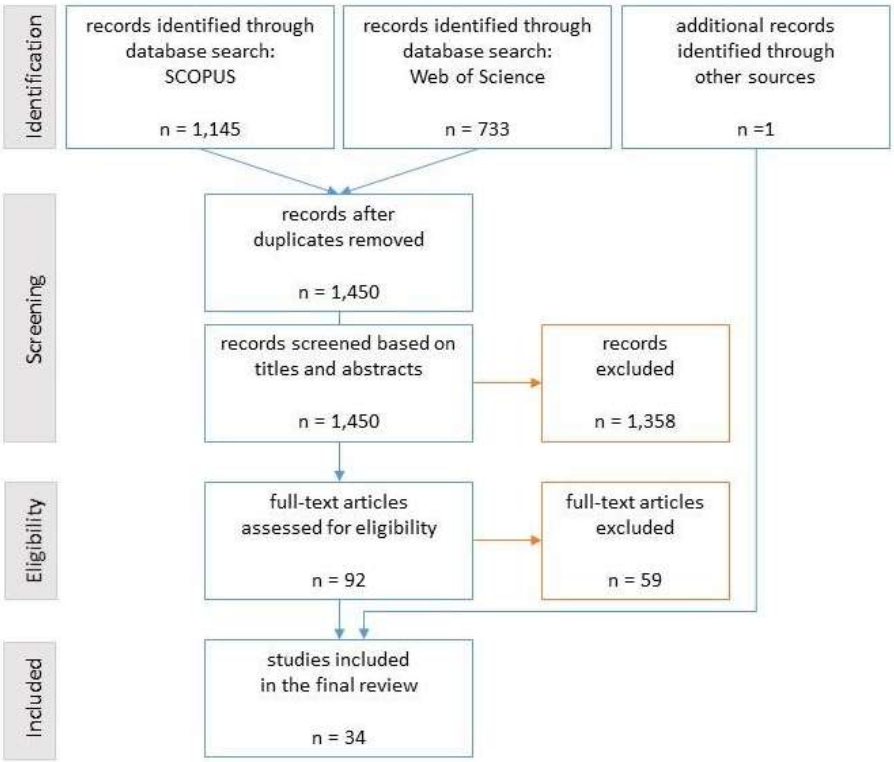



**Figure 2.** Flow diagram of literature search and identification of studies in humans relevant for this review.

(b) Intensity and Spectrum of Lighting in Selected Studies

Illuminance between 10 and 50 lx was most often used in selected studies [117,120,122,123,126,128,130,133,135,139,140,143,149–151]. Illuminance <1 lx was analyzed in one study [139], illuminance <5 lx was analyzed in four studies [119,129,131,134], and illuminance <10 lx was analyzed in five studies [127,130,142,145,147]. Illuminance up to 100 lx was used in four studies [120,121,138,150] and illuminance up to 250 lx was used in several studies [120,124,127–129,131,135–137,140,143,145,147,151]. More than one illuminance was tested in several studies [117,120,123,124,128,131,134,135,139,143,145,147,149–151]. Few studies used pupil dilation drugs [138,144]. The predominantly measured light intensity unit was illuminance (lx) at the level of participants' eyes. Some studies included information on both illuminance and irradiance (μW/cm$^2$), and some studies reported photon flux (photons/cm$^2$·s).

Polychromatic light was used in most studies [117,122,124,126,127,129,131,134,138,139,141–143,145–147,149–151]. Some studies examined effects of monochromatic light [120,144], LED monochromatic light [123,132,148], or LED polychromatic light [136,137]. Two studies used incandescent light [122,128]. The impact of lighting from different electronic devices (i.e., cathode ray tube monitor, eBook, LED display) was evaluated in six studies [121,128,130,138–140,150], light emitting from light boxes was evaluated in four studies [123,128,138,150], and specially modified goggles were evaluated in three studies [130,133,148]. In one study, the description of the light type was not given [135]. In one study, participants wore helmets with black shields to regulate light input into the eye [138]. One study used red and blue visors to simulate night work environment and prevent melatonin suppression [126]. More than one light source was used in several studies [122,123,126,139,147]. The majority of studies used CCT <3000 K [121,122,127,129,142,146,147], and between 3000 and 6500 K [117,122,126,127,131,139,140,143,147,150,151]. Two studies used CCT >6500 K [141,150]. One study tested illuminance under seven different CCTs ranging from 1600 to 14,000 K [141]; in one study, the authors used 2700 K and 5600 K [136], and, in one study, they used 2700 K and 6500 K [137]. The CCT was not defined in several studies [119,123–125,128,130,132–135,138,144,145,148,149].

(c) Duration and Timing of Light Exposure in Selected Studies

The duration and timing of light exposure during the night varied among studies. The shortest duration used was <30 min [120,142,144,147]. Light exposure for 60 min was used in six studies [132,135,143,149–151], whereas one study used 90 min [127], five studies used 2 h [122,128,130,133,148], six studies used 3 h [124,125,137,145,146], five studies used 4 h [126,136,138,139,141], and three studies used 5 h [117,121,150]. Additionally, 6.5 h of light exposure was used in one study [134], and entire night light exposure (8 h, ~11:00 p.m.–7:00 a.m.) was used in three studies [119,129,131]. In most studies, exposure of participants to ALAN occurred between 11:00 p.m. and 3:00 a.m. [123,126,127,130,133,135,136,136,138,141,143–145,148–151]. Many studies applied light exposure before midnight [117,120–122,125,132,139,140,142,146,147], and five studies applied light exposure from 3:00 a.m. until morning [123,124,135,138,150]. Participants were exposed to ALAN more than once during the scotophase (before 2:00 a.m. or early-morning light exposure) in two studies [123,135]. In two studies, participants had individual times recorded according to their inner circadian time [128,134]. In one study, exposure time was assessed to determine the time of melatonin onset [128].

(d) Effects of Nocturnal Light on Melatonin in Humans

Most studies identified significant melatonin suppression after exposure to ALAN with illuminance <250 lx [117,120–123,126–129,131,133–142,146,148,150]; many studies, however, did not find a significant effect of exposure to ALAN <250 lx [119,122,124–126,130,143,145,147,151]. Dose-dependent effects of illuminance on melatonin suppression were determined in many studies [117,120,122–124,127–129,133,134,137,143–145,147–151]. Reported suppression of melatonin levels ranged from <10% [120,129,130,133–135,148,150] to <20% [137,138,143,145,151], <30% [120,130,135,150], <40% [122,123], <50% [126,133,136,139], and >50% [117,131,133,134,138,148]. In one study, the effective dose for 50% melatonin suppression was computed for each individual and at the group level [117]. No suppression of melatonin was noted in some studies [119,124,125,127], and several studies did not report the percentage of melatonin suppression [121,122,127,128,147]. The duration of light exposure had a significant effect on melatonin levels in several studies [117,126,131,133,136,137]. Exposure to light during the night caused phase advance in one study [124], phase delay in five studies [117,124,128,134,139], and shortening in the high melatonin phase in one study [131].

Early studies used very high illuminances during the night and found strong suppressive effects on melatonin. Illuminance of 200 lx caused a significant (17%) melatonin suppression following 1 h of exposure at midnight [143,151]. The same illuminance, but lasting 3 h, also beginning at midnight, caused 21% mean melatonin suppression, with the highest suppression after the first hour of exposure. The suppression of melatonin was not significant in this study as compared to control night, but only six subjects were included in this study [145]. Exposure to 200 lx for 3 h at the end of the night did not cause a significant reduction in melatonin levels compared to the control [124], but very high background light was used in the control conditions in this study. Moreover, illuminance of 250 lx administered during the normal onset of melatonin secretion was reported to reduce melatonin below detectable levels; the onset of melatonin secretion was delayed for at least 1 h after light exposure and did not rise until the end of exposure, 2 h after melatonin onset in control conditions [128]. Exposure to ALAN (200 lx) between dusk and bedtime reduced levels of melatonin by 71.4%. When ALAN exposure continued throughout the entire night, total daily melatonin was suppressed by more than 50% in most individuals, with median suppression of 73.7% [131].

Spectral distribution of light, approximated as CCT and often referred to as "light quality", may have a considerable influence on the melatonin suppression. For example, at the same illuminance, light with higher CCT can have a larger suppressive effect on melatonin production than light with lower CCT [122,127,137,147,150]. The short exposure (30–90 min) to light with CCT <2300 K in different parts of the night (illuminance 200 lx) had the same effect on melatonin as dim light conditions (<10 lx) [127,147]. Similar results were found in other studies after 4 h of ALAN exposure (CCT <2000 K, illuminance 200 lx). Higher CCT, ranging from 3900–14,000 K, caused significant melatonin suppression in comparison with 2750 K, but resulted in negligible differences in melatonin suppression despite the

Folio Nº 2428



large range of CCT and the same illuminance [140]. A study that used light from a fluorescent tube [129] showed that, when short wavelengths (<530 nm) were filtered out, an illuminance of 193 lx throughout the entire night suppressed melatonin only marginally, but significantly (6% ± 4%) compared to dim light conditions (5 lx), whereas non-filtered white light (253 lx) caused a larger (45% ± 6%) melatonin suppression compared to dim light.

Some studies identified age-dependent effects of ALAN. Less mature adolescents showed greater melatonin suppression at all tested illuminances (15 lx, 150 lx, 500 lx) in the evening (11:00 p.m.–12:00 a.m.) compared to the late pubertal and post-pubertal adolescents [135], whereas morning melatonin suppression (3:00–4:00 a.m.) was not statistically different among age groups. Two different CCTs with the same circadian stimulus and photon density were tested, but with different illuminance between adolescents (13–18 years) and adults (32–51 years) [136]. The suppression of melatonin was greater in the adolescent group than in adults, and there was no difference between different CCT in adults (melatonin suppression ~30%). These studies demonstrate that adolescents are more sensitive to short-wavelength light than adults. The exposure of elderly people to an entire night of ALAN in their home environment did not show significant differences in urinary melatonin between a group exposed to <3 lx and a group exposed to >3 lx [119]. This study was the only investigation to focus on light pollution, and it included 528 probands in home conditions and monitored a metabolite of melatonin in a spot morning urine sample. The authors found ALAN to be associated with impaired obese and lipid parameters, but not with melatonin. Comparison of melatonin suppression by ALAN, with monochromatic light of different wavelengths and irradiances at the beginning of the melatonin rising phase, in premenopausal and postmenopausal women, demonstrated reduced melatonin suppression in response to short-wavelength light in older postmenopausal women [120].

## 5. Discussion

The importance of melatonin in circadian rhythm is quite well understood, but the impact of ALAN on melatonin levels and, thus, on circadian rhythm is much less understood. It is quite possible that ALAN not only changes the amplitude of melatonin rhythms but also results in phase shifts; however, the potential shifts in timing of the melatonin cycle as a result of exposure to ALAN were barely studied [e.g. 15]. ALAN is a relatively novel human-generated environmental stressor, and its distribution is spreading worldwide. Increased illumination, and the increasing use of light sources rich in short wavelengths should raise concerns about its impact on the circadian rhythms of wild animals and humans. Our knowledge on melatonin and ALAN, however, is limited to a few groups of vertebrates (Figure 3), which compounds our extremely limiting understanding of the mechanisms in some vertebrate groups. It is clear that large differences exist both within and between vertebrate orders, precluding generalization of patterns or the transfer of knowledge from one taxonomic order to another. Although nearly all vertebrates possess photoreceptors, frequently of multiple types, which regulate melatonin levels and circadian rhythms, not all species have the same photoreceptors and sensitivity to ALAN. Moreover, ectotherms can use both light and temperature as a zeitgeber, and while this is well documented in reptiles, the importance of temperature as zeitgeber in fish, who live in well-buffered environments, is less clear. Temperature seems not to be of importance for circadian rhythms in non-reptilian vertebrates [152], who are either endothermic (birds and mammals) or avoid exposure to high temperatures (amphibians).

In almost all groups (with the exception of rodents, ungulates, and humans), the minimum light levels reported in the literature to induce a measurable melatonin suppression were the lowest light levels tested. The lowest light levels that suppress melatonin (~0.001 and 0.002 lx) with the highest variability are reported for groups with the largest number of studies (15 for fishes and 34 for humans, respectively; Figure 4, Table 2), whereas in the least-studied groups (e.g., primates other than humans, two studies), the effects were reported at relatively high light levels (50 lux). This suggests that the lower observed sensitivity in less-studied groups may be at least partially related to the lack of research on these groups. Early experiments were often designed to test relatively high illumination levels and

Folio Nº 2429



progressed toward treatments with lower irradiance in search for the thresholds. Our review reveals that the sensitivity thresholds of melatonin to ALAN can be expected to be even lower than currently reported in the literature for groups such as birds and mammals. Further research should test for the effects of ALAN of lower intensities (<1 lx, Figure 4), which animals of all vertebrate groups may experience throughout large areas in nature.

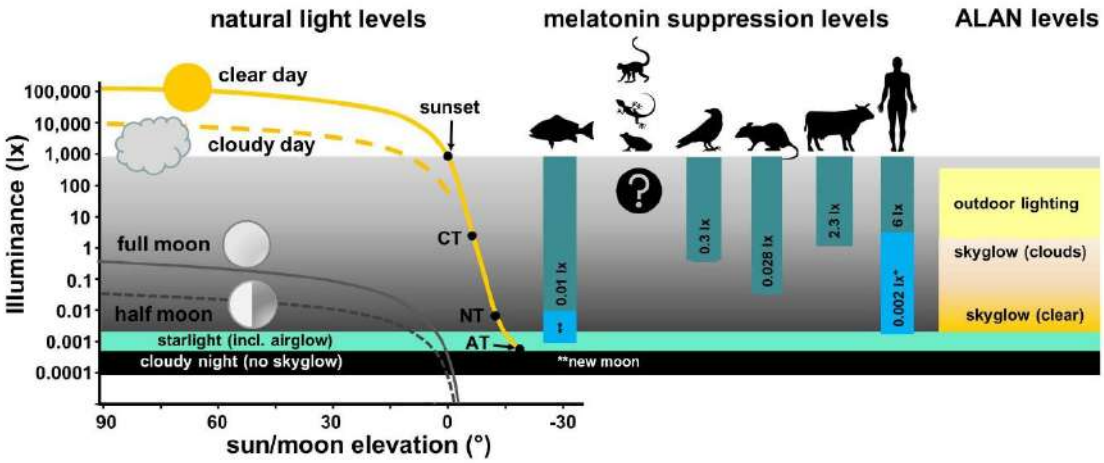



**Figure 3.** Minimum levels reported in the literature to suppress melatonin (MEL) in vertebrate groups relative to light levels by natural and artificial light (ALAN) sources. Left panel: illuminance during day, twilight, and night as a function of elevation angle of sun and moon; the shaded gray bar symbolizes twilight (CT—end of civil twilight, NT—end of nautical twilight, AT—end of astronomical twilight), the light-green bar symbolizes clear sky illuminance, and the black bar symbolizes illuminance during overcast night; yellow solid line—sun illuminance on clear day, yellow dashed line—sun illuminance on cloudy day, gray solid line—moonlight full moon, gray dashed line—moonlight first and last quarter ("half-moon"). Central panel: minimum melatonin suppression levels published in the reviewed studies for different vertebrate groups: fishes, amphibians, reptiles, birds, rodents, ungulates, non-human primates, and humans. Due to the low number of studies ($n$ = 2), the levels reported for non-human primates are not shown. Right panel: typical illuminance levels from ALAN; * indicates minimum level of monochromatic light (460 nm) that suppressed MEL in controlled laboratory conditions [132], ** indicates a significant suppression of MEL at new moon conditions, probably in the range of a few millilux, but light intensities were not measured in this study [55]. Icons were made with Freepik (www.flaticon.com).

In almost all groups (with the exception of rodents, ungulates, and humans), the minimum light levels reported in the literature to induce a measurable melatonin suppression were the lowest light levels tested. The lowest light levels that suppress melatonin (~0.001 and 0.002 lx) with the highest variability are reported for groups with the largest number of studies (15 for fishes and 34 for humans, respectively; Figure 4, Table 2), whereas in the least-studied groups (e.g., primates other than humans, two studies), the effects were reported at relatively high light levels (50 lux). This suggests that the lower observed sensitivity in less-studied groups may be at least partially related to the lack of research on these groups. Early experiments were often designed to test relatively high illumination levels and progressed toward treatments with lower irradiance in search for the thresholds. Our review reveals that the sensitivity thresholds of melatonin to ALAN can be expected to be even lower than currently reported in the literature for groups such as birds and mammals. Further research should test for the effects of ALAN of lower intensities (<1 lx, Figure 4), which animals of all vertebrate groups may experience throughout large areas in nature.

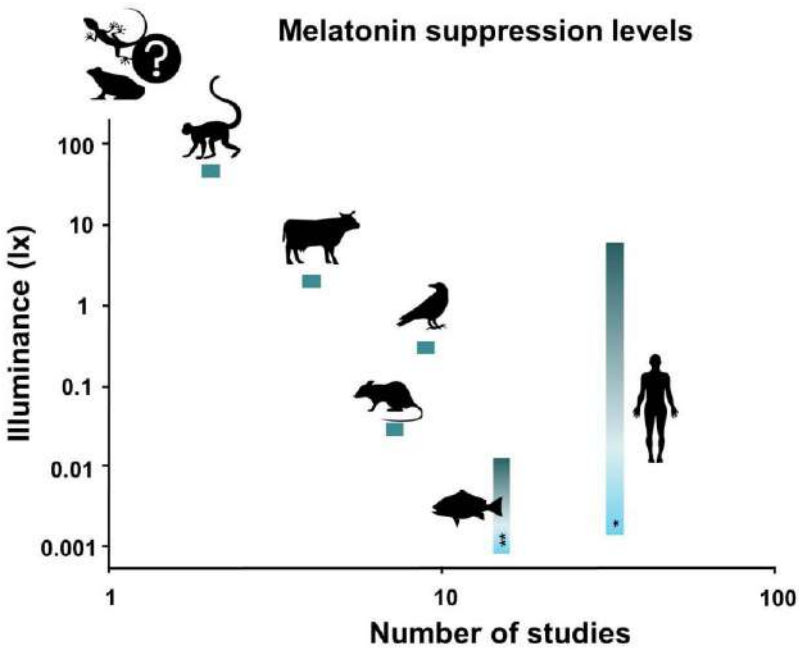



**Figure 4.** Relationship between the number of studies identified as relevant for this review (Table 2) and lowest light levels of nocturnal light reported in those studies to suppress melatonin (MEL) for different vertebrate groups; * indicates minimum level of monochromatic light (460 nm) that suppressed MEL in controlled laboratory conditions [132], ** indicates a significant suppression of MEL at new moon conditions, probably in the range of a few millilux, but light intensities were not measured in this study [55]. Icons were made with Freepik (www.flaticon.com).

### 5.1. Fishes

Freshwaters and coastal habitats are likely to be affected by light pollution, as ALAN derives from human activity centers, which are typically close to sources of freshwater [153].

The studies on plasma melatonin of fishes under different intensities of ALAN from broad-spectrum white light, despite the heterogeneity across taxa, habitats, temperature, and experimental designs, provide a surprisingly clear picture of a dose-dependent suppression of melatonin under nocturnal illumination in fishes. In many studies, plasma melatonin was even reduced at very low intensities in the range of skyglow and moonlight (0.01–1 lx); in one extreme study, even exposure to the illuminance of a new-moon night reduced plasma melatonin significantly [55]. This shows that fishes are generally susceptible to ALAN and that reduced nocturnal melatonin production can be expected in most bony fishes during ALAN exposure. From the studies using acute 1–2-h light pulses during scotophase, it is clear that the reduction of plasma melatonin is a very rapid and probably direct response to ALAN. The exception to this trend was the only experimental field study included in our analysis [63], and also the only study not to measure a reduction in plasma melatonin under ALAN with street-lamp illuminance of 15 lx, compared to half-moon conditions on the dark control site (0.02 lx). The authors attributed the lack of change in light of the half-moon to the more complex in situ conditions (i.e., higher background noise levels) and the long sampling procedure which may have blurred shifts in melatonin peaks [63]. Furthermore, while an adaptation of endogenous melatonin rhythms to the permanent illumination cannot be excluded, it is considered unlikely, given that other studies reviewed here had a similar experimental duration [59,61]. More long-term studies in natural in situ conditions are required to detect the mechanisms of acclimatization and adaptation to permanent exposure to ALAN.

From the selected literature, there was no clear overarching trend for color sensitivity of fishes toward ALAN. The production of plasma melatonin was more sensitive toward green and red light, as compared to blue light, in the freshwater species Eurasian perch [67]; however, in roach, all colors equally suppressed melatonin [65]. For the marine species European sea bass, red light had weaker

effects than green or blue light at low intensities, and it was suggested that the differences between light colors depend on the intensity [62]. More studies support the idea that marine fishes are minorly sensitive toward red light [154,155], especially at low intensities [156]. These spectral sensitivities correspond to the dominant light color in the respective photic habitat, as marine fish species are known to have higher retinal spectral sensitivities at shorter wavelengths (blue light) than freshwater fishes, in which spectral sensitivity is typically more shifted to higher wavelengths (red light) [85]. If pineal and other non-visual photoreceptors have similar spectral sensitivities to visual ones, then this would explain the color effects in roach and Eurasian perch [65,67]. However, no direct measurements of spectral sensitivities for pineal or other non-visual photoreceptors in fishes are available. Setting thresholds for color sensitivity for fishes in general will not be possible and likely remains habitat- and species- specific.

The selected papers indicate that light pollution may not only affect plasma melatonin and, therefore, the timing of physiological processes, but it can also potentially influence the visual adaptation of fishes by changes in ocular melatonin. The direction of the effects of broad-spectrum white light on ocular melatonin seems to be species-dependent, but melatonin was significantly altered at almost all intensities in all studies. In different species, ocular melatonin shows opposite responses to light during the scotophase, increasing in some species and decreasing in others. The reasons why melatonin is increasing or decreasing upon exposure to ALAN remain a subject for future studies. Studies that show opposing responses in ocular and plasma melatonin support the hypothesis that ocular and plasma melatonin are parts of separate systems in fishes; ocular melatonin might be used for visual adaptation, and plasma melatonin might be used for circulating in the blood and circadian organization of cells and tissues [10,50].

Similar to other ectotherms, melatonin production in fishes is not solely influenced by light, but also by temperature [61]. The facts that Atlantic salmon showed the weakest response to ALAN at low temperatures (between 1—17°C) and that tropical fish species showed the strongest response indicate that temperature might interact with ALAN to affect melatonin. Some publications did not report water temperature [54–58,63] or gave a broad temperature range without specifying temperature for the time of melatonin measurements [60,61,157]. This review, therefore, does not allow us to draw conclusions on temperature-dependent ALAN effects, which warrant further study.

All selected studies investigated teleost species, and other fish taxa, e.g., cartilaginous fishes (Chondrichthyes), remain subject to future research.

### 5.2. Amphibians

Most species of Anura (frogs and toads) are fully or partly nocturnal and, therefore, particularly susceptible to ALAN [70]; however, no studies were identified that met our eligibility criteria, clearly indicating that there is a major research gap in this class of vertebrates regarding melatonin suppression by ALAN. The lack of studies on amphibians is surprising given the worrying worldwide decline of amphibian species and the known ecological and physiological effects of light pollution on other vertebrate taxa. In addition to habitat loss and increasing diseases, light pollution may be an important factor to consider when developing conservation measures for amphibians. Shape and thresholds of dose–response functions of melatonin toward intensity and color of ALAN, as well as effects of realistic light pollution scenarios, are unknown for amphibians and should be subject to future research.

Due to the complexity of the life cycle, it is possible that melatonin production might have different sensitivities toward ALAN at different life stages, however this has not been tested. Color change by skin melanophores, as well as differences in ocular and plasma melatonin, may also be of interest in this taxon.

### 5.3. Reptiles

The effect of low nocturnal light levels on melatonin in reptiles was not studied. Moreover, the importance of light in regulating melatonin cycles in reptiles is also poorly understood. Reptiles are a

highly varied group, and it is clearly not possible to generalize based on the small number studies on light and melatonin in general and small number of species studied. In contrast to other vertebrates, it seems that nocturnal exposure to light in reptiles does not result in an immediate decrease in melatonin levels. Furthermore, reptiles use both ambient temperature and light as zeitgebers, where, at least in some cases, temperature seems to be the most important of the two. This seems to be a unique feature, setting reptiles apart from other vertebrates, and needs to be addressed in future studies. An important hiatus is the lack of research on the many nocturnal species, including many species of snakes and geckos. Whether these are more sensitive to nocturnal exposure to light is currently unknown.

### *5.4. Birds*

Several conclusions can be drawn from the results. Firstly, as in other vertebrate groups, ALAN exposure at night suppresses or strongly reduces melatonin production and release in birds, even at an illuminance of 0.3 lx. This change is usually accompanied by changes in behavior, especially temporal shifts in activity patterns with higher nocturnal activity [15] and, in some cases, higher overall daily activity [96]. Secondly, as only three studies were specifically designed to test the effects of ALAN on melatonin in birds, there is a need to increase our knowledge in this field by increasing the replicability of results and the number and type of avian species tested. Novel studies should also devote particular attention to the choice of light bulbs used in the experiments, as well as the experimental set-up. Most studies used wide-spectrum light sources; therefore, a clear research gap is the effect of different ALAN wavelengths on melatonin production and release in birds. Lastly, the wider implications of night-time melatonin suppression due to ALAN in birds are also not known. Behavioral links to melatonin suppression were reported for different avian species, particularly strong shifts in activity timing. However, what does this mean for the health and fitness of birds? Changes in the temporal expression of activity patterns may have significant implications for predator–prey relationships and energetics. It is, therefore, impelling that future studies should also consider the opportunity to measure melatonin rhythms under ALAN in wild birds. This question is equally important for domesticated species of economic interests, like the chicken, where animal welfare issues also need to be considered.

### *5.5. Non-Human Mammals (Rodents, Ungulates, and Primates)*

Despite extensive research on melatonin and circadian rhythms in rodents and ungulates, relatively little research assessed melatonin suppression under low-level ALAN in experiments specifically designed to mimic light-polluted conditions; whereas studies on non-human primates are in their infancy. In the first two groups, effects of ALAN were mostly assessed by the use of light pulses (duration from 1 min to 1 h), whereas low-light illumination throughout the entire night, which would more closely relate to light-polluted conditions, was only assessed in three studies. With only two relevant studies on primates that were identified for this review, there is a clear research gap and a need for more studies which would include diverse species, light sources, and light intensities to study the effects of ALAN on melatonin in non-human primates.

In rodents and ungulates, ALAN suppressed melatonin levels to different extents, at virtually all irradiance and wavelength levels, particularly under the combination of short-wavelength and high-irradiance exposure. The duration and frequency of the exposure have an influence on melatonin suppression; however, for a better understanding of this relationship, more studies need to be carried out. The selected studies show a positive dose-dependent relationship between nocturnal irradiance levels and melatonin suppression [113], and a dose-dependent relationship is likely to exist in relation to spectral composition as well. This was indicated in another study [158], which was not included in this review due to high irradiance levels, which used monochromatic light of different wavelengths (blue 479 nm, yellow 586 nm, and red 697 nm) but the same irradiance (293 $\mu W/cm^2$) for 30 min in the middle of the scotophase to compare spectral sensitivity and acclimation duration in two rodent species, nocturnal social vole (*Microtus socialis*) and diurnal, obligatory subterranean blind mole rats (*Spalax ehrenbergi*). In both species, melatonin suppression showed negative dose-dependency toward

Folio Nº 2433



blue light, as well as toward yellow in social voles and toward red in blind mole rats. This indicates species- and wavelength-specific sensitivity of melatonin suppression in sighted mammals, possibly as a result of different adaptive life-history strategies at the retinal level [158]. minimizing emission of short wavelengths in the spectral output of light sources may be a promising approach to mitigate effects of on melatonin levels in mammals, as it was recently shown for nocturnal marsupial species, tammar wallaby (*Macropus eugenii*) [159]. More studies that compare effects of different light sources on a wider diversity of species with different life histories are highly needed.

Interestingly, in contrast to nocturnal mammals, some diurnal species seem to have robust melatonin rhythms which are relatively insensitive to nocturnal light. For example, in Eastern chipmunk (*Tamias striatus*), even high irradiance rich in short wavelengths applied in the middle of the scotophase (~4,000 lx at midnight, cool white fluorescent light) did not suppress nocturnal melatonin, but the suppression occurred if lighting was applied later in the scotophase (at 3:00 a.m.) [160]. Seven nights of exposure to 200 μW/cm$^2$ did not affect melatonin levels in Eastern chipmunk nor in Mexican ground squirrel (*Spermophilus mexicanus*) [161]. In subterranean rodent valley pocket gopher (*Thomomys bottae*), exposure to irradiances ranging from 220 to 600 μW/cm$^2$ (cool white fluorescent light) for 1–4 h into the night at varying times also did not suppress melatonin production [162]. These studies were excluded from the analysis due to too high light levels; they do, however, contribute to our understanding of ALAN effects of animals with different activity patterns.

### *5.6. Mammals (Humans)*

In line with data from other vertebrates, ALAN can also effectively suppress the night-time melatonin production in humans. Bearing in mind that melatonin in humans, apart from regulating various physiological systems, immune activity, and anatomical and behavioral patterns, is also an efficient antioxidant, antiaging, and anti-oncogenic hormone (with regard to breast and prostate cancers) [1,163], the suppression of its production by ALAN imposes a health risk [164]. Recently, it was discovered that melatonin is involved in epigenetic modifications [163]. The negative results of its suppression are not to be recognized soon after exposure to ALAN, as a period of years can pass before the symptoms appear. Therefore, our knowledge on melatonin levels is becoming crucial, as it is an important biomarker regarding health risk evolving from exposure to ALAN. Knowing the thresholds for melatonin suppression by ALAN is important for setting recommendations for the lighting of human environments at night.

The sensitivity of the human circadian system to nocturnal light seems to be lower than previously anticipated. Although early studies on entrainment of circadian rhythms suggested social cues as an important stimulus for their synchronization in humans [165], it is now well accepted that light is also an important entraining agent for the human circadian system, and that amplitude of the melatonin rhythm can be suppressed by ALAN [7]. Early studies used very high illuminances during the night (>200 lx) and found strong suppressive effects on melatonin. As such high levels of illumination can occur at home during the evening, these findings suggest that exposure to room light before bedtime, and during the normal hours of sleep may impact physiological processes regulated by melatonin signaling, such as sleepiness, thermoregulation, blood pressure, and perhaps even glucose homeostasis [131]. Moreover, night-time light exposure can have acute effects on the endogenous circadian phase of the melatonin rhythm, with possible consequences on sleep–wake rhythms and sleep quality. Light exposure during the late evening can significantly phase-delay melatonin rhythm, whereas the same treatment can phase-advance the rhythm if it occurs late in the night. The effect is dose-dependent, because low illuminances (<15 lx) evoked a little phase shift, while bright light (>500 lx) caused an apparent saturating phase shift of the endogenous circadian melatonin rhythm [165].

Despite intense research during the last few decades, the exact threshold for melatonin suppression in humans is still not established. Most studies explored illuminance levels which are related to indoor lighting and are much higher than outdoor lighting. Such studies found that illuminances approaching 40 lx were needed for melatonin suppression after 3 h of light exposure [137,150]. In this

context, recommendations by the Illuminating Engineering Society of North America for outdoor environment at night, of 18 lx on the horizontal plane and 9 lx at the eye level, are below this threshold. However, these recommendations are based on estimation at the group level from studies performed under "average" conditions with a limited number of participants; therefore, they may be too high for sensitive people exposed to ALAN in specific conditions. In a laboratory study, even the lowest illuminance (3 lx) caused melatonin suppression in some participants [134]. Moreover, laboratory studies with monochromatic light imply even greater sensitivity of the human circadian system; for example, monochromatic light near the maximum of the melanopsin absorption was reported to trigger measurable melatonin suppression even at very low irradiances of 1010 photons/cm$^2$·s (4.3 nW/cm$^2$) at a wavelength of 460 nm [20]. When converting these values to photopic units, the illuminance reaches down to about an exceptional 0.002 lx, which is on the order of starlight illuminance. In another study, minimum illuminance for melatonin suppression was found to be wavelength-dependent, ranging from 0.1 lx at 424 nm, 1 lx at 456–472 nm, and 5 lx at 496 nm, to 34 lx at 520 nm and 50 lx at 548 nm [146]. The idea that thresholds lie in a range of 2–10 lx is also supported by a modeling study, which was excluded from this review because it does not contain original data [166]. These findings suggest that ALAN has a potential to suppress melatonin at virtually any intensity we are exposed to in real-life conditions. These findings, however, must be verified in future experimental studies with a larger number of participants, and the relevance of such high implied sensitivity of the human circadian system to nocturnal light needs to be evaluated in the context of indoor and outdoor lighting environments and technologies.

Another recent experimental study convincingly demonstrates that the circadian melatonin production can be suppressed by a low level of white light [117]. A relatively large number (29 women and 27 men) of young participants (aged 18–30 years) were exposed to polychromatic white light in a range of 10, 30, 50, 100, 200, 400, and 2000 lx. The experiment was performed under control conditions in the sleep laboratory, and illuminance was measured at the eye level (CCT ~4,100 K; background light <0.1 lx). Under these precisely controlled lighting conditions, the effective dose of light for 50% of melatonin suppression ($ED_{50}$) at the group level was 24.6 lx. However, in the most sensitive individuals, the $ED_{50}$ reached only 6 lx, whereas it was 350 lx in the least sensitive individual. It can be expected that such large inter-individual variability might preclude the possibility of a significant suppression of melatonin being obtained at the group level in previous studies, mainly performed on a limited number of participants. Such large inter-individual variability was not reported for other animal species, with the exception of the one individual highlighted earlier in a primate study (see above). The factors which contribute to this extensive inter-individual variability are not known; they may include photoreceptors [167], SCN functioning [166], or non-retinal inputs to the SCN [117]. Differences in structure and calcification of the pineal gland should also be considered.

In addition to the illuminance level, the suppressive effects of ALAN on melatonin production can depend on several other factors, such as spectrum of light, duration and timing of light exposure, age of probands, and their photoperiodic history. Several studies showed that at the same illuminance, light with higher CCT had a larger suppressive effect on melatonin production than light with lower CCT. The selected studies used different lengths of ALAN exposure and, therefore, a direct comparison between them is not appropriate. Maximal melatonin suppression was reached even after 1 h of light exposure with different illuminances (200 lx, 400 lx, 600 lx), and longer exposure had no further influence on melatonin concentrations [145]. Recent studies reported somewhat different results; the significant effects of exposure duration indicated that a longer exposure (11:00 p.m. –3:00 a.m.) suppressed melatonin to a greater degree [136]. A limited number of studies deal with long or all-night light exposure to low illuminances; one notable study [134] examined overnight exposure (11:00 p.m.–5:30 a.m.) with three different illuminances at high CCT of light (3 lx, 106 lx, and 9,100 lx). Even low illuminance (<15 lx) evoked a change in plasma melatonin concentration and caused a small phase shift [134].

Folio Nº 2435



The reviewed studies suggest that the sensitivity of humans to non-visual responses of light is higher than previously anticipated and that studies reporting a rather high level of light needed for melatonin suppression in humans have several limitations. It is plausible that suppressive effects of ALAN are individually based, and that thresholds reported at the group level are too high for sensitive individuals, especially if combined with short wavelengths. Moreover, the sensitivity of the circadian system changes during the night, and it is less responsive in the middle of the night, when most experiments are performed. Studies with several levels of light illuminance, spectral distribution, duration, and timing are needed to establish the thresholds. In particular, for a group of sensitive people, who may respond to very low illuminance, it is necessary to reconsider the potential health consequences of exposure to indoor and outdoor "dim" light in the evenings or throughout the entire night. Identification of such people and exploration of causes for high/low sensitivity to ALAN are other challenges for future research.

### *5.7. A Note on Experimental Design*

When designing experiments to study melatonin suppression, a proper set-up of control conditions is crucial in order to make reliable comparisons among treatments and interpretation of experimental results. Studies on experimental animals often suffer from "too dark" control conditions, as complete darkness that is often used in laboratory experiments can lead to higher melatonin production than what would occur under naturally lit nights. For example, in Mozambique tilapia, the illumination in a new-moon night (i.e., starlight, ca. 0.0006 lx [23]) was enough to significantly reduce melatonin within 1 h to 75% of the melatonin levels in complete darkness [55]. In addition, Senegalese sole had significantly higher plasma melatonin in shaded tanks on a new-moon night than fishes exposed to natural new-moon conditions [168]. These studies indicate that complete darkness in laboratory settings may be too dark for ecologically realistic comparisons in melatonin levels.

In humans, on the other hand, controls are often subjected to too high background illuminances, which may interfere with melatonin production and may be one of the reasons for the initially reported insensitivity of human melatonin levels to ALAN, which is surprising in comparison to other mammals. Unlike recent studies, where background illuminances ranged from 0.1 to 5 or 10 lx, many early experimental designs used "dim light" up to 20 lx [126,143,148], 50 lx [128,149], or even 200 lx [124] which is likely to suppress melatonin by itself. Therefore, the use of lower background control illuminances (<0.1 lx) with spatially diffuse and spectrally broadband light is recommended for studies on melatonin in humans.

ALAN may not only affect amplitude, but also the circadian phase of the melatonin rhythms, which was reported in few studies on fishes, birds, and mammals, including humans. If a phase shift occurs under ALAN, typical single- or two-point studies exploring suppressive effects of ALAN may miss the peak of the melatonin rhythm. If the sampling time is kept the same for control and experimental animals, the results could be misleading, as these groups would be sampled at different phases during their melatonin rhythm and the melatonin levels between the groups would not be comparable. Hence, obtaining at least four samples per day per individual and treatment group is essential in order to establish full circadian profiles and understand the true effects on amplitude and timing of melatonin rhythms, which should be considered in future studies.

### *5.8. A Note on the Measurement of Light Intensities*

The illumination of a study organism is a complex endeavor and should take into account intensity, spatial distribution, wavelength, and, under some circumstances, even polarization of the light source. Furthermore, the spectral sensitivity of the photoreceptors should be considered when designing a study. In the present review, we used the photometric illuminance, which is most often used in biological publications and by the lighting industry. However, illuminance refers to the spectral sensitivity of the human eye at daytime and has several drawbacks for both human studies at night and animal studies in general. The meaningfulness of an illuminance value becomes problematic

particularly when monochromatic light is used. In humans it was recently found that, instead of using photopic illuminance, a new "melanopic irradiance" (using "melanopic lx") based on a weighting function using the melanopsin action spectrum is most meaningful, also for monochromatic light [166]. In principle, such a procedure is possible also for other species if the action spectrum of photoreceptors is known; however, this is currently not the case for most species. "Circadian stimulus" is another metric suggested by Reference [169] for quantifying light as a stimulus on human melatonin suppression based on the sensitivity of all retinal photoreceptors.

If the spectrum of a light source is known or measured, then a conversion between radiometric units and photometric units, as well as species-specific action spectra, is in principle possible at least for the same geometry (irradiance and illuminance). We, therefore, recommend measurement of the (vector) spectral irradiance (in $W/m^2 \cdot nm$) directed at the target, usually in horizontal or vertical plane depending on the experimental design. In such a case, illuminance can be easily calculated and should be provided for ALAN studies for comparisons with existing literature (see Appendix A).

### *5.9. Research Gaps and Recommendations for Future Research*

In all studied taxa, low-level light at night suppresses melatonin levels; however, the current knowledge on a dose–response relationship regarding light intensity and wavelength, as well as the shape of the dose–response function, is incomplete. For many taxa, the lowest light levels reported to suppress melatonin are the lowest light levels tested; hence, there is a clear need to test even lower irradiances to which wildlife could be exposed in nature in order to identify the thresholds of ALAN effects. Moreover, whether such thresholds exist, i.e., whether effects of ALAN occur only above a certain light level is unclear, as a slight increase in irradiance was enough to cause measurable effects in nocturnal melatonin in some studies, e.g., in fishes [55], birds [15], and humans [132]. A range of light levels, spectra, and light types used in outdoor and indoor illumination needs to be assessed in future studies, on a wider diversity of species across vertebrate taxa.

Little is known about the wider ecological implications of ALAN-suppressed melatonin and its consequences for fitness and survival of vertebrates in the wild. Melatonin is an important antioxidant and mediator of the immune functions; however, in experimental field studies, ALAN did not reduce antioxidant capacity in marsupial mammal, tammar wallaby, despite suppressing melatonin levels [159], nor was it the case in great tits [170] (although melatonin was not measured in the latter study). Melatonin suppression is often accompanied by changes in behavior, e.g., activity timing in birds. In addition to affecting melatonin and circadian rhythms, ALAN can affect a range of nocturnal activities in animals, such as foraging, orientation, predator/prey interactions, and reproduction [30,31], potentially leading to large-scale ecological changes. Field studies on wild populations and the effects of chronic, long-term exposure to ALAN are highly warranted.

To our knowledge, no studies tested the effects of ALAN on melatonin suppression in amphibians and reptiles. Such studies are urgently needed in order to understand and mitigate potential impacts of light pollution on these vulnerable groups. Which life-stages in amphibians are most susceptible to ALAN? Is melatonin in reptiles affected by ALAN, as it is in other vertebrate taxa? Are there differences in pineal and ocular melatonin? Learning from previous investigations, such studies can apply high-quality experimental designs with adequate control conditions (see above), a well-described light set-up (including irradiance, spectrum, and distance to the light sensor), and measurements of full circadian profiles using validated, and when possible, minimally invasive methods for melatonin measurements (e.g., enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) on samples of saliva, urine, or water). In ectotherms, ALAN may interact with temperature to affect melatonin levels; therefore, measuring and reporting temperature throughout the experimental period, especially at the time of sampling, is essential to understanding the dynamics of melatonin suppression by ALAN in these taxa. This may be of particular importance for conservation measures in a warming world.

In humans, the same illuminance was found to be highly suppressive in some individuals and well tolerated in others, and the biological mechanisms underlying this remarkable inter-individual

variability in sensitivity to ALAN need to be studied extensively. For these reasons, thresholds based on the group level have serious limitations, and dose-dependent studies at the level of individuals are needed to reveal a threshold of melatonin suppression by ALAN. Furthermore, more results are needed in a developmental context; adolescents were reported to be more sensitive to ALAN than adults, especially to short wavelengths, but the exact age categories are yet to be defined. Moreover, the possibly reduced light sensitivity of the circadian system in older people must be considered in future studies. Light spectrum, duration and timing of light exposure, age of probands, and their photoperiodic history all need to be considered when assessing thresholds of nocturnal light impacts. There is an urgent need to study the effects of all-night exposure to low-intensity ALAN in different age groups with a sufficient number of human participants. Health consequences of ALAN-induced changes in melatonin levels with respect to metabolism, immune function, and endocrine balances need to be further explored, together with other non-visual effects of nocturnal light on the brain, heart, and immune system.

## 6. Conclusions

The use of artificial illumination is increasing exponentially worldwide. This review shows that ALAN in general suppresses nocturnal melatonin production in vertebrates, often in a dose-dependent and wavelength-dependent manner; however, our knowledge is limited to few vertebrate groups with large differences in circadian organization and sensitivity, precluding generalization of observed patterns. Amphibians and reptiles are yet to be studied in the context of light pollution and melatonin suppression. In the most-studied groups (e.g., fish and humans), the effects of ALAN are reported at surprisingly low light intensities, and they warrant a better understanding of the physiological and health consequences of melatonin suppression.

The low reported sensitivity of the circadian rhythm in some taxa indicates that ALAN has a potential to influence wild animals over large areas where light pollution is present, e.g., due to skyglow. However, studies conducted in natural conditions are scarce; furthermore, which light levels animals truly experience in nature is not really known. Light levels exponentially decrease with distance from the lamp, and mobile species can easily avoid exposure to direct illumination and, thus, also avoid potentially strong effects on melatonin rhythms [15], which may not be the case in less mobile species.

In many taxa, e.g., birds and mammals including humans, melatonin suppression is especially strong at short wavelengths; however, no clear trends were found in the spectral sensitivity of fishes toward ALAN. This makes mitigation of ALAN impacts on wildlife by spectral adjustment difficult. In humans, the sensitivity to non-visual responses of light is much higher than previously anticipated, and recognition of the same lighting environment by the circadian system varies greatly between individuals.

In summary, well-designed studies, particularly with a wider range of light irradiance and spectrum and well-defined light properties, are highly warranted for all vertebrate taxa. Characterizing the spectral composition and irradiance thresholds for melatonin suppression will be of great importance in the development of strategies to alleviate the adverse ecological and health impacts caused by exposure to ALAN. All of these findings need to be considered when developing recommendations for the lighting environments at night.

**Author Contributions:** Conceptualization, M.G., A.H., A.L., P.M., W.R., M.Z., and F.H.; methodology, M.G., A.H., K.M.A.G., F.K., P.M., W.R., K.S., M.Z., and F.H..; investigation M.G., A.H., P.B., D.M.D., K.M.A.G., F.K., W.R., K.S., R.H.A.v.G., and A.E.Z.; writing—original draft preparation, M.G., A.H., D.M.D., K.M.A.G., A.J., F.K., K.S., R.H.A.v.G., A.E.Z., and F.H.; writing—review and editing, M.G., P.B., D.M.D., K.M.A.G., A.J., F.K., A.L., W.R., K.S., R.H.A.v.G., M.Z., and F.H.; visualization, A.J and K.M.A.G.; supervision and project administration, M.G.; funding acquisition, F.H.

**Funding:** This article is based upon work from COST Action ES1204 LoNNe (Loss of the Night Network), supported by COST (European Cooperation in Science and Technology). M.G. was supported by a DRH HONORS fellowship by the Freie Universität Berlin. A.J. was supported by the Leibniz Association, Germany within the ILES (SAW-2015-IGB-1 415) and CONNECT (SAW-K45/2017) projects, and by the IGB Leibniz Institute through

Folio Nº 2438



the Frontiers in Freshwater Science project (IGB Frontiers 2017). F.K. was supported by the Leibniz Association, Germany within the ILES (SAW-2015-IGB-1 415). W.R. was partially supported by the Center for Environment, Fisheries, and Aquaculture Science (Cefas), and the UK Government's Department for Environment, Food, and Rural Affairs (Defra) under contracts SF0258 and SA001. M.Z. and K.S. were partially supported by the Slovak Research and Development Agency APVV-17-0178. The publication of this article was funded by the Open Access Fund of the Leibniz Association.

**Acknowledgments:** We gratefully acknowledge the help of Anat Barnea and Marcel Visser for fruitful discussions. This article is dedicated to our co-author Abraham Haim, a friend and great pioneer in the field of light pollution research.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

## Appendix A. A Short Overview of Relevant Radiometry and Light Propagation Basics

In this subsection, we provide a brief overview of the necessary background on radiometry for light measurements in the context of ALAN and provide recommendations on how to measure light in ALAN experiments focused on melatonin. Light measurements may appear to be straightforward, but different physical quantities (measurands) and different units used across different disciplines often cause confusion. This is particularly relevant in the interdisciplinary field of light pollution where astronomers, biologists, lighting engineers, and human physiologists perform experiments on the topic of ALAN that also require light measurements. For historical reasons, the different groups use very different approaches and measures, but a common language is yet to be established. However, when all relevant parameters are measured and properly reported, it is normally possible to convert units; if not, it becomes very challenging if not impossible.

### *Appendix A.1. Further Reading*

As it is impossible to be comprehensive here, we recommend all newcomers to this interdisciplinary field to have a look at the book written for biologists [171], which is not only useful for biologists. We further want to point out the excellent paper [172] about recommendations for human studies in what they call the "melanopsin age", providing also a useful toolbox in the supplement to convert spectral irradiance to photopic and other units.

### *Appendix A.2. General Radiometry and Geometry*

Firstly, we consider the geometry and define some radiometric quantities. The radiant flux (in W) is the radiant energy emitted, reflected, transmitted, or received, per unit time. The radiance $L_e$ (in W/sr·m$^2$) is the radiant flux emitted, reflected, transmitted, or received by a surface, per unit solid angle per unit projected area. This is a directional quantity. The index "e" stands for energy. For an observer, it is the light that is incident from a specific solid angle. The irradiance $E_e$ (in W/m$^2$) is the total radiant flux received by a surface per unit area. See Figure A1a for a schematic drawing of measurement of the radiance of the sky $L_{e,sky}$ (specifically $L_{zenith}$ at zenith), which is often measured by astronomers at night and then often reported as night sky brightness or night sky radiance. In contrast, the surface irradiance at the Earth surface is shown as an example, which is more often measured by, for example, biologists working on the topic of light pollution.

It is important to define the irradiance properly, because it can be differentiated between scalar irradiance $E_{e,scalar}$ (sometimes termed $E_0$), which is the light incident on a sphere [174], and vector or plane irradiance $E_{e,plane}$ (Figure A1b), which is the light incident on a plane surface. The former is often used by biologists working with phytoplankton or marine biologists in general, and the latter is most commonly measured in the horizontal plane $E_{e,horizontal}$ (i.e., again the Earth surface) at least for most outdoor experiments, but also in the vertical plane for indoor experiments with humans.

Folio Nº 2439



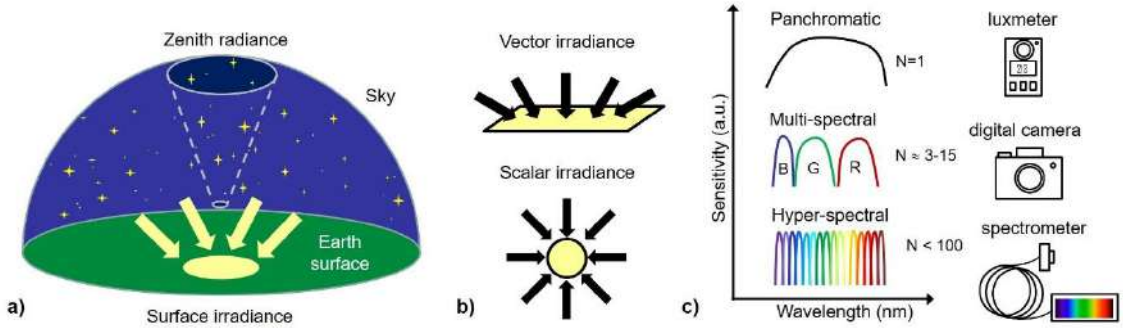



**Figure A1.** Schematic drawing of different radiometric parameters: (**a**) geometry of sky and zenith radiance and surface irradiance measurements; (**b**) vector and scalar irradiance; (**c**) different spectral bands: single (panchromatic), multiple (multi-spectral), and full spectrum (hyperspectral) (after Reference [173]).

*Appendix A.3. Spectral Measurements in Single or Multiple Spectral Bands*

In the spectral domain, radiance and irradiance are defined according to spectral sensitivity or "band". Panchromatic sensors (Figure A1c, upper graph) measure the radiance in a single spectral band, sometimes due to the sensor's own sensitivity (e.g., silicon) or by adding color filters to target a specific application.

Appendix A.3.1. Photometric Quantities

The luminance $L_v$, for example, is the radiance referenced to the (daytime) sensitivity of the human eye (in cd/m$^2$), and illuminance $E_v$ (in lx) would be the irradiance equivalent. The index "v" stands for visual. A basic unit in photometry is the "candela" (cd) for the luminous intensity, which is the luminous flux per solid angle. It is a historical (but still a proper SI) unit, as a common wax candle emits light with a luminous intensity of roughly one candela. The luminous flux is the total luminous energy per unit time (given in "lumen"—lm = cd·sr). The luminance (in cd/m$^2$) is the luminous flux per unit solid angle per unit projected source area. Due to the relevance for humans, the most commonly used panchromatic sensor for light measurements is, therefore, a luxmeter (lx = lm/m$^2$), normally measuring horizontal illuminance using a cosine corrector.

Appendix A.3.2. Photosynthetically Active Radiation

Another quantity often used in biology is "photosynthetically active radiation" (PAR) irradiance $E_{PAR}$ that weights the incident number of photons equally (not energy) between 400 nm and 700 nm [175]. Thus, the panchromatic PAR meters are also often called quantum light meters. PAR irradiance is often given in energetic units W/m$^2$ or using photon flux per unit area $n_{photons}/s{\cdot}m^2$, with the number of photons $n_{photons}$ sometimes expressed in mol ($1\ mol\ =\ 6.02 \times 10^{23}$), which is sometimes called "Einstein"—E.

Appendix A.3.3. Astronomical Magnitudes

Another panchromatic sensor used in the context of ALAN (but not in melatonin studies) is a sky quality meter (SQM) that measures the zenith night sky radiance in a spectral band that is close to, but does not exactly resemble the photopic curve [23]. Astronomers historically use "magnitudes", a negative logarithmic scale (lower = brighter, higher = darker). The SQM provides a value in units of mags/arcsec$^2$ that can be approximated to a luminance value [23], which is useful for sky brightness measurements and to estimate skyglow but not to characterize experimental set-ups for melatonin studies.

Folio Nº 2440



Appendix A.3.4. Multi- and Hyperspectral Bands

To achieve spectral resolution, it is necessary to measure in multiple bands. Currently, the terms multi-spectral and hyperspectral (from the remote sensing community) are commonly used to distinguish sensors, although this is not strictly defined. Multi-spectral sensors have several discrete bands, typically three to about 20, realized with optical filters. For example, a digital consumer camera with an RGB (red, green, blue) sensor qualifies as a multi-spectral sensor measuring $L_{R,G,B}$ (Figure A1c, middle graph). Such cameras with wide field optics are used to study light pollution [176]. A hyperspectral sensor has many (typically narrow) discrete bands and spans over a continuum of wavelengths measuring either the spectral radiance $L_\lambda$ or the spectral irradiance $E_\lambda$ (Figure A1c, lower graph). The index "λ" stands for wavelength. There is no strict lower boundary of the number of bands; however, this is usually several tens of bands or more than 100. A spectrum should be provided in SI (Système International) units W/m$^2$·nm, ideally re-sampled to 1-nm steps. However, biologists (e.g., in PAR) sometimes use units based on photon numbers: $n_{photons}/s{\cdot}m^2nm$ (again using both mol and Einstein).

*Appendix A.4. Conversion between Units*

Appendix A.4.1. Conversion between Different Geometries

It is extremely difficult to estimate an irradiance from a radiance measurement, or to convert from scalar to vector irradiance or horizontal irradiance to vertical irradiance and vice versa, unless a very simple geometry is used or full knowledge about the geometry exists (this means the full spatial light distribution). It makes a difference if an irradiance is created by the moon, a starry sky, a point source radiating isotropically in all directions (approximated by a light bulb), or a modern LED streetlight with complex optics.

For example, taking the sky geometry shown in Figure A1a, it is obvious that irradiance and zenith radiance are not necessarily interlinked. An arbitrary sky radiance distribution could be present (i.e., when the moon and clouds are up in the night sky). However, when assuming a spatially isotropic luminance across the sky, the illuminance can be estimated by $E_{v,horizontal} \approx \pi \times L_{v,zenith}$. Please be careful, as this gives only an approximate measure and is not generally applicable, as discussed in Reference [177].

Appendix A.4.2. Conversion of Photon Flux to Radiant Flux

Sometimes it is necessary to convert from photon flux $\phi_{phot}$ (in photons/s) to radiant flux $\phi_e$ (in W). A single photon carries the energy $E_{photon,\lambda} = h \times \nu = h \times c/\lambda$, where $\lambda$ is the wavelength, $\nu$ is the frequency, $c = 2.998 \times 10^8 m/s$ the speed of light, and $h = 6.626 \times 10^{-34} J{\cdot}s$ is Planck's constant. With the photon energy at a specific wavelength, one can convert using $\phi_{e,\lambda} = \phi_{photon,\lambda} \times E_{photon,\lambda}$.

Appendix A.4.3. Conversion between Spectral Bands

Conversion between spectral bands (for example, from luminance to PAR radiance) is not straightforward and only possible if the spectrum of the light and the sensors spectral sensitivity are known. However, an approximation is sometimes possible for common situations like (clear sky) daylight or for commonly used light sources. Some look-up tables for such simple conversions were produced in the past [175].

If the spectral irradiance $E_\lambda$ is measured, it is possible to calculate the irradiance in other spectral bands using a weighted integral. We show this using the example of radiometric irradiance and photometric illuminance as follows:

$$E_{v,horizontal} = 683lm \int_{380nm}^{760nm} E_e(\lambda)V(\lambda)d\lambda, \quad \text{(A1)}$$

Folio Nº 2441



where $E_e(\lambda)$ is the spectral irradiance, and $V(\lambda)$ is the luminous efficiency function (normalized to 1). The photopic curve is shown in Figure A2 as an orange solid line. The constant of 683 lm stems from the conversion at the peak of $V(\lambda)$ at 555 nm. The integral can be simplified to a summation problem when working in discrete bands as follows:

$$E_v = 683lm \sum_{380nm}^{760nm} E_e(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda. \tag{A2}$$

This can be solved with a spreadsheet program; however, care has to be taken with the quantization. It is recommended to use bins of 1 nm [171,172].

For a single wavelength, it simplifies to the following equation:

$$E_{v,\lambda 1} = 683lm \times E_e(\lambda 1) \times V(\lambda 1). \tag{A3}$$

This scheme can be applied to other photoreceptors, for example, those shown in Figure A2 for humans; however, it can also be applied to animals, if the spectral sensitivity is known. A nice example is the use of "melanopic lux" as proposed by Reference [172], which also provided a nice toolbox for conversion.

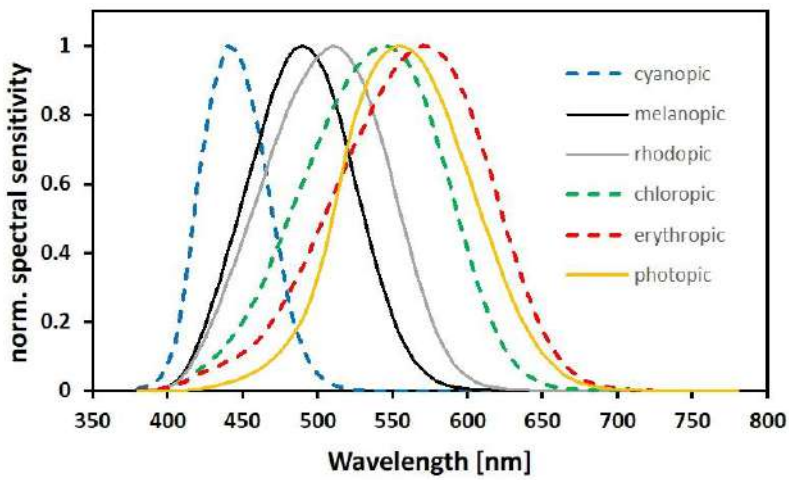



**Figure A2.** Normalized spectral sensitivity for different photoreceptors in humans, as well as the photopic curve.

Appendix A.4.4. Example: Converting Photon Flux per Unit Area to Illuminance

As an example, we use the extremely low threshold for melatonin suppression in humans due to monochromatic light found by Reference [132]. They provide a photon flux per unit area of "10 log photons/cm$^2$·s", which is $10^{10} phot/cm^2{\cdot}s = 10^{14} phot/m^2{\cdot}s$. At the wavelength of 460 nm, the photon energy is as follows:

$$E_{phot,460nm} = \frac{h \times c}{460nm} = \frac{6.626 \times 10^{-34} J{\cdot}s \times 2.998 \times 10^8 m}{460 \times 10^{-9} m{\cdot}s} \approx 4.3 \times 10^{-19} J. \tag{A4}$$

Then, the irradiance is as follows:

$$E_{e,460nm} = \frac{10^{14} \times 4.3 \times 10^{-19} J}{ms} = 4.3 \times 10^{-5} W/m^2. \tag{A5}$$

Using the normalized photopic conversion factor at 460 nm, $V(\lambda)_{460nm}$ is 0.06, which results in an overall conversion factor of 41 lm/W. Thus, the illuminance produced by this amount of monochromatic light at 460 nm is as follows:

$$E_{v,460nm} = 683lm \times V(\lambda) \times E_{e,460nm} = 41lm/W \times 4.3 \times 10^{-5}W/m^2 \approx 176 \times 10^{-5}lm/m^2. \quad \text{(A6)}$$

This is 0.00176 lx or about 2 mlx. This low illuminance suggests that it is about starlight level illuminance. However, we want to point out that starlight is very broadband. This means, for a photopic illuminance of 2 mlx "white" starlight, the photon flux per unit area at the maximum of the melanopsin absorption curve at 460 nm will be much lower than for the monochromatic light used by [132].

*Appendix A.5. Recommendations: What to Measure and How*

For experiments on ALAN in the context of melatonin, we recommend measuring vector irradiance: horizontal irradiance for animals in captivity and for outdoor experiments with animals. For human studies, either vertical or horizontal irradiance should be measured depending on the position of the visual system of the study objects. In general, a radiance measurement should be avoided, as radiance is not very relevant for non-image-forming detection, which is mostly relevant for melatonin suppression.

We further recommend obtaining spectral information to allow a conversion to photopic units, but also other measures like "melanopic lux" in the case of humans, or a tailored measure for photoreceptors of specific species. In the context of outdoor experiments with animals, it is also recommended to measure radiation outside of the visual band i.e., UV and near-infrared.

Combining the two recommendations above, we recommend measuring the spectral irradiance in the relevant plane using either a reflectance standard or a cosine corrector. The spectroradiometer should be sensitive enough to measure low light levels and cover ideally a wavelength range between 300 and 900 nm (see Reference [25] for such a set-up). Also, non-SI units should be avoided.

*Appendix A.6. Light Propagation in a Medium (Mainly Relevant for Water in the Context of This Paper)*

In a medium like air or water, the main optical processes relevant for the topic of ALAN are absorption, emission, and scattering. While for the topic of this paper these effects can be ignored for light propagation in air, they are important for aquatic animals living in different water bodies. Simplified, absorption is the annihilation of a photon, emission is the creation of a photon, and scattering is the change of a photon's original propagation direction in a bulk medium. At boundaries, such as, for example, the water–air interface, the light changes direction by refraction (following Snell's law) or reflection (following the Fresnel equations). As the latter depends on the polarization of light, light propagating from air into water or light that is reflected from water usually has a higher degree of polarization than light that did not experience such a boundary. The interplay between the spectrum of incident light, absorption, and scattering defines the spectrum of the light at a specific depth in the water. Absorption and scattering depend on the optical properties of the water itself, but also on constituents such as, for example, colored dissolved organic matter (absorbing short-wavelength light) or phytoplankton (absorbing specific wavelengths, depending on their pigment composition). The optical properties of open ocean waters, coastal waters, and inland waters differ and, therefore, different spectral components of light reach the species of interest. Figure A3 shows the euphotic depth for (a) the ocean and (b) different types of inland waters. Euphotic depth $z_{eu,\lambda} = \frac{ln(100)}{k_{d,\lambda}}$, where $k_{d,\lambda}$ is the diffuse spectral attenuation coefficient, is the depth where the light is attenuated to 1% of the surface light level. For an introductory overview of light in water, we recommend Reference [178].

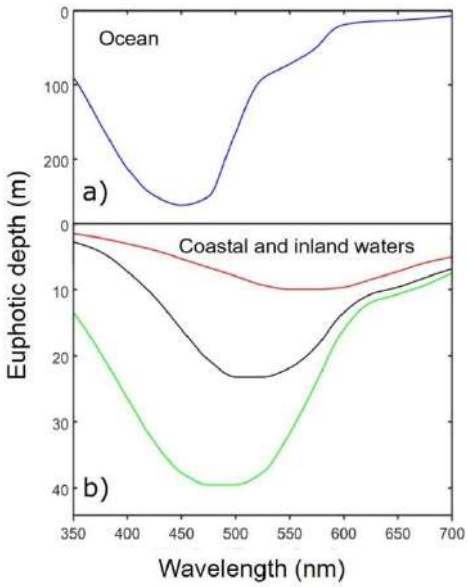



**Figure A3.** Euphotic depth for different wavelengths for (a) clear ocean water and (b) different types of coastal or inland waters (after Reference [179]).

## References

1. Navara, K.J.; Nelson, R.J. The dark side of light at night: Physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J. Pineal Res.* **2007**, *43*, 215–224. [CrossRef]
2. Lerner, A.B.; Case, J.D.; Takahashi, Y.; Lee, T.H.; Mori, N.; Hass, R.; Lerner, A.B.; Case, J.D.; Lee, T.H.; Mori, W.; et al. Isolation of melatonin, the pineal gland factor that lightens melanocytes. *J. Am. Chem. Soc.* **1958**, *80*, 2587. [CrossRef]
3. Vivien-Roels, B.; Pévet, P. Melatonin: Presence and formation in invertebrates. *Experientia* **1993**, *49*, 642–647. [CrossRef]
4. Tal, O.; Haim, A.; Harel, O.; Gerchman, Y. Melatonin as an antioxidant and its semi-lunar rhythm in green macroalga Ulva sp. *J. Exp. Bot.* **2011**, *62*, 1903–1910. [CrossRef] [PubMed]
5. Zhao, D.; Yu, Y.; Shen, Y.; Liu, Q.; Zhao, Z.; Sharma, R.; Reiter, R.J. Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants. *Front. Endocrinol.* **2019**, *10*, 249. [CrossRef] [PubMed]
6. Tan, D.-X.; Hardeland, R.; Manchester, L.C.; Paredes, S.D.; Korkmaz, A.; Sainz, R.M.; Mayo, J.C.; Fuentes-Broto, L.; Reiter, R.J. The changing biological roles of melatonin during evolution: From an antioxidant to signals of darkness, sexual selection and fitness. *Biol. Rev.* **2010**, *85*, 607–623. [CrossRef] [PubMed]
7. Lewy, A.J.; Wehr, T.A.; Goodwin, F.K.; Newsome, D.A.; Markey, S.P. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* **1980**, *210*, 1267–1269. [CrossRef] [PubMed]
8. Aschoff, J. Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* **1960**, *25*, 11–28. [CrossRef] [PubMed]
9. Roenneberg, T.; Foster, R.G. Twilight times: Light and the circadian system. *Photochem. Photobiol.* **1997**, *66*, 549–561. [CrossRef]
10. Falcón, J.; Besseau, L.; Fuentès, M.; Sauzet, S.; Magnanou, E.; Boeuf, G. Structural and functional evolution of the pineal melatonin system in vertebrates. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2009**, *1163*, 101–111. [CrossRef]
11. Vivid, D.; Bentley, G.E. Seasonal reproduction in vertebrates: Melatonin synthesis, binding, and functionality using tinbergen's four questions. *Molecules* **2018**, *23*, 652. [CrossRef] [PubMed]
12. Gern, W.A.; Duvall, D.; Nervina, J.M. Melatonin: A discussion of its evolution and actions in vertebrates. *Am. Zool.* **1986**, *26*, 985–996. [CrossRef]
13. Wiechmann, A.F.; Sherry, D.M. Role of melatonin and its receptors in the vertebrate retina. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.* **2013**, *300*, 211–242. [PubMed]

14. Gaston, K.J.; Visser, M.E.; Hölker, F. The biological impacts of artificial light at night: The research challenge. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2015**, *370*, 20140133. [CrossRef] [PubMed]
15. De Jong, M.; Jeninga, L.; Ouyang, J.Q.; van Oers, K.; Spoelstra, K.; Visser, M.E. Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. *Physiol. Behav.* **2016**, *155*, 172–179. [CrossRef] [PubMed]
16. Kayumov, L.; Casper, R.F.; Hawa, R.J.; Perelman, B.; Chung, S.A.; Sokalsky, S.; Shapiro, C.M. Blocking low-wavelength light prevents nocturnal melatonin suppression with no adverse effect on performance during simulated shift work. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2005**, *90*, 2755–2761. [CrossRef]
17. Kyba, C.C.M.; Kuester, T.; de Miguel, A.S.; Baugh, K.; Jechow, A.; Hölker, F.; Bennie, J.; Elvidge, C.D.; Gaston, K.J.; Guanter, L. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Sci. Adv.* **2017**, *3*, e1701528. [CrossRef]
18. Berson, D.M.; Dunn, F.A.; Takao, M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* **2002**, *295*, 1070–1073. [CrossRef]
19. Takahashi, J.S.; DeCoursey, P.J.; Bauman, L.; Menaker, M. Spectral sensitivity of a novel photoreceptive system mediating entrainment of mammalian circadian rhythms. *Nature* **1984**, *308*, 186–188. [CrossRef]
20. Barbier, D. The airglow. *Vistas Astron.* **1956**, *2*, 929–939. [CrossRef]
21. Brown, D.R. *Natural Illumination Charts: Research and Development Project NS 714-100*; Deparment of the Navy, Bureau of Ships: Washington, DC, USA, 1952.
22. Kyba, C.C.M.; Mohar, A.; Posch, T. How bright is moonlight? *Astron. Geophys.* **2017**, *58*, 31–32. [CrossRef]
23. Hänel, A.; Posch, T.; Ribas, S.J.; Aubé, M.; Duriscoe, D.; Jechow, A.; Kollath, Z.; Lolkema, D.E.; Moore, C.; Schmidt, N.; et al. Measuring night sky brightness: Methods and challenges. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* **2018**, *205*, 278–290. [CrossRef]
24. Jechow, A.; Hölker, F. Snowglow—The amplification of skyglow by snow and clouds can exceed full moon illuminance in suburban areas. *J. Imaging* **2019**, *5*, 69. [CrossRef]
25. Spitschan, M.; Aguirre, G.K.; Brainard, D.H.; Sweeney, A.M. Variation of outdoor illumination as a function of solar elevation and light pollution. *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 26756. [CrossRef] [PubMed]
26. Lythgoe, J.N. *The Ecology of Vision*, 1st ed.; Clarendon Press: Oxford, UK, 1979; ISBN 978-0-19-854529-3.
27. Riegel, K.W. Light Pollution: Outdoor lighting is a growing threat to astronomy. *Science* **1973**, *179*, 1285–1291. [CrossRef] [PubMed]
28. Schroer, S.; Hölker, F. Impact of lighting on flora and fauna. In *Handbook of Advanced Lighting Technology*; Karlicek, R., Sun, C.-C., Zissis, G., Ma, R., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016; pp. 1–33. ISBN 978-3-319-00295-8.
29. Cho, Y.; Ryu, S.-H.; Lee, B.R.; Kim, K.H.; Lee, E.; Choi, J. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. *Chronobiol. Int.* **2015**, *32*, 1294–1310. [CrossRef] [PubMed]
30. Longcore, T.; Rich, C. Ecological light pollution. *Front. Ecol. Environ.* **2004**, *2*, 191–198. [CrossRef]
31. Hölker, F.; Wolter, C.; Perkin, E.K.; Tockner, K. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends Ecol. Evol.* **2010**, *25*, 681–682. [CrossRef]
32. Hölker, F.; Wurzbacher, C.; Weißenborn, C.; Monaghan, M.T.; Holzhauer, S.I.J.; Premke, K. Microbial diversity and community respiration in freshwater sediments influenced by artificial light at night. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2015**, *370*, 20140130. [CrossRef]
33. Knop, E.; Zoller, L.; Ryser, R.; Gerpe, C.; Hörler, M.; Fontaine, C. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* **2017**, *548*, 206–209. [CrossRef]
34. Kurvers, R.H.J.M.; Drägestein, J.; Hölker, F.; Jechow, A.; Krause, J.; Bierbach, D. Artificial light at night affects emergence from a refuge and space use in guppies. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 1–10. [CrossRef] [PubMed]
35. Hölker, F.; Moss, T.; Griefahn, B.; Kloas, W.; Voigt, C.; Henckel, D.; Hänel, A.; Kappeler, P.; Völker, S.; Schwope, A.; et al. The dark side of light: A transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecol. Soc.* **2010**, *15*. [CrossRef]
36. Kyba, C.C.M.; Hänel, A.; Hölker, F. Redefining efficiency for outdoor lighting. *Energy Environ. Sci.* **2014**, *7*, 1806–1809. [CrossRef]
37. Rosebrugh, D.W. Sky-glow from large cities. *JR Astron. Soc. Can.* **1935**, *29*, 79.
38. Falchi, F.; Cinzano, P.; Duriscoe, D.; Kyba, C.C.M.; Elvidge, C.D.; Baugh, K.; Portnov, B.A.; Rybnikova, N.A.; Furgoni, R. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Sci. Adv.* **2016**, *2*, e1600377. [CrossRef] [PubMed]

39. Jechow, A.; Kolláth, Z.; Ribas, S.J.; Spoelstra, H.; Hölker, F.; Kyba, C.C.M. Imaging and mapping the impact of clouds on skyglow with all-sky photometry. *Sci. Rep.* **2017**, *7*, 6741. [CrossRef] [PubMed]
40. Menaker, M.; Moreira, L.F.; Tosini, G. Evolution of circadian organization in vertebrates. *Braz. J. Med. Biol. Res.* **1997**, *30*, 305–313. [CrossRef]
41. Doyle, S.; Menaker, M. Circadian photoreception in vertebrates. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* **2007**, *72*, 499–508. [CrossRef]
42. Pérez, J.H.; Tolla, E.; Dunn, I.C.; Meddle, S.L.; Stevenson, T.J. A comparative perspective on extra-retinal photoreception. *Trends Endocrinol. Metab.* **2019**, *30*, 39–53. [CrossRef]
43. Peirson, S.N.; Halford, S.; Foster, R.G. The evolution of irradiance detection: Melanopsin and the non-visual opsins. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2009**, *364*, 2849–2865. [CrossRef]
44. Korf, H.W.; Schomerus, C.; Stehle, J.H. The pineal organ, its hormone melatonin, and the photoneuroendocrine system. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.* **1998**, *146*, 1–100. [PubMed]
45. Dodt, E.; Meissl, H. The pineal and parietal organs of lower vertebrates. *Experientia* **1982**, *38*, 996–1000. [CrossRef] [PubMed]
46. Ganong, W.F.; Shepherd, M.D.; Wall, J.R.; Van Brunt, E.E.; Clegg, M.T. Penetration of light into the brain of mammals. *Endocrinology* **1963**, *72*, 962–963. [CrossRef] [PubMed]
47. Hartwig, H.G.; van Veen, T. Spectral characteristics of visible radiation penetrating into the brain and stimulating extraretinal photoreceptors. *J. Comp. Physiol.* **1979**, *130*, 277–282. [CrossRef]
48. Dodt, E. The parietal eye (pineal and parietal organs) of lower vertebrates. In *Visual Centers in the Brain*; Handbook of Sensory Physiology; Berlucchi, G., Brindley, G.S., Brooks, B., Creutzfeldt, O.D., Dodt, E., Doty, R.W., Freund, H.-J., Gross, C.G., Jeffreys, D.A., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1973; pp. 113–140. ISBN 978-3-642-65495-4.
49. Klein, D.C.; Coon, S.L.; Roseboom, P.H.; Weller, J.L.; Bernard, M.; Gastel, J.A.; Zatz, M.; Iuvone, P.M.; Rodriguez, I.R.; Bégay, V.; et al. The melatonin rhythm-generating enzyme: Molecular regulation of serotonin N-acetyltransferase in the pineal gland. *Recent Prog. Horm. Res.* **1997**, *52*, 307–357. [PubMed]
50. Falcón, J.; Migaud, H.; Muñoz-Cueto, J.A.; Carrillo, M. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *Gen. Comp. Endocr.* **2010**, *165*, 469–482. [CrossRef]
51. Erren, T.C.; Erren, M.; Lerchl, A.; Meyer-Rochow, V.B. Clockwork blue: On the evolution of non-image-forming retinal photoreceptors in marine and terrestrial vertebrates. *Naturwissenschaften* **2008**, *95*, 273–279. [CrossRef]
52. Walmsley, L.; Hanna, L.; Mouland, J.; Martial, F.; West, A.; Smedley, A.R.; Bechtold, D.A.; Webb, A.R.; Lucas, R.J.; Brown, T.M. Colour as a signal for entraining the mammalian circadian clock. *PLoS Biol.* **2015**, *13*, e1002127. [CrossRef]
53. Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G.; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med.* **2009**, *6*, e1000097. [CrossRef]
54. Vera, L.M.; López-Olmeda, J.F.; Bayarri, M.J.; Madrid, J.A.; Sánchez-Vázquez, F.J. Influence of light intensity on plasma melatonin and locomotor activity rhythms in tench. *Chronobiol. Int.* **2005**, *22*, 67–78. [CrossRef]
55. Nikaido, Y.; Ueda, S.; Takemura, A. Photic and circadian regulation of melatonin production in the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Comp. Biochem Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* **2009**, *152*, 77–82. [CrossRef] [PubMed]
56. Choi, J.Y.; Kim, N.N.; Choi, Y.-U.; Choi, C.Y. Changes in circadian parameters of humbug damselfish, *Dascyllus aruanus* according to lunar phase shifts in Micronesia. *Biol. Rhythm Res.* **2017**, *48*, 475–483. [CrossRef]
57. Rahman, M.S.; Kim, B.H.; Takemura, A.; Park, C.B.; Lee, Y.D. Effects of moonlight exposure on plasma melatonin rhythms in the seagrass rabbitfish, *Siganus canaliculatus*. *J. Biol. Rhythms* **2004**, *19*, 325–334. [CrossRef] [PubMed]
58. Rahman, M.S.; Kim, B.-H.; Takemura, A.; Park, C.-B.; Lee, Y.-D. Influence of light–dark and lunar cycles on the ocular melatonin rhythms in the seagrass rabbitfish, a lunar-synchronized spawner. *J. Pineal Res.* **2004**, *37*, 122–128. [CrossRef]
59. Liu, Q.; Manning, A.J.; Duston, J. Light intensity and suppression of nocturnal plasma melatonin in Arctic charr *(Salvelinus alpinus)*. *Comp. Biochem Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* **2019**, *228*, 103–106. [CrossRef]
60. Park, Y.J.; Park, J.G.; Takeuchi, Y.; Hur, S.P.; Lee, Y.D.; Kim, S.J.; Takemura, A. Influence of moonlight on mRNA expression patterns of melatonin receptor subtypes in the pineal organ of a tropical fish. *Mar. Genom.* **2014**, *14*, 67–70. [CrossRef]

61. Porter, M.J.R.; Duncan, N.J.; Handeland, S.O.; Stefansson, S.O.; Bromage, N.R. Temperature, light intensity and plasma melatonin levels in juvenile Atlantic salmon. *J. Fish. Biol.* **2001**, *58*, 431–438. [CrossRef]
62. Bayarri, M.J.; Madrid, J.A.; Sánchez-Vázquez, F.J. Influence of light intensity, spectrum and orientaion on sea bass plasma and ocular melatonin. *J. Pineal Res.* **2002**, *32*, 34–40. [CrossRef]
63. Brüning, A.; Kloas, W.; Preuer, T.; Hölker, F. Influence of artificially induced light pollution on the hormone system of two common fish species, perch and roach, in a rural habitat. *Conserv. Physiol.* **2018**, *6*, coy016. [CrossRef]
64. Brüning, A.; Hölker, F.; Franke, S.; Preuer, T.; Kloas, W. Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress. *Sci. Tot. Environ.* **2015**, *511*, 516–522. [CrossRef]
65. Brüning, A.; Hölker, F.; Franke, S.; Kleiner, W.; Kloas, W. Influence of light intensity and spectral composition of artificial light at night on melatonin rhythm and mRNA expression of gonadotropins in roach *Rutilus rutilus*. *Fish. Physiol. Biochem.* **2018**, *44*, 1–12. [CrossRef] [PubMed]
66. Kupprat, F.; Hölker, F.; Kloas, W. Can skyglow reduce nocturnal melatonin concentrations in European perch? *Environ. Pollut*. under review.
67. Brüning, A.; Hölker, F.; Franke, S.; Kleiner, W.; Kloas, W. Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. *Sci. Tot. Environ.* **2016**, *543*, 214–222. [CrossRef] [PubMed]
68. Kashiwagi, T.; Park, Y.J.; Park, J.G.; Imamura, S.; Takeuchi, Y.; Hur, S.P.; Takemura, A. Moonlight affects mRNA abundance of arylalkylamine N-acetyltransferase in the retina of a lunar-synchronized spawner, the goldlined spinefoot. *J. Exp. Zool. A Ecol. Genet. Physiol.* **2013**, *319*, 505–516. [PubMed]
69. Iigo, M.; Sato, M.; Ikeda, E.; Kawasaki, S.; Noguchi, F.; Nishi, G. Effects of photic environment on ocular melatonin contents in a labrid teleost, the wrasse *Halichoeres tenuispinnis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **2003**, *133*, 252–259. [CrossRef]
70. Rich, C.; Longcore, T. (Eds.) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*; Island Press: Washington, DC, USA, 2006.
71. Wise, S. Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: Amphibians as models. In *Starlight: A Common Heritage*; Cipriano, M., Jafar, J., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007; pp. 209–218.
72. Perry, G.; Buchanan, B.W.; Fisher, R.N.; Salmon, M.; Wise, S.E. Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. In *Urban Herpetology*; Mitchell, J.C., Brown, R.E.J., Eds.; Society for the study of Amphibians and Reptiles: Salt Lake City, UT, USA, 2008.
73. Dananay, K.L.; Benard, M.F. Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian. *Proc. R. Soc. B.* **2018**, *285*. [CrossRef]
74. Touzot, M.; Teulier, L.; Lengagne, T.; Secondi, J.; Théry, M.; Libourel, P.-A.; Guillard, L.; Mondy, N. Artificial light at night disturbs the activity and energy allocation of the common toad during the breeding period. *Conserv. Physiol.* **2019**, *7*. [CrossRef]
75. Dias, K.S.; Dosso, E.S.; Hall, A.S.; Schuch, A.P.; Tozetti, A.M. Ecological light pollution affects anuran calling season, daily calling period, and sensitivity to light in natural Brazilian wetlands. *Sci. Nat.* **2019**, *106*, 46. [CrossRef]
76. Underhill, V.A.; Höbel, G. Mate choice behavior of female Eastern Gray Treefrogs *(Hyla versicolor)* is robust to anthropogenic light pollution. *Ethology* **2018**, *124*, 537–548. [CrossRef]
77. Wright, M.L.; Bruni, N.K. Influence of the photocycle and thermocycle on rhythms of plasma thyroxine and plasma and ocular melatonin in late metamorphic stages of the bullfrog tadpole, *Rana catesbeiana*. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* **2004**, *139*, 33–40. [CrossRef]
78. Wright, M.L.; Duffy, J.L.; Guertin, C.J.; Alves, C.D.; Szatkowski, M.C.; Visconti, R.F. Developmental and diel changes in plasma thyroxine and plasma and ocular melatonin in the larval and juvenile bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **2003**, *130*, 120–128. [CrossRef]
79. Wright, M.L.; Francisco, L.L.; Scott, J.L.; Richardson, S.E.; Carr, J.A.; King, A.B.; Noyes, A.G.; Visconti, R.F. Effects of bilateral and unilateral ophthalmectomy on plasma melatonin in *Rana* tadpoles and froglets under various experimental conditions. *Gen. Comp. Endocrinol.* **2006**, *147*, 158–166. [CrossRef] [PubMed]
80. Vanecek, J. Cellular mechanisms of melatonin action. *Physiol. Rev.* **1998**, *78*, 687–721. [CrossRef] [PubMed]
81. Binkley, S.; Mosher, K.; Rubin, F.; White, B. *Xenopus* tadpole melanophores are controlled by dark and light and melatonin without influence of time of day. *J. Pineal Res.* **1988**, *5*, 87–97. [CrossRef]

82. Lee, J.H.; Hung, C.F.; Ho, C.C.; Chang, S.H.; Lai, Y.S.; Chung, J.G. Light-induced changes in frog pineal gland N-acetyltransferase activity. *Neurochem. Int.* **1997**, *31*, 533–540. [CrossRef]
83. Green, C.B.; Liang, M.Y.; Steenhard, B.M.; Besharse, J.C. Ontogeny of circadian and light regulation of melatonin release in *Xenopus laevis* embryos. *Brain Res. Dev. Brain Res.* **1999**, *117*, 109–116. [CrossRef]
84. Foster, R.G.; Roberts, A. The pineal eye in *Xenopus laevis* embryos and larvae: A photoreceptor with a direct excitatory effect on behaviour. *J. Comp. Physiol.* **1982**, *145*, 413–419. [CrossRef]
85. Loew, E.R.; Lythgoe, J.N. The ecology of colour vision. *Endeavour* **1985**, *9*, 170–174. [CrossRef]
86. Cahill, G.M.; Parsons, S.E.; Besharse, J.C. Spectral sensitivity of melatonin synthesis suppression in Xenopus eyecups. *Vis. Neurosci.* **1998**, *15*, 499–502. [CrossRef]
87. Firth, B.T.; Christian, K.A.; Belan, I.; Kennaway, D.J. Melatonin rhythms in the Australian freshwater crocodile *(Crocodylus johnstoni)*: A reptile lacking a pineal complex? *J. Comp. Physiol. B Biochem. Syst. Environ. Physiol.* **2010**, *180*, 67–72. [CrossRef]
88. Roth, J.J.; Gern, W.A.; Roth, E.C.; Ralph, C.L.; Jacobson, E. Nonpineal melatonin in the alligator *(Alligator mississippiensis)*. *Science* **1980**, *210*, 548–550. [CrossRef] [PubMed]
89. Bertolucci, C.; Frigato, E.; Foà, A. The reptilian clock system: Circadian clock, extraretinal photoreception, and clock-dependent celestial compass orientation mechanisms in reptiles. In *Biological Timekeeping: Clocks, Rhythms and Behaviour*; Springer: New Delhi, India, 2017; pp. 223–239.
90. Underwood, H. Pineal melatonin rhythms in the lizard *Anolis carolinensis*: Effects of light and temperature cycles. *J. Comp. Physiol. A Sens Neural Behav. Physiol.* **1985**, *157*, 57–65. [CrossRef] [PubMed]
91. Hyde, L.L.; Underwood, H. Effects of nightbreak, T-cycle, and resonance lighting schedules on the pineal melatonin rhythm of the lizard *Anolis carolinensis*: Correlations with the reproductive response. *J. Pineal Res.* **1993**, *15*, 70–80. [CrossRef] [PubMed]
92. Underwood, H.; Calaban, M. Pineal melatonin rhythms in the lizard *Anolis carolinensis:* I. Response to light and temperature cycles. *J. Biol. Rhythms* **1987**, *2*, 179–193. [CrossRef] [PubMed]
93. Firth, B.T.; Belan, I.; Kennaway, D.J.; Moyer, R.W. Thermocyclic entrainment of lizard blood plasma melatonin rhythms in constant and cyclic photic environments. *Am. J. Physiol.* **1999**, *277*, R1620–R1626. [CrossRef]
94. Moore, A.F.; Kawasaki, M.; Menaker, M. Photic induction of locomotor activity is correlated with photic habitat in Anolis lizards. *J. Comp. Physiol. A Sens Neural Behav. Physiol.* **2012**, *198*, 193–201. [CrossRef]
95. Vivien-Roels, B.; Pévet, P.; Claustrat, B. Pineal and circulating melatonin rhythms in the box turtle, *Terrapene carolina triunguis: Effect* of photoperiod, light pulse, and environmental temperature. *Gen. Comp. Endocrinol.* **1988**, *69*, 163–173. [CrossRef]
96. Dominoni, D.M.; Goymann, W.; Helm, B.; Partecke, J. Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds *(Turdus merula)*: Implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Front. Zool.* **2013**, *10*, 60. [CrossRef]
97. Schoech, S.J.; Bowman, R.; Hahn, T.P.; Goymann, W.; Schwabl, I.; Bridge, E.S. The effects of low levels of light at night upon the endocrine physiology of western scrub-jays *(Aphelocoma californica)*. *J. Exp. Zool. A Ecol. Genet. Physiol.* **2013**, *319*, 527–538. [CrossRef]
98. Kumar, J.; Malik, S.; Bhardwaj, S.K.; Rani, S. Bright light at night alters the perception of daylength in Indian weaver bird *(Ploceus philippinus)*. *J. Exp. Zool. A Ecol. Integr. Physiol.* **2018**, *329*, 488–496. [CrossRef]
99. Jiang, J.; He, Y.; Kou, H.; Ju, Z.; Gao, X.; Zhao, H. The effects of artificial light at night on Eurasian tree sparrow *(Passer montanus):* Behavioral rhythm disruption, melatonin suppression and intestinal microbiota alterations. *Ecol. Indic.* **2020**, *108*, 105702. [CrossRef]
100. Cockrem, J.F. Circadian rhythms of plasma melatonin in the Adelie penguin *(Pygoscelis adeliae)* in constant dim light and artificial photoperiods. *J. Pineal Res.* **1991**, *11*, 63–69. [CrossRef]
101. Singh, J.; Rani, S.; Kumar, V. Functional similarity in relation to the external environment between circadian behavioral and melatonin rhythms in the subtropical Indian weaver bird. *Horm. Behav.* **2012**, *61*, 527–534. [CrossRef] [PubMed]
102. Vakkuri, O.; Rintamäki, H.; Leppäluoto, J. Plasma and tissue concentrations of melatonin after midnight light exposure and pinealectomy in the pigeon. *J. Endocrinol.* **1985**, *105*, 263–268. [CrossRef] [PubMed]
103. Lewis, P.D.; Perry, G.C.; Morris, T.R.; English, J. Supplementary dim light differentially influences sexual maturity, oviposition time, and melatonin rhythms in pullets. *Poult. Sci.* **2001**, *80*, 1723–1728. [CrossRef] [PubMed]

104. Meyer, W.E.; Millam, J.R. Plasma melatonin levels in Japanese quail exposed to dim light are determined by subjective interpretation of day and night, not light intensity. *Gen. Comp. Endocrinol.* **1991**, *82*, 377–385. [CrossRef]
105. Kennaway, D.J.; Voultsios, A.; Varcoe, T.J.; Moyer, R.W. Melatonin in mice: Rhythms, response to light, adrenergic stimulation, and metabolism. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **2002**, *282*, R358–R365. [CrossRef]
106. Dauchy, R.T.; Wren, M.A.; Dauchy, E.M.; Hoffman, A.E.; Hanifin, J.P.; Warfield, B.; Jablonski, M.R.; Brainard, G.C.; Hill, S.M.; Mao, L.; et al. The influence of red light exposure at night on circadian metabolism and physiology in Sprague-Dawley rats. *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* **2015**, *54*, 40–50.
107. Travlos, G.S.; Wilson, R.E.; Murrell, J.A.; Chignell, C.F.; Boorman, G.A. The effect of short intermittent light exposures on the melatonin circadian rhythm and nmU-induced breast cancer in female F344/N rats. *Toxicol. Pathol.* **2001**, *29*, 126–136. [CrossRef]
108. Xiang, S.; Dauchy, R.T.; Hauch, A.; Mao, L.; Yuan, L.; Wren, M.A.; Belancio, V.P.; Mondal, D.; Frasch, T.; Blask, D.E.; et al. Doxorubicin resistance in breast cancer is driven by light at night-induced disruption of the circadian melatonin signal. *J. Pineal Res.* **2015**, *59*, 60–69. [CrossRef]
109. Glickman, G.L.; Harrison, E.M.; Elliott, J.A.; Gorman, M.R. Increased photic sensitivity for phase resetting but not melatonin suppression in Siberian hamsters under short photoperiods. *Horm. Behav.* **2014**, *65*, 301–307. [CrossRef] [PubMed]
110. Hoffmann, K.; Illnerová, H.; Vaněček, J. Effect of photoperiod and of one minute light at night-time on the pineal rhythm on N-acetyltransferase activity in the Djungarian hamster *Phodopus sungorus*. *Biol. Reprod.* **1981**, *24*, 551–556. [CrossRef] [PubMed]
111. Schwimmer, H.; Mursu, N.; Haim, A. Effects of light and melatonin treatment on body temperature and melatonin secretion daily rhythms in a diurnal rodent, the fat sand rat. *Chronobiol. Int.* **2010**, *27*, 1401–1419. [CrossRef] [PubMed]
112. Asher, A.; Shabtay, A.; Brosh, A.; Eitam, H.; Agmon, R.; Cohen-Zinder, M.; Zubidat, A.E.; Haim, A. "Chrono-functional milk": The difference between melatonin concentrations in night-milk versus day-milk under different night illumination conditions. *Chronobiol. Int.* **2015**, *32*, 1409–1416. [CrossRef] [PubMed]
113. Deveson, S.L.; Arendt, J.; Forsyth, I.A. Sensitivity of goats to a light pulse during the night as assessed by suppression of melatonin concentrations in the plasma. *J. Pineal Res.* **1990**, *8*, 169–177. [CrossRef] [PubMed]
114. Vivien-Roels, B.; Pévet, P.; Zarazaga, L.; Malpaux, B.; Chemineau, P. Daily and light-at-night induced variations of circulating 5-methoxytryptophol (5-ML) in ewes with respectively high and low nocturnal melatonin secretion. *J. Pineal Res.* **1999**, *27*, 230–236. [CrossRef]
115. Walsh, C.M.; Prendergast, R.L.; Sheridan, J.T.; Murphy, B.A. Blue light from light-emitting diodes directed at a single eye elicits a dose-dependent suppression of melatonin in horses. *Vet. J.* **2013**, *196*, 231–235. [CrossRef]
116. Hoban, T.M.; Lewy, A.J.; Fuller, C.A. Light suppression of melatonin in the squirrel monkey *(Saimiri sciureus)*. *J. Pineal Res.* **1990**, *9*, 13–19. [CrossRef]
117. Phillips, A.J.K.; Vidafar, P.; Burns, A.C.; McGlashan, E.M.; Anderson, C.; Rajaratnam, S.M.W.; Lockley, S.W.; Cain, S.W. High sensitivity and interindividual variability in the response of the human circadian system to evening light. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2019**, *116*, 12019–12024. [CrossRef]
118. Le Tallec, T.; Théry, M.; Perret, M. Melatonin concentrations and timing of seasonal reproduction in male mouse lemurs *(Microcebus murinus)* exposed to light pollution. *J. Mammal.* **2016**, *97*, 753–760. [CrossRef]
119. Obayashi, K.; Saeki, K.; Iwamoto, J.; Okamoto, N.; Tomioka, K.; Nezu, S.; Ikada, Y.; Kurumatani, N. Exposure to light at night, nocturnal urinary melatonin excretion, and obesity/dyslipidemia in the elderly: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2013**, *98*, 337–344. [CrossRef] [PubMed]
120. Herljevic, M.; Middleton, B.; Thapan, K.; Skene, D.J. Light-induced melatonin suppression: Age-related reduction in response to short wavelength light. *Exp. Gerontol.* **2005**, *40*, 237–242. [CrossRef] [PubMed]
121. Bues, M.; Pross, A.; Stefani, O.; Frey, S.; Anders, D.; Späti, J.; Wirz-Justice, A.; Mager, R.; Cajochen, C. LED-backlit computer screens influence our biological clock and keep us more awake. *J. Soc. Inf. Disp.* **2012**, *20*, 266. [CrossRef]
122. Chellappa, S.L.; Steiner, R.; Blattner, P.; Oelhafen, P.; Götz, T.; Cajochen, C. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: Can blue-enriched light keep us alert? *PLoS ONE* **2011**, *6*, e16429. [CrossRef] [PubMed]

123. Figueiro, M.G.; Bullough, J.D.; Parsons, R.H.; Rea, M.S. Preliminary evidence for spectral opponency in the suppression of melatonin by light in humans. *Neuroreport* **2004**, *15*, 313–316. [CrossRef] [PubMed]
124. Hashimoto, S.; Nakamura, K.; Honma, S.; Tokura, H.; Honma, K. Melatonin rhythm is not shifted by lights that suppress nocturnal melatonin in humans under entrainment. *Am. J. Physiol.* **1996**, *270*, R1073–R1077. [CrossRef]
125. Heo, J.Y.; Kim, K.; Fava, M.; Mischoulon, D.; Papakostas, G.I.; Kim, M.J.; Kim, D.J.; Chang, K.A.J.; Oh, Y.; Yu, B.H.; et al. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *J. Psychiatr. Res.* **2017**, *87*, 61–70. [CrossRef]
126. Higuchi, S.; Fukuda, T.; Kozaki, T.; Takahashi, M.; Miura, N. Effectiveness of a red-visor cap for preventing light-induced melatonin suppression during simulated night work. *J. Physiol. Anthropol.* **2011**, *30*, 251–258. [CrossRef]
127. Kozaki, T.; Koga, S.; Toda, N.; Noguchi, H.; Yasukouchi, A. Effects of short wavelength control in polychromatic light sources on nocturnal melatonin secretion. *Neurosci. Lett.* **2008**, *439*, 256–259. [CrossRef]
128. Trinder, J.; Armstrong, S.M.; O'Brien, C.; Luke, D.; Martin, M.J. Inhibition of melatonin secretion onset by low levels of illumination. *J. Sleep Res.* **1996**, *5*, 77–82. [CrossRef]
129. Van De Werken, M.; Giménez, M.C.; De Vries, B.; Beersma, D.G.M.; Gordijn, M.C.M. Short-wavelength attenuated polychromatic white light during work at night: Limited melatonin suppression without substantial decline of alertness. *Chronobiol. Int.* **2013**, *30*, 843–854. [CrossRef] [PubMed]
130. Figueiro, M.G.; Wood, B.; Plitnick, B.; Rea, M.S. The impact of light from computer monitors on melatonin levels in college students. *Neuroendocrinol. Lett.* **2011**, *32*, 158–163. [PubMed]
131. Gooley, J.J.; Chamberlain, K.; Smith, K.A.; Khalsa, S.B.S.; Rajaratnam, S.M.W.; Van Reen, E.; Zeitzer, J.M.; Czeisler, C.A.; Lockley, S.W. Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2011**, *96*, E463–E472. [CrossRef] [PubMed]
132. Vartanian, G.V.; Li, B.Y.; Chervenak, A.P.; Walch, O.J.; Pack, W.; Ala-Laurila, P.; Wong, K.Y. Melatonin suppression by light in humans is more sensitive than previously reported. *J. Biol. Rhythms* **2015**, *30*, 351–354. [CrossRef] [PubMed]
133. Wood, B.; Rea, M.S.; Plitnick, B.; Figueiro, M.G. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Appl. Ergon.* **2013**, *44*, 237–240. [CrossRef] [PubMed]
134. Zeitzer, J.M.; Dijk, D.; Kronauer, R.E.; Brown, E.N.; Czeisler, C.A. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: Melatonin phase resetting and suppression. *J. Physiol.* **2000**, *526*, 695–702. [CrossRef]
135. Crowley, S.J.; Cain, S.W.; Burns, A.C.; Acebo, C.; Carskadon, M.A. Increased sensitivity of the circadian system to light in early/mid-puberty. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2015**, *100*, 4067–4073. [CrossRef]
136. Nagare, R.; Plitnick, B.; Figueiro, M.G. Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults. *Light Res. Technol* **2019**, *51*, 530–543. [CrossRef]
137. Nagare, R.; Rea, M.S.; Plitnick, B.; Figueiro, M.G. Nocturnal melatonin suppression by adolescents and adults for different levels, spectra, and durations of light exposure. *J. Biol. Rhythms* **2019**, *34*, 178–194. [CrossRef]
138. Rüger, M.; Gordijn, M.C.M.; Beersma, D.G.M.; de Vries, B.; Daan, S. Weak relationships between suppression of melatonin and suppression of sleepiness/fatigue in response to light exposure. *J. Sleep Res.* **2005**, *14*, 221–227. [CrossRef]
139. Chang, A.-M.; Aeschbach, D.; Duffy, J.F.; Czeisler, C.A. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2015**, *112*, 1232–1237. [CrossRef] [PubMed]
140. Chinoy, E.D.; Duffy, J.F.; Czeisler, C.A. Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness. *Physiol. Rep.* **2018**, *6*, e13692. [CrossRef] [PubMed]
141. Kraneburg, A.; Franke, S.; Methling, R.; Griefahn, B. Effect of color temperature on melatonin production for illumination of working environments. *Appl. Ergon.* **2017**, *58*, 446–453. [CrossRef] [PubMed]
142. Münch, M.; Regente, J.; Bes, F.; De Zeeuw, J.; Hädel, S.; Wahnschaffe, A.; Kunz, D. Blue-enriched morning light as a countermeasure to light at the wrong time: Effects on cognition, sleepiness, sleep, and circadian phase. *Neuropsychobiology* **2017**, *74*, 207–218. [CrossRef]
143. Nathan, P.J.; Wyndham, E.L.; Burrows, G.D.; Norman, T.R. The effect of gender on the melatonin suppression by light: A dose response relationship. *J. Neural Transm.* **2000**, *107*, 271–279. [CrossRef]

144. Thapan, K.; Arendt, J.; Skene, D.J. An action spectrum for melatonin suppression: Evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *J. Physiol.* **2001**, *535*, 261–267. [CrossRef]
145. McIntyre, I.M.; Norman, T.R.; Burrows, G.D.; Armstrong, S.M. Quantal melatonin suppression by exposure to low intensity light in man. *Life Sci.* **1989**, *45*, 327–332. [CrossRef]
146. Souman, J.L.; Borra, T.; de Goijer, I.; Schlangen, L.J.M.; Vlaskamp, B.N.S.; Lucassen, M.P. Spectral tuning of white light allows for strong reduction in melatonin suppression without changing illumination level or color temperature. *J. Biol. Rhythms* **2018**, *33*, 420–431. [CrossRef]
147. Wahnschaffe, A.; Haedel, S.; Rodenbeck, A.; Stoll, C.; Rudolph, H.; Kozakov, R.; Schoepp, H.; Kunz, D. Out of the lab and into the bathroom: Evening short-term exposure to conventional light suppresses melatonin and increases alertness perception. *Int. J. Mol. Sci.* **2013**, *14*, 2573–2589. [CrossRef]
148. Wright, H.R.; Lack, L.C. Effect of light wavelength on suppression and phase delay of the melatonin rhythm. *Chronobiol. Int.* **2001**, *18*, 801–808. [CrossRef]
149. Whitmore, J.N.; French, J.; Fischer, J.R. Psychophysiological effects of a brief nocturnal light exposure. *J. Hum. Ergol.* **2001**, *30*, 267–272.
150. Figueiro, M.G.; Rea, M.S.; Bullough, J.D. Circadian effectiveness of two polychromatic lights in suppressing human nocturnal melatonin. *Neurosci. Lett.* **2006**, *406*, 293–297. [CrossRef] [PubMed]
151. Nathan, P.J.; Burrows, G.D.; Norman, T.R. The effect of dim light on suppression of nocturnal melatonin in healthy women and men. *J. Neural Transm.* **1997**, *104*, 643–648. [CrossRef] [PubMed]
152. Zachmann, A.; Ali, M.A.; Falcón, J. Melatonin and its effects in fishes: An overview. In *Rhythms in Fishes*; Springer: Boston, MA, USA, 1992; pp. 149–165.
153. Kummu, M.; de Moel, H.; Ward, P.J.; Varis, O. How close do we live to water? A global analysis of population distance to freshwater bodies. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e20578. [CrossRef] [PubMed]
154. Oliveira, C.; Ortega, A.; López-Olmeda, J.F.; Vera, L.M.; Sánchez-Vázquez, F.J. Influence of constant light and darkness, light intensity, and light spectrum on plasma melatonin rhythms in Senegal sole. *Chronobiol. Int.* **2007**, *24*, 615–627. [CrossRef]
155. Takeuchi, Y.; Imamura, S.; Sawada, Y.; Hur, S.P.; Takemura, A. Effects of different colors of light on melatonin suppression and expression analysis of Aanat1 and melanopsin in the eye of a tropical damselfish. *Gen. Comp. Endocrinol.* **2014**, *204*, 158–165. [CrossRef]
156. Carazo, I.; Norambuena, F.; Oliveira, C.; Sánchez-Vázquez, F.J.; Duncan, N.J. The effect of night illumination, red and infrared light, on locomotor activity, behaviour and melatonin of Senegalese sole *(Solea senegalensis)* broodstock. *Physiol. Behav.* **2013**, *118*, 201–207. [CrossRef]
157. Oliveira, C.C.V.; Figueiredo, F.; Soares, F.; Pinto, W.; Dinis, M.T. Meagre's melatonin profiles under captivity: Circadian rhythmicity and light sensitiveness. *Fish. Physiol. Biochem.* **2018**, *44*, 885–893. [CrossRef]
158. Zubidat, A.E.; Nelson, R.J.; Haim, A. Spectral and duration sensitivity to light-at-night in 'blind' and sighted rodent species. *J. Exp. Biol.* **2011**, *214*, 3206–3217. [CrossRef]
159. Dimovski, A.M.; Robert, K.A. Artificial light pollution: Shifting spectral wavelengths to mitigate physiological and health consequences in a nocturnal marsupial mammal. *J. Exp. Zool. A Ecol. Integr. Physiol.* **2018**, *329*, 497–505. [CrossRef]
160. Reiter, R.J.; King, T.S.; Richardson, B.A.; Hurlbut, E.C. Studies on pineal melatonin levels in a diurnal species, the Eastern chipmunk *(Tamias striatus):* Effects of light at night, propranolol administration or superior cervical ganglionectomy. *J. Neural Transm.* **1982**, *54*, 275–284. [CrossRef] [PubMed]
161. Reiter, R.J.; Peters, J.F. Non-suppressibility by room light of pineal N-acetyltransferase activity and melatonin levels in two diurnally active rodents, the Mexican ground squirrel *(Spermophilus mexicanus)* and the eastern chipmunk *(Tamias striatus)*. *Endocr. Res.* **1984**, *10*, 113–121. [CrossRef] [PubMed]
162. Reiter, R.J.; Reiter, M.N.; Hattori, A.; Yaga, K.; Herbert, D.C.; Barlow-Walden, L. The pineal melatonin rhythm and its regulation by light in a subterranean rodent, the valley pocket gopher *(Thomomys bottae)*. *J. Pineal Res.* **1994**, *16*, 145–153. [CrossRef] [PubMed]
163. Haim, A.; Zubidat, A.E. Artificial light at night: Melatonin as a mediator between the environment and epigenome. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2015**, *370*, 20140121. [CrossRef] [PubMed]
164. Giudice, A.; Crispo, A.; Grimaldi, M.; Polo, A.; Bimonte, S.; Capunzo, M.; Amore, A.; D'Arena, G.; Cerino, P.; Budillon, A.; et al. The effect of light exposure at night (LAN) on carcinogenesis via decreased nocturnal melatonin synthesis. *Molecules* **2018**, *23*, 1308. [CrossRef] [PubMed]

165. Wever, R. *A The Circadian System of Man: Results of Experiments Under Temporal Isolation*; Springer: New York, NY, USA, 1979.
166. McGlashan, E.M.; Poudel, G.R.; Vidafar, P.; Drummond, S.P.A.; Cain, S.W. Imaging individual differences in the response of the human suprachiasmatic area to light. *Front. Neurol.* **2018**, *9*, 1022. [CrossRef]
167. Prayag, A.S.; Najjar, R.P.; Gronfier, C. Melatonin suppression is exquisitely sensitive to light and primarily driven by melanopsin in humans. *J. Pineal Res.* **2019**, *66*, e12562. [CrossRef]
168. Oliveira, C.; Duncan, N.J.; Pousão-Ferreira, P.; Mañanós, E.; Sánchez-Vázquez, F.J. Influence of the lunar cycle on plasma melatonin, vitellogenin and sex steroids rhythms in Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Aquaculture* **2010**, *306*, 343–347. [CrossRef]
169. Rea, M.; Figueiro, M. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. *Light Res. Technol.* **2018**, *50*, 497–510. [CrossRef]
170. Raap, T.; Casasole, G.; Costantini, D.; AbdElgawad, H.; Asard, H.; Pinxten, R.; Eens, M. Artificial light at night affects body mass but not oxidative status in free-living nestling songbirds: An experimental study. *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 35626. [CrossRef]
171. Johnsen, S. *The Optics of Life: A Biologist's Guide to Light in Nature*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2012.
172. Lucas, R.J.; Peirson, S.; Berson, D.M.; Brown, T.M.; Cooper, H.M.; Czeisler, C.A.; Figueiro, M.G.; Gamlin, P.D.; Lockley, S.W.; O'Hagan, J.B.; et al. Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends Neurosci.* **2014**, *37*, 1–9. [CrossRef] [PubMed]
173. Jechow, A.; Hölker, F. How dark is a river? Artificial light at night in aquatic systems and the need for comprehensive night-time light measurements. *WIREs Water* **2019**, e1388. [CrossRef]
174. Smith, R.C.; Wilson, W.H. Photon scalar irradiance. *Appl. Opt.* **1972**, *11*, 934–938. [CrossRef] [PubMed]
175. Thimijan, R.; Heins, R. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: A review of procedures for interconversion. *Hortscience* **1983**, *18*, 818–822.
176. Jechow, A.; Hölker, F.; Kyba, C.C.M. Using all-sky differential photometry to investigate how nocturnal clouds darken the night sky in rural areas. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 1391. [CrossRef] [PubMed]
177. Kocifaj, M.; Posch, T.; Solano Lamphar, H.A. On the relation between zenith sky brightness and horizontal illuminance. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **2015**, *446*, 2895–2901. [CrossRef]
178. Mobley, C.D. *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters*; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1994.
179. Hölker, F.; Jechow, A.; Schroer, S.; Gessner, M.O. Nächtliches Licht und Lichtverschmutzung in und um Gewässer. In *Handbuch Angewandte Limnologie: Grundlagen-Gewässerbelastung-Restaurierung-Aquatische Ökotoxikologie-Bewertung-Gewässerschutz*; WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.: KGaA, Weinheim, 2018; pp. 1–26. ISBN 978-3-527-67848-8.

© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

República de Chile
Ministerio del Medio Ambiente
BSV/JJDR

**APRUEBA LINEAMIENTOS PARA EL EJERCICIO DEL ROL DE SUPERVIGILANCIA DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL ESTADO.**

**RESOLUCIÓN EXENTA N°** 1291

**SANTIAGO,** 18 OCT 2019

**VISTOS:** Lo dispuesto en el artículo 19 Nº8 de la Constitución Política de la República; la ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; la ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.F.L. N° 1/19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; la ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales; en el Decreto Supremo Nº 1963, de 1995, del Ministerio de Relaciones Exteriores, que Promulga el Convenio sobre la Diversidad Biológica; en el Decreto Supremo Nº 14, de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030; la ley N° 19.880, que establece bases de los procedimientos administrativos que rigen los actos de los órganos de la Administración del Estado; el Memorándum Nº 441, de 03 de octubre de 2019, de la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente, que remite propuesta de contenidos sobre rol de supervigilancia de Áreas Protegidas; la Resolución N° 7, de 2019, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón; y,

**CONSIDERANDO:**

1. Que, es deber del Estado tutelar la preservación de la naturaleza, así como velar por la protección y conservación de la diversidad biológica del país.

2. Que, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 34 de la ley Nº 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el Estado administrará un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, que incluirá los parques y reservas marinas, con objeto de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental.

3. Que, conforme al artículo 69 de la referida ley Nº 19.300, el Ministerio del Medio Ambiente es la Secretaría de Estado encargada de colaborar con el Presidente de la República, en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo

sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.

4. Que, de acuerdo al artículo 70 de la citada ley, corresponde especialmente al Ministerio del Medio Ambiente, entre otras materias: b) Proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza; c) proponer las políticas, planes, programas, normas y supervigilar las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos; y, d) velar por el cumplimiento de las convenciones internacionales, en que Chile sea parte en materia ambiental, y ejercer la calidad de contraparte administrativa, científica o técnica de tales convenciones, sin perjuicio de las facultades del Ministerio de Relaciones Exteriores.

5. Que, asimismo, de conformidad con los literales f) e i), le corresponde colaborar con los organismos competentes, en la formulación de las políticas ambientales para el manejo, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales renovables e hídricos, así como proponer políticas y formular planes para favorecer la recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, la flora, la fauna, los hábitats, los paisajes, ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados, contribuyendo al cumplimiento de los convenios internacionales de conservación de biodiversidad.

6. Que, adicionalmente, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 31 de la ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales, los sitios que fueren declarados santuarios de la naturaleza quedarán bajo la custodia del Ministerio del Medio Ambiente, el cual se hará asesorar para estos efectos por especialistas en ciencias naturales.

7. Que, la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente, mediante memorándum Nº 441, de 03 de octubre de 2019, remitió propuesta de contenidos sobre rol de supervigilancia de Áreas Protegidas para la elaboración y aprobación de la resolución exenta que lo formaliza.

**RESUELVO:**

1° **APRUÉBANSE** los siguientes lineamientos para el ejercicio del rol de supervigilancia del Ministerio del Medio Ambiente sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado:

**LINEAMIENTOS PARA EL EJERCICIO DEL ROL DE SUPERVIGILANCIA DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL ESTADO**

**I. Ámbito de aplicación y definiciones**

Los presentes lineamientos y contenidos regirán sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

Para efectos de aplicación de los presentes lineamientos, se entenderá por:

a) Rol de Supervigilancia del Ministerio del Medio Ambiente: aquella función de supervisión sobre el estado de avance del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que incluye el desarrollo institucional, normativo y de instrumentos para el manejo adecuado de áreas que lo integran, de manera de orientar continuamente, y en un actuar coordinado, los esfuerzos de las instituciones públicas a cargo de dichas áreas y los privados involucrados en su gestión y manejo.

   Esta función implica la supervisión y coordinación en el ejercicio de las funciones de los órganos de la Administración del Estado con competencia en la creación, modificación, gestión y administración de las áreas protegidas, propendiendo a la consolidación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, así como el manejo efectivo de las áreas que lo componen.

   Lo anterior, con la finalidad de planificar, implementar y evaluar el manejo efectivo de las áreas protegidas, el cumplimiento y la adecuación normativa sectorial en relación con los fines del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, la optimización territorial del sistema y el cumplimiento de los compromisos internacionales en la materia, por medio de la coordinación con los demás organismos públicos competentes, con miras a lograr los objetivos y metas de conservación de la biodiversidad, comprometidas en el marco del plan estratégico del Convenio sobre Diversidad Biológica y reflejadas en el plan de acción sobre áreas protegidas de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030.

b) Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado: corresponde al conjunto de políticas, programas, planes, normas y acciones sobre las siguientes figuras de protección: reservas de región virgen, parques nacionales, reservas nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, parques marinos, reservas marinas, santuarios de la naturaleza y áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos.

c) Áreas protegidas: cualquier figura de protección oficial incluida en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

**II. Funciones del Ministerio del Medio Ambiente**

A partir de la ley Nº 19.300, se identifican tres grandes funciones del Ministerio del Medio Ambiente en materia de áreas protegidas, a saber:

1) **Función político-normativa:** contenida en los literales b), c), d), f) y j) del artículo 70 de la ley Nº 19.300, relativa a la elaboración de políticas, planes, programas, y normas sobre creación, modificación, gestión y manejo de áreas protegidas y otras normas relacionadas, que en colaboración con otros Ministerios y Servicios Públicos, permitan el desarrollo de políticas y regulaciones coordinadas para el adecuado funcionamiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

   Sin perjuicio de que esta función la ejecuta el Ministerio del Medio Ambiente, en conjunto con otros órganos de Administración del Estado con competencia ambiental, es el

Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el órgano que, por medio de sus competencias deliberativas, propone al Presidente de la República las políticas y regulaciones, tanto respecto de recursos naturales, como en materia Áreas Protegidas.

2) **Función de apoyo, fomento e incentivo a la implementación:** contenida en los literales b), c) y j) del artículo 70 de la ley Nº 19.300 y en el artículo 31 de la ley Nº 17.288. Esta función consiste en:

(i) la formulación y aprobación de los planes de manejo de áreas marinas y costeras protegidas de múltiples usos (AMCPMU) y de los programas y acciones específicas para su manejo efectivo;
(ii) la promoción del establecimiento de entidades o instancias formales para la administración de los Santuarios de la Naturaleza, así como la formulación e implementación de sus planes de manejo; y,
(iii) el desarrollo de programas y mecanismos que faciliten y aumenten las capacidades públicas y privadas para la creación y manejo de áreas protegidas, y su conservación en el largo plazo.

La función de apoyo, fomento e incentivo a la implementación de áreas protegidas, corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, en conjunto con los servicios públicos con competencia en la gestión y manejo de áreas protegidas, tales como la Corporación Nacional Forestal, el Ministerio de Bienes Nacionales, la Subsecretaría de Turismo, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, el Consejo de Monumentos Nacionales y la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, entre otros.

3) **Función de supervigilancia del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado:** es aquella definida en el literal a) de esta resolución y corresponde a una atribución exclusiva del Ministerio del Medio Ambiente, conforme a lo establecido en el artículo 70 letra b) de la Ley N°19.300.

## III. Mecanismos de implementación del rol de supervigilancia del Ministerio del Medio Ambiente sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

En su rol de supervigilancia del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, el Ministerio del Medio Ambiente ejecutará las siguientes actividades:

1. Velar por la adecuada cobertura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, establecidas estratégicamente, en ecosistemas subrepresentados y en áreas de alta singularidad ecológica.

   Lo anterior, con la finalidad de alcanzar las metas de representatividad de ecosistemas terrestres, marinos y acuático-continentales del país, comprometidas en el marco del plan estratégico del Convenio sobre Diversidad Biológica y reflejadas en el plan de acción sobre áreas protegidas de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030, considerando especialmente la conectividad y la integridad del sistema en el actual escenario de cambio climático y sus efectos.

Esta función se ejercerá en coordinación con el Comité Nacional de Áreas Protegidas, constituido mediante resolución exenta Nº 83, de 3 de febrero de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente.

En el ejercicio de esta función, el Ministerio del Medio Ambiente deberá:

1.1. Gestionar y coordinar un portafolio de iniciativas públicas de creación y ampliación de áreas protegidas para mejorar y completar la representatividad de los ecosistemas del país, y aumentar el nivel de conectividad de los mismos, considerando especialmente los efectos del cambio climático.

1.2. Desarrollar y aplicar un protocolo para la creación, modificación, re-categorización o desafectación (parcial o total), de áreas protegidas.

1.3. Establecer y aplicar procesos de regularización de límites de áreas protegidas.

1.4. Establecer mecanismos que permitan realizar el seguimiento y reportar los avances del país en materia de metas y compromisos internacionales, tales como los establecidos en el Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas y Metas de Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica, suscrito y ratificado por Chile.

1.5. Revisar y actualizar cada 4 años, en conjunto con el Comité Nacional de Áreas Protegidas, el Plan de Acción sobre áreas protegidas de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030, a fin de realizar ajustes e incorporar nuevas prioridades temáticas.

2. Administrar y mantener un Registro Nacional de Áreas Protegidas que contenga información de carácter oficial de dichas áreas, el que debe incluir, a lo menos, sus decretos de creación, modificación, re-categorización, y desafectación, entre otros; su cartografía oficial; planes de manejo y sus programas actualizados.

   El Registro será de carácter público y deberá estar permanentemente a disposición de la ciudadanía.

3. Administrar y mantener un Sistema de Reporte de Gestión de Áreas Protegidas, mediante el cual los administradores de dichas áreas, reporten de manera periódica información general sobre la gestión del área, incluyendo elementos tales como el estado de los objetos de protección; la situación de las fuentes de presión y amenazas; el nivel de respuesta, en términos del grado de adecuación de estructuras de gestión; recursos humanos y financieros; y, avance en la implementación del plan de manejo, entre otros.

   Asimismo, el ministerio mantendrá de forma permanente, un conjunto de indicadores de gestión del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que permitan dar seguimiento y reportar los avances del país en materia de metas y compromisos internacionales, tales como los establecidos en el Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas y en la planificación estratégica del Convenio sobre Diversidad Biológica, suscrito y ratificado por Chile.

4. Elaborar un informe anual que evalúe y formule recomendaciones respecto a la gestión de las áreas protegidas, identificando aquellos aspectos que requieren ser fortalecidos y proponiendo mecanismos para subsanar las brechas identificadas. Lo anterior, a partir de la información recopilada en virtud de lo dispuesto en el numeral precedente.

   Dicho informe permitirá orientar el desarrollo de políticas, programas, planes y normas que fortalezcan la gestión y manejo efectivo de las áreas protegidas y del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado en su conjunto.

   El informe, por su carácter general, no reemplaza otras herramientas de evaluación que el organismo administrador del área protegida diseñe e implemente para el mejoramiento continuo de su propia gestión.

5. Establecer programas priorizados de seguimiento sobre permisos, concesiones y derechos otorgados por órganos de la Administración del Estado al interior de las áreas protegidas, con la finalidad de analizar su compatibilidad con los objetos de protección de dichas áreas y entregar recomendaciones en la materia.

   Dichos programas constituyen una herramienta de gestión pública, que tiene como objetivo advertir posibles inconsistencias de las actividades y usos autorizados en las áreas protegidas con los objetos de protección de dichas áreas. Ello de manera de retroalimentar y proponer recomendaciones a los órganos sectoriales correspondientes, por medio de un informe fundado, de manera de velar por una gestión adecuada del área protegida y/o del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

   En este contexto, el Ministerio del Medio Ambiente deberá establecer programas priorizados de seguimiento, previa consulta al Comité Nacional de Áreas Protegidas.

6. Crear y presidir comités y subcomités operativos formados por representantes de los ministerios, servicios y demás organismos con competencia en la creación, modificación y gestión de áreas protegidas, para el estudio, consulta, análisis, comunicación y coordinación ante emergencias que ocurran en dichas áreas o en sus proximidades.

   En el ejercicio de esta función, el Ministerio del Medio Ambiente deberá:

   6.1. Requerir a los administradores de las áreas protegidas los protocolos de acción y seguridad ante contingencias y emergencias que pudieren ocurrir al interior o en las proximidades de dichas áreas, y los informes de situación.

   6.2. En aquellos casos en que se reciban denuncias por daño ambiental o de incumplimiento de normas ambientales en áreas protegidas, se deberá poner en conocimiento del Consejo de Defensa del Estado (CDE) o de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), respectivamente, para que dichos organismos adopten las medidas que correspondan. Los comités, a través del Ministerio del Medio Ambiente, deberán requerir al CDE o a la SMA, según sea el caso, para que se informe del estado de la denuncia.

**2°** En el plazo de dieciocho meses a contar de la fecha de la presente resolución, la Subsecretaría de Medio Ambiente deberá formalizar instructivos para establecer procedimientos oficiales, plazos y responsables de cada una de las actividades y tareas descritas en los mecanismos de implementación del rol de supervigilancia de este Ministerio.

**3°** **PUBLÍQUESE** la presente resolución en el sitio web del Ministerio del Medio Ambiente http://areasprotegidas.mma.gob.cl/

**ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE Y ARCHÍVESE**

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
SUBSECRETARIO

**FELIPE RIESCO EYZAGUIRRE**
**SUBSECRETARIO DEL MEDIO AMBIENTE**

JVB/RCR/JRF/DFA

Distribución:

- Archivo Gabinete Subsecretario.
- Archivo División Jurídica.
- División de Recursos Naturales y Biodiversidad.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Arica y Parinacota.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Tarapacá.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Antofagasta.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Atacama.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Coquimbo.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Valparaíso.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región Metropolitana.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región del Libertador Bernardo O´Higgins.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región del Maule.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región del Ñuble.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región del Biobío.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de la Araucanía.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Los Lagos.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.
- Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Folio N° 2459

SCIENTIFIC REPORTS
natureresearch

Check for updates

OPEN

# Biologically important artificial light at night on the seafloor

Thomas W. Davies[1,2]✉, David McKee[3], James Fishwick[4], Svenja Tidau[1,2] & Tim Smyth[4]

**Accelerating coastal development is increasing the exposure of marine ecosystems to nighttime light pollution, but is anthropogenic light reaching the seafloor in sufficient quantities to have ecological impacts? Using a combination of mapping, and radiative transfer modelling utilising in situ measurements of optical seawater properties, we quantified artificial light exposure at the sea surface, beneath the sea surface, and at the sea floor of an urbanised temperate estuary bordered by an LED lit city. Up to 76% of the three-dimensional seafloor area was exposed to biologically important light pollution. Exposure to green wavelengths was highest, while exposure to red wavelengths was nominal. We conclude that light pollution from coastal cities is likely having deleterious impacts on seafloor ecosystems which provide vital ecosystem services. A comprehensive understanding of these impacts is urgently needed.**

The potential for artificial light at night (ALAN) to reshape the ecology of marine habitats is increasingly recognised, and an emergent focus of research[1–4]. Artificial light can be detected above 22% of the world's coasts nightly[5], and will dramatically increase as coastal human populations more than double by year 2060[6].

Given the low levels of artificial light that likely reach the seafloor, it seems intuitive to suggest that light pollution is not a concern in marine ecosystems. Marine organisms are however, evolutionarily adapted for detecting natural light of low intensity, distinct spectra and regular cycles. To give some examples, *Calanus* copepods undergo diel vertical migration to depths of 50 m guided only by variations in moonlight intensity during the Arctic winter[7,8]; the larvae of some sessile invertebrates move and identify suitable settlement locations guided by light levels equivalent to moonless overcast nights[9]; and polychaete worms, corals and echinoderms synchronise broadcast spawning events using monthly and annual variations in lunar light intensity[10]. In-water radiative transfer modelling reveals that the larval and adult stages of zooplankton, tropical corals and temperate marine organisms are likely to respond to artificial sky glow (light scattered in the atmosphere and reflected back to the ground) down to depths of 70 m, and to waterside street lighting down to 100 m[11]. These predictions are corroborated in part by recent observations of zooplankton avoiding research vessel lights at depths > 80 m[1]. Given the high sensitivity of marine animals to light, and the extent of ALAN across coastal regions[5], large areas of seafloor habitat adjacent to urbanised coastlines are likely experiencing light pollution levels that are detectable to marine organisms and, as a consequence, impacting marine ecosystems.

The growing use of white Light Emitting Diodes (LEDs)—forecast to account for up to 80% of the global lighting market share by 2022[12]—will likely exacerbate the prevalence and impacts of artificial light in marine ecosystems. Compared to older lighting technologies, LEDs emit more short wavelength light that: (i) penetrates deeper into seawater [the spectral signature from land being detectable on coral reefs at 30 m depth[13]]; and (ii) many marine organisms are most sensitive to[7,14]. Given the pace at which LEDs are being adopted in coastal cities around the world, an understanding of the prevalence of 'biologically important' artificial light pollution (irradiances sufficient to elicit responses in marine organisms) is urgently needed.

## Results

We surveyed the spatial and spectral distribution of ALAN across Plymouth Sound and the Tamar Estuary, UK (50.358° N, 4.169° W) two connected coastal water bodies that are home to the largest naval port in Western Europe and a predominantly LED lit city of more than 240,000 people (Supplementary Fig. S1). Using a combination of radiative transfer modelling and mapping accounting for in situ measured optical seawater properties, we quantified the downwelling irradiance of artificial light at the sea surface [$Ed(0)$], scalar irradiance just below

[1]School of Biological and Marine Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK. [2]School of Ocean Sciences, Bangor University, Menai Bridge, Anglesey LL59 5AB, UK. [3]Physics Department, University of Strathclyde, 107 Rottenrow, Glasgow G4 0NG, Scotland. [4]Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, Devon, Plymouth PL1 3DH, UK. ✉email: thomas.w.davies@plymouth.ac.uk

Folio Nº 2460

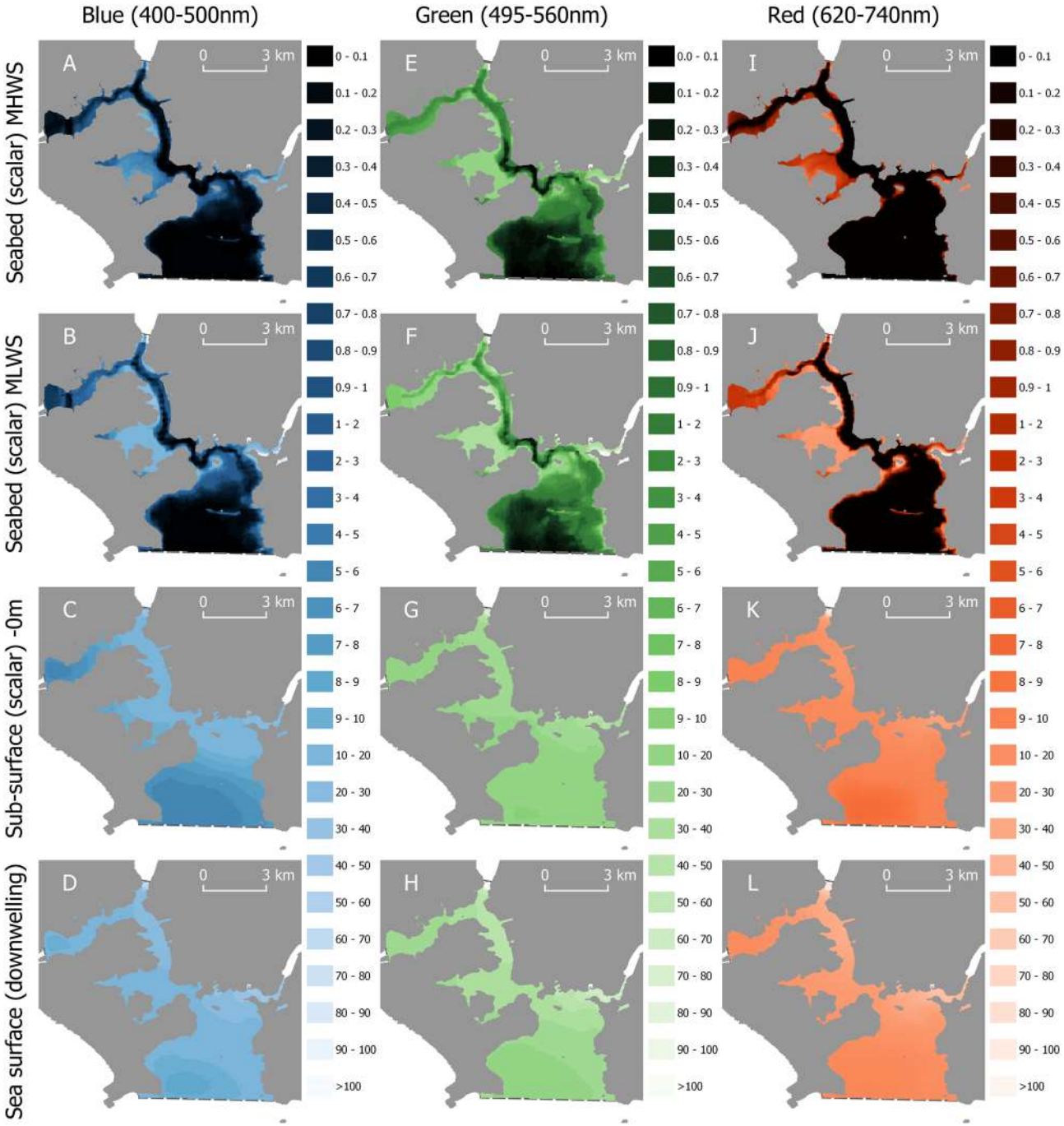



**Figure 1.** The spatial distribution of artificial light at night across Plymouth Sound and the Tamar Estuary, UK in cloudy conditions (5–8 Okta). Modelled scalar irradiances (μW $m^{-2}$) are given for Blue (400-500 nm, **A**–**D**), Green (495–560 nm, **E**–**H**), and Red (620-740 nm, **I**–**L**) light on the seabed during Mean High Water Spring (MHWS) tide (**A**,**E**,**I**), Mean Low Water Spring (MLWS) tide (**B**,**F**,**J**), and immediately beneath the water surface (**C**,**G**,**K**). Measured planar irradiances are given for light incident on the sea surface (**D**,**H**,**L**). The coordinate reference system is OSGB 1936/British National Grid. Land is given by solid grey regions, the survey extent by dashed grey lines. Maps created in QGIS v3.4 (https://qgis.org).

the sea surface [*Eo*(0−)], and scalar irradiance at the seabed as function of tide [*Eo(MHWS)*, *Eo(MLWS)*], depth, sea-surface irradiance, wavelength [blue (400–500 nm), green (495–560 nm), and red (620–740 nm)], and inherent optical sea water properties (Figs. 1, 2). Sea surface spectral irradiances of broadband artificial light were surveyed on four consecutive nights (03/06/2018 to 06/06/2018) during astronomical night when the moon was below the horizon. Cloud conditions (recorded at each station or every 10 min during transit) were variable (0–8 Okta), with observations classified as cloudy (5–8 Okta), or clear (0–3 Okta) for data processing and analysis.

Folio Nº 2461

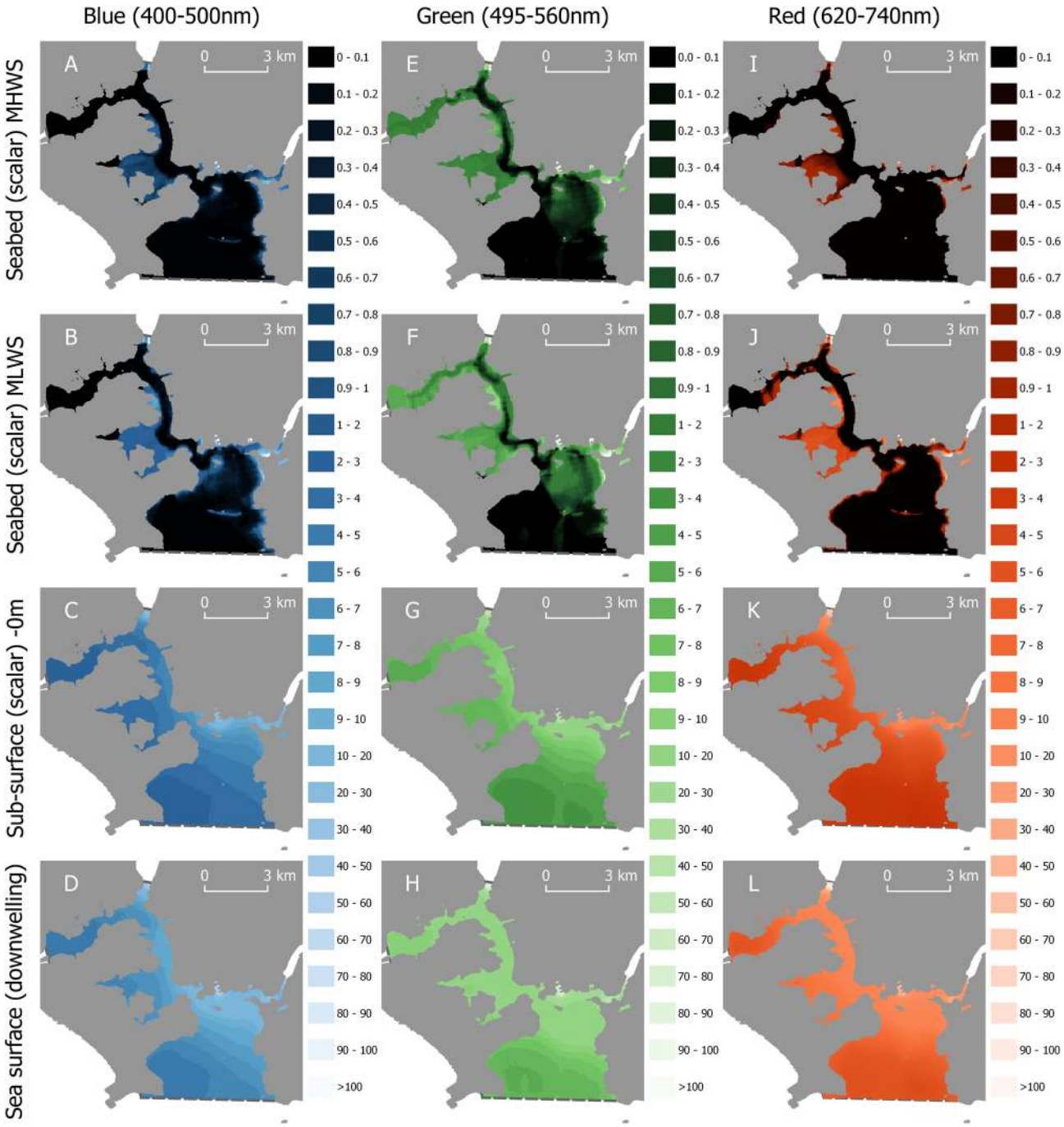



**Figure 2.** The spatial distribution of artificial light at night across Plymouth Sound and the Tamar Estuary, UK under clear conditions (0–3 Okta). Modelled scalar irradiances (μW $m^{-2}$) are given for Blue (400–500 nm, **A**–**D**), Green (495–560 nm, **E**–**H**), and Red (620-740 nm, **I**–**L**) light on the seabed during Mean High Water Spring (MHWS) tide (**A**,**E**,**I**), Mean Low Water Spring (MLWS) tide (**B**,**F**,**J**), and immediately beneath the water surface (**C**,**G**,**K**). Measured planar irradiances are given for light incident on the sea surface (**D**,**H**,**L**). The coordinate reference system is OSGB 1936/British National Grid. Land is given by solid grey regions, the survey extent by dashed grey lines. Maps created in QGIS v3.4 (https://qgis.org).

The sea surface of the whole of the lower reaches of the Tamar Estuary and Plymouth Sound (36 $km^2$) were exposed to blue, green, and red artificial light during both clear and cloudy conditions (Figs. 1D,H,L, 2D,H,L). Cloudy conditions amplified the sea surface irradiance of blue artificial light by a factor of two on average (mean = 2.12, min = 0.53, max = 4.46), green artificial light by a factor of three (mean = 2.64, min = 0.61, max = 3.83), and red artificial light by a factor of three (mean = 2.75, max = 4.74, min = 0.80) over the survey region. Green artificial light penetrated deepest in the water column compared to the blue and red bands during MHWS in both cloudy (Fig. 1E) and clear (Fig. 2E) conditions (Table 1). Exposure to green artificial light on

Folio Nº 2462

| Waveband (nm) | Parameter | Cloud cover (Okta) | Irradiance (μW m$^{-2}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mean | Min | Max |
| 400–500 (Blue) | *Eo(MHWS)* | 0–3 | 0.89 | < 0.1 | 250.6 |
| 495–560 (Green) | *Eo(MHWS)* | 0–3 | 2.6 | < 0.1 | 453 |
| 620–740 nm (Red) | *Eo(MHWS)* | 0–3 | 0.4 | < 0.1 | 269.8 |
| 400–500 (Blue) | *Eo(MLWS)* | 0–3 | 3.2 | < 0.1 | 606.4 |
| 495–560 (Green) | *Eo(MLWS)* | 0–3 | 6.2 | < 0.1 | 872 |
| 620-740 nm (Red) | *Eo(MLWS)* | 0–3 | 3.6 | < 0.1 | 903.5 |
| 400–500 (Blue) | *Eo(MHWS)* | 5–8 | 1.8 | < 0.1 | 122.6 |
| 495–560 (Green) | *Eo(MHWS)* | 5–8 | 5.8 | < 0.1 | 349 |
| 620–740 nm (Red) | *Eo(MHWS)* | 5–8 | 1.3 | < 0.1 | 177.7 |
| 400–500 (Blue) | *Eo(MLWS)* | 5–8 | 6.1 | < 0.1 | 608.8 |
| 495–560 (Green) | *Eo(MLWS)* | 5–8 | 13.6 | < 0.1 | 957 |
| 620-740 nm (Red) | *Eo(MLWS)* | 5–8 | 8.8 | < 0.1 | 1,124.9 |

**Table 1.** Exposure to blue, green and red artificial light at night on the seafloor of Plymouth Sound and the Tamar Estuary during clear (0–3 Okta) and cloudy (5–8 Okta) conditions. All values derived from radiative transfer models. *Eo* scalar irradiance, *MHWS* mean high water spring tide, *MLWS* mean low water spring tide.

the seafloor during MHWS under cloudy conditions (5–8 Okta) was three times greater than blue, and seven times greater than red artificial light; and under clear conditions (0–3 Okta) three times greater than blue, and five times greater than red (Table 1). Tidal retreat increased average seafloor exposure to blue, green, and red artificial light by a factor of three (mean = 3.4, min = 1, max = 6.4), two (mean = 2.2, min = 1, max = 3.6), and thirteen (mean = 12.9, min = 1, max = 40.0) respectively during both cloud conditions.

We quantified the area of seafloor in the survey region exposed to biologically important blue, green, and red light pollution during each tidal state (MHWS,MLWS), and cloud cover condition (cloudy, clear). To do so, we first defined threshold irradiances in each waveband that could be considered sufficient to stimulate biological responses. Since thresholds of biologically important ALAN are taxon specific and can only be based on the limited number of taxa for which sensitivities have been quantified, a definition of these is inevitably somewhat subjective. If a threshold cannot be representative of all taxa, then it should be precautionary, so that avoiding exceeding it, avoids the majority of impacts. Here, we define 'biologically important' artificial light in marine waters as irradiances equal to or greater than the minimum detectable blue (0.19 μW m$^{-2}$), green (0.75 μW m$^{-2}$), and red (150 μW m$^{-2}$) irradiances that elicit diel vertical migration in adult female *Calanus* copepods (such as *C. glacialis, C. finmarchicus*)[7]. *Calanus* copepods are globally widespread, known to be highly sensitive to light[7] and have been empirically demonstrated to react to sea surface artificial illumination at depths > 80m[1,11]. In addition, the threshold sensitivities of *Calanus* copepods have been quantified separately for blue, green, and red light[7]. Original values provided in Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD, μmol photons m$^{-2}$ s$^{-1}$) for wavelengths (λ) of 455 nm (blue), 525 nm (green) and 640 nm (red) were converted to irradiances (μW m$^{-2}$) using [λ x ($8.359 \times 10^{-6}$) x PPFD] × $10^6$ where λ is given in metres.

We calculated the three-dimensional seafloor area (as opposed to the two dimensional extent) within the survey region exposed to biologically important light pollution in each waveband using the raster surface area calculator in GRASS GIS (Figs. 3, 4). Biologically important green artificial light was most prevalent, with 76% and 46% of the sea floor in the survey region exposed during MLWS tide under cloudy and clear conditions respectively (Figs. 3C, 4C). This area was reduced during MHWS tide to 61% and 32% under cloudy and clear conditions respectively (Figs. 3G, 4G). Biologically important blue artificial light at night was also prevalent, with 70% and 43% of the sea floor in the survey region exposed during MLWS tide under cloudy and clear conditions respectively (Figs. 3B, 4B). This area was also reduced during MHWS tide to 49% and 23% under cloudy and clear conditions respectively (Figs. 3F, 4F). Biologically important red artificial light at night was least prevalent, with 0.4% of the sea floor in the survey region exposed during MLWS tide under both cloud conditions (Figs. 3D, 4D). This area was further reduced during MHWS tide to < 0.1% under both cloud conditions (Figs. 3H, 4H).

## Discussion

Exposure to artificial light at night in marine habitats has been documented in few locations (although see[13]), and the extent to which biologically important artificial light is prevalent on the seafloor has, to our knowledge, not been quantified anywhere in the world. Our results demonstrate that artificial light from coastal urban centres is widespread across the sea surface, sub surface and seafloor of adjacent marine habitats. The areas exposed are non-trivial. Up to 76% of the sea floor in the survey region was exposed to biologically important artificial light. Plymouth is one coastal city with a population of 240,000 people. Given that 75% of the world's megacities (populations > 10 million) are now located in coastal regions[15] and costal populations are projected to more than double by 2060[6], it is clear that biologically important light pollution on the seafloor is likely to be globally widespread and increasing in intensity and extent.

Manipulative experiments have already demonstrated that artificially illuminating marine organisms at night to intensities commonly encountered in the real world can alter the structure of marine ecosystems[16,17], and trophic interactions between marine organisms[18,19]. The physiology, survival, reproduction, and movement of

Folio Nº 2463

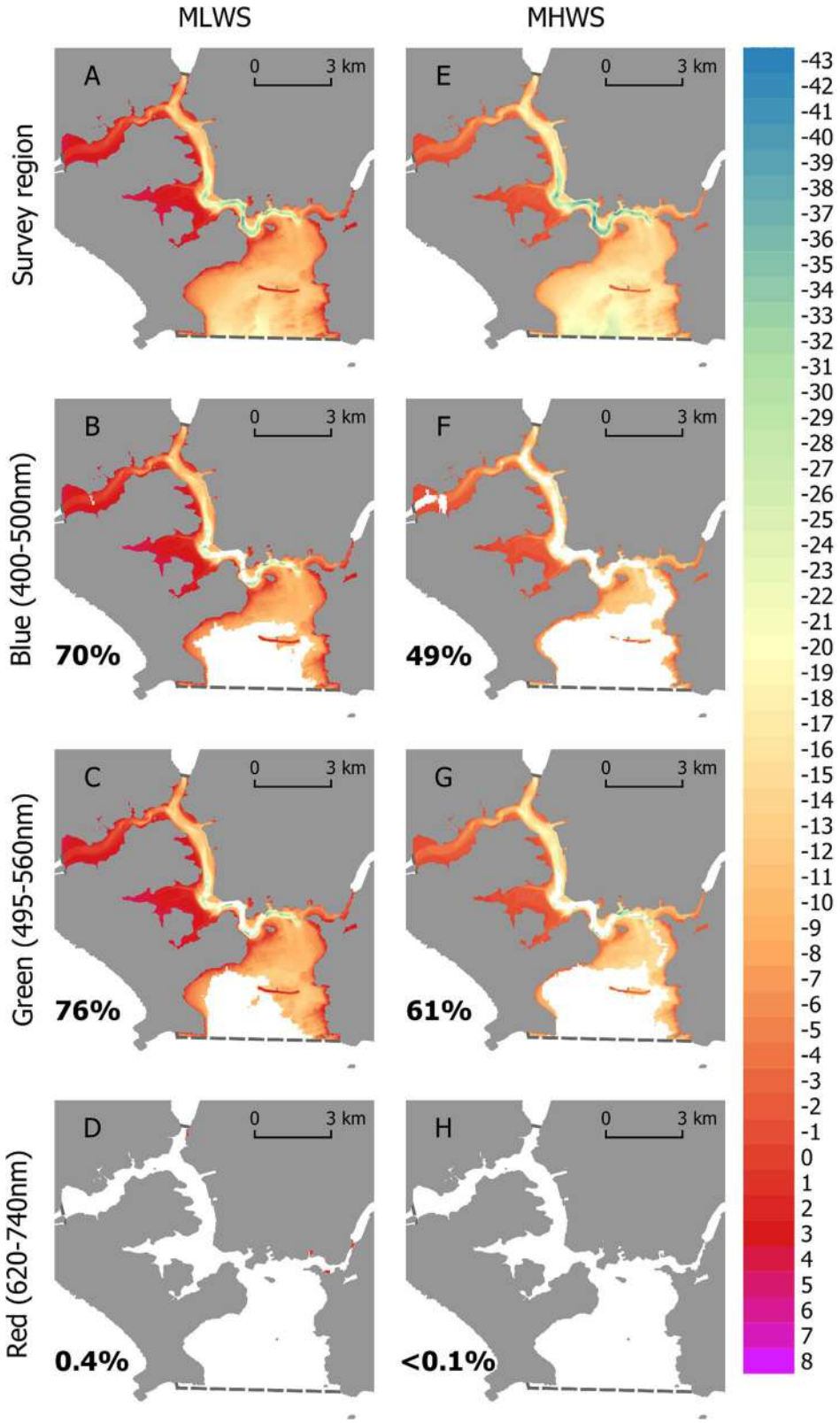



**Figure 3.** The three dimensional area of seafloor exposed to 'biologically important' blue (**B**,**F**), green (**C**,**G**) and red (**D**,**H**) artificial light at night at Mean Low Water Spring (MLWS) and Mean High Water Spring (MHWS) tide in Plymouth Sound and the Tamar Estuary under cloudy conditions. Legend indicates bathymetric depth (m) at the given datums. White space within the survey region (dashed line) indicates exposure at ALAN irradiances below the biological threshold. Numbers inset indicate the percentage of the 3D seafloor region (**A**,**E**) exposed. Maps created in QGIS v3.4 (https://qgis.org).

Folio Nº 2464

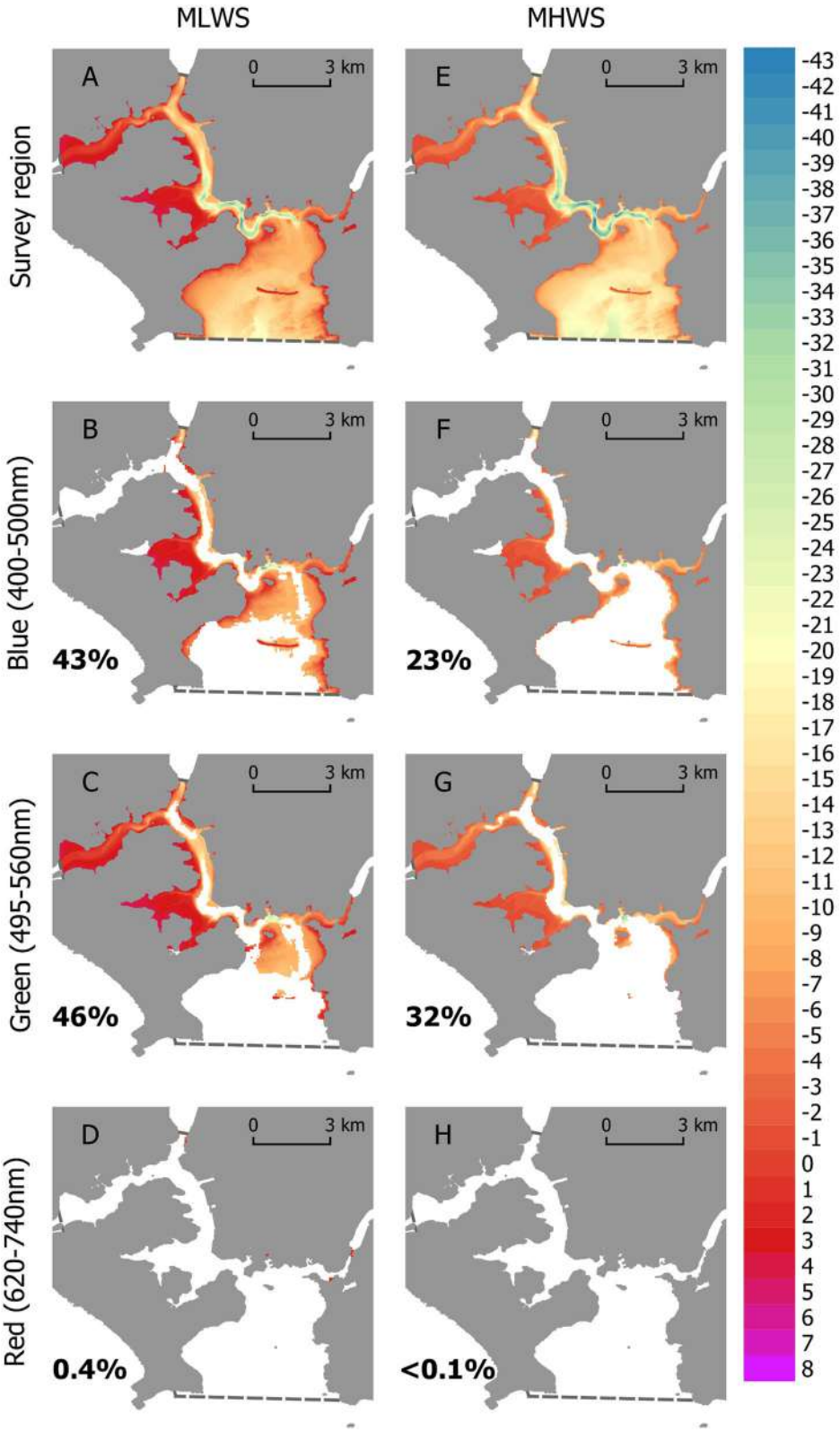



**Figure 4.** The three dimensional area of seafloor exposed to 'biologically important' blue (**B**,**F**), green (**C**,**G**) and red (**D**,**H**) artificial light at night at Mean Low Water Spring (MLWS) and Mean High Water Spring (MHWS) tide in Plymouth Sound and the Tamar Estuary under clear conditions. Legend indicates bathymetric depth (m) at the given datums. White space within the survey region (dashed line) indicates exposure at ALAN irradiances below the biological threshold. Numbers inset indicate the percentage of the 3D seafloor region (**A**,**E**) exposed. Maps created in QGIS v3.4 (https://qgis.org).

Folio Nº 2465

marine fish[20,21], turtles[22,23], birds[24], corals[3] and other invertebrates[2,25] are affected by night-time lighting. The documented effects are however, almost exclusively in response to illuminances that would be experienced in close proximity to bright light sources. Our results provide evidence that low sea surface artificial light irradiances caused by sky glow from cities can result in biologically important exposure levels in seafloor habitats. Cloud cover amplifies the propagation of sky glow, a known effect particularly in urban areas[26] which can disrupt migration undertaken in cloudy conditions in birds[27] and amphipod crustacean[28] and is more likely in temperature region/regions further away from the equator. Artificial sky glow extends the geographical influence of localised direct lighting to hundreds of kilometres[29], suggesting that impacts on marine organisms may be widespread, and urgently need quantifying.

Satellite images have proved valuable for quantifying the exposure of the sea surface and coastal regions to night-time lighting[5,30], however marine organism life histories play out in pelagic and benthic habitats that experience artificial light undetectable to satellite remote sensing technologies. Using a combination of sea surface mapping and radiative transfer modelling, we were able to produce high resolution (10 m) maps of artificial light on the seafloor that captured: (i) the effect of wavelength and locally important in situ optical water properties on the transmission of artificial light through seawater; (ii) spatially variable seabed bathymetry which affects the path length of artificial light to the seafloor; (iii) temporal variability in this path length due to local tidal conditions; (iv) the natural background irradiance due to stars and the Milky Way; and (v) the influence of cloud cover on the sea surface distribution of artificial light.

We are confident that our estimates are rigorously derived, and do not overestimate exposure to artificial light in the marine habitats of the survey region. They may however, underestimate artificial light exposure for the following reasons, and as such should be considered conservative. Firstly, low irradiances recorded at the furthest extents of the survey region pushed the limits of our radiometers' sensitivity. Consequently, we may have overestimated the natural background irradiances and in correcting for these, underestimated sea surface irradiances. Secondly, our seafloor irradiances account for the optical properties of a temperate estuarine water body during a snapshot in time, a September 2018 phytoplankton (*Noctiluca scintillans*) bloom. Water column concentrations of optically active constituents (chlorophyll, CDOM, particulates) are strongly seasonal, and even within seasons highly variable meteorological drivers such as precipitation, wind-speed, and temperature, can have a large bearing. The results presented here, although modelled using input measurements representative of those historically observed in this location[31], may be an underestimate for times of the year where the water column is clearer.

Recent years have seen growing interest in manipulating LED light spectra to avoid wavelengths that give rise to undesirable ecological impacts[32]. Other than a handful of notable examples[33], evidence of this strategy's mitigation potential is lacking in marine ecosystems. Our results present a compelling case for using red artificial light at night in coastal installations to reduce exposure in marine habitats. Red light attenuates faster in water and is less visible to marine animals. Given this, it is unsurprising that 0.4% of the seafloor was exposed to biologically important red artificial light, compared to up to 70% and 76% blue and green artificial light respectively. The persistence of these attenuation differences in geological time means that many marine animals have also evolved maximum sensitivity at shorter wavelengths of their visual spectrum compared to terrestrial[14]. While the ecological benefits of applying spectral manipulation in terrestrial ecosystems remain uncertain[11,32], its application in aquatic habitats seems likely to produce favourable results. Nonetheless, red and amber light spectra guide developmental, behavioural, and physiological processes in a number of marine organisms[34,35], and it seems unlikely that switching to long wavelength emitting light sources or retrofitting existing luminaires with band pass filters will avoid the ecological impacts of artificial light altogether. The feasibility of adopting such approaches is also likely to prove highly contentious in maritime industries and communities. Alternative strategies including switching lights off, dimming or shielding lights, and preserving naturally dark seascapes should be given equal consideration in the design of coastal lighting installations[11].

The rapid urbanisation of global coastlines is increasing the exposure of marine waters to artificial light, including those regions of our oceans most valued by society[36]. We conclude that artificial light pollution originating from a coastal city is sufficient to cause widespread exposure of adjacent seafloor habitats to biologically important light pollution. The transition of outdoor lighting to technologies rich in short wavelength light will exacerbate exposure levels on the seafloor. We suggest that LEDs and other broad spectrum light sources should be considered emerging threats to marine biodiversity that warrant urgent attention.

## Materials and methods

**Surveying ALAN.** GPS and time stamped irradiances were measured every 10 s from on board the R.V. Plymouth Explorer along a continuous transect linking 90 pre-allocated sampling stations (Supplementary Fig. S1) using a Spectrosense 2 + data logger fitted with a multispectral irradiance sensor (Skye Instruments Ltd). Each measurement was recorded from 1 m above the sea surface to avoid detecting upwardly emitted light from the port and starboard navigation lights which remained on to ensure the vessel was visible at night in close proximity to a busy military port.

The inherent optical properties (IOPs) of the water column (absorption and scattering of light by, for example algae, sediments and coloured dissolved organic matter) play a critical role in determining the propagation of artificial light in seawater. We accounted for them by quantifying the sub-surface in-water optical properties (IOPs) at 43 station locations using a pole mounted Wet Labs BBFL2 which measures backscatter ($b_b$) at 532 nm, chlorophyll fluorescence calibrated as chlorophyll concentration (mg $m^{-3}$) and fluorescence due to coloured dissolved organic matter (fCDOM). The instrument was held just below the surface for a period of 3 min, using a 1 Hz sampling rate, to enable a representative amount of data ($n > 180$) to be collected.

Folio Nº 2466

**Mapping sea surface irradiances.** All spatial data manipulation was carried out in QGIS version 3.4. Data processing was carried out separately for data collected under cloudy and clear conditions such that the influence of cloud on the extent and intensity of artificial light could be established. Continuous recordings of artificial light irradiances logged during transit at variable speeds resulted in highly uneven sample densities. To remove the leverage of densely sampled regions, data were first resampled across a 100 m resolution, 100 m diameter circular buffered grid overlaid across the survey region. The median blue, green, and red irradiance values falling within each buffered grid point were then extracted, and interpolated to 10 m resolution sea surface irradiance maps by kriging using an exponential semi-variogram model.

**Correcting for background sky brightness.** The resulting rasters were corrected for natural background irradiance using the intercept of the relationships between interpolated broadband blue, green, and red irradiances and predicted night sky brightness (mCd $m^{-2}$) from the New World Atlas of Night Sky Brightness[29,37] which were extracted for pre-allocated sampling stations for both x and y data (Supplementary Fig. S2). These relationships were quantified using quantile regression on the median to reduce the leverage of irradiances recorded under direct light sources including bridge and port lights (Supplementary Fig. S2). The night sky brightness data were supplied corrected for natural background lighting from the stars and Milky Way, hence the intercept of these relationships can be taken as irradiance in the absence of artificial light and was subtracted from the surface irradiance maps to correct for natural background light sources.

**Seafloor bathymetry.** A 10 m resolution Mean Sea Level (MSL) bathymetry map for the region was obtained from the Channel Coastal Observatory (www.channelcoast.org) datasets and converted to depth at Mean High Water Spring (MHWS) and Mean Low Water Spring (MLWS) tide using the local Vertical Offshore Reference Frames.

**Modelling ALAN propagation in seawater.** Sea surface broadband blue, green, and red irradiances under cloudy and clear conditions, and depths at MHWS and MLWS were extracted across a 50 m resolution point grid to define the input parameters of a hydrological optics model [HYROLIGHT[38]] of downwelling irradiance at the sea surface [$Ed(0)$], scalar irradiance just below the sea surface [$Eo(0-)$], and scalar irradiance at the seabed as a function of tide [*Eo(MHWS)*, *Eo(MLWS)*], depth, sea-surface irradiance, wavelength, and inherent optical sea water properties. For areas of seabed exposed during low tide (MLWS), the value of *Eo(MLWS)* was set to $Ed(0)$. The measured IOPs were interpolated onto the same 10 m resolution grid and extracted in the same way as for the sea surface irradiances, and used to model optical properties of the water column (Supplementary Fig. S2).

For $Ed(0)$, the broadband surface spectral irradiances were defined as blue (400–500 nm), green (495–560 nm), and red (620–740 nm). The sky radiance distribution was modelled as uniform for both cases of cloud cover conditions (i.e. $Ed(0)$ is totally diffused). For the in-water radiance distribution [$Eo(0-)$, *Eo(MHWS)*, *Eo(MLWS)*], four inherent optical property (IOP) components were included in the model, these being pure-water, chlorophyll, CDOM, and particulates. Spectral absorption and scatter for pure water was taken from[39] and used a pure water phase function[40] for the angular light distribution. Spectral absorption due to chlorophyll was modelled using chlorophyll concentration[41], and was assumed to be non-scattering. CDOM spectral absorption was determined using the CDOM fluorescence measurements together with the approach of[42] and assumed to be non-scattering. Spectral particulate backscattering was derived from the $b_b$ (532 nm) interpolated field measurements using a power law relationship[43] and the phase function of[44]. The resulting 10 m resolution map resulted in 22,231 discrete points with inputs of above surface irradiance (3 wavelengths) and in-water IOPs to be run at two cloud cover conditions. Each discrete point also had two extracted water column depths of the height of MHWS and MLWS, resulting in three depths the HYDROLIGHT model was run at: sub-surface (0.01 m), MHWS, and MLWS tide depth. The HYDROLIGHT model was run on a Linux workstation for a total of 133,386 cases (total run time 10 h), and values of the scalar irradiances in blue, green and red spectrum were extracted at these three depths for each of the discrete points.

Received: 26 February 2020; Accepted: 30 June 2020
Published online: 27 July 2020

## References

1. Ludvigsen, M. *et al.* Use of an autonomous surface vehicle reveals small-scale diel vertical migrations of zooplankton and susceptibility to light pollution under low solar irradiance. *Sci. Adv.* **4**, 1–9 (2018).
2. Duarte, C. *et al.* Artificial light pollution at night (ALAN) disrupts the distribution and circadian rhythm of a sandy beach isopod. *Environ. Pollut.* **248**, 565–573 (2019).
3. Ayalon, I., Barros Marangoni, L. F., Benichou, J. I. C., Avisar, D. & Levy, O. Red sea corals under artificial light pollution at night (ALAN) undergo oxidative stress and photosynthetic impairment. *Glob. Change Biol.* **25**, 4194–4207 (2019).
4. Berge, J. *et al.* Artificial light during the polar night disrupts Arctic fish and zooplankton behaviour down to 200 m depth. *Commun. Biol.* **3**, 102 (2020).
5. Davies, T. W., Duffy, J. P., Bennie, J. & Gaston, K. J. The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Front. Ecol. Environ.* **12**, 347–355 (2014).
6. Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J. & Nicholls, R. J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding—A global assessment. *PLoS ONE* **10**, e0118571 (2015).
7. Båtnes, A. S., Miljeteig, C., Berge, J., Greenacre, M. & Johnsen, G. Quantifying the light sensitivity of *Calanus* spp. during the polar night: potential for orchestrated migrations conducted by ambient light from the sun, moon, or aurora borealis?. *Polar Biol.* **38**, 51–65 (2015).

Folio Nº 2467


8. Last, K. S., Hobbs, L., Berge, J., Brierley, A. S. & Cottier, F. Moonlight drives ocean-scale mass vertical migration of zooplankton during the Arctic winter. *Curr. Biol.* **26**, 244–251 (2016).
9. Crisp, D. J. & Ritz, D. A. Responses of cirripede larvae to light. I. Experiments with white light. *Mar. Biol.* **23**, 327–335 (1973).
10. Naylor, E. Marine animal behaviour in relation to lunar phase. *Earth. Moon. Planets* **85–86**, 291–302 (1999).
11. Davies, T. W. & Smyth, T. Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Glob. Change Biol.* **24**, 872–882 (2018).
12. Bertoldi, G. *Status of LED-Lighting World Market in 2017* (European Commission, Brussels, 2018).
13. Tamir, R., Lerner, A., Haspel, C., Dubinsky, Z. & Iluz, D. The spectral and spatial distribution of light pollution in the waters of the northern Gulf of Aqaba (Eilat). *Sci. Rep.* **7**, 42329 (2017).
14. Marshall, J., Carleton, K. L. & Cronin, T. Colour vision in marine organisms. *Curr. Opin. Neurobiol.* **34**, 86–94 (2015).
15. Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R. & Baart, F. The state of the world' s beaches. *Sci. Rep.* **8**, 6641 (2018).
16. Davies, T. W., Coleman, M., Griffith, K. M. & Jenkins, S. R. Night-time lighting alters the composition of marine epifaunal communities. *Biol. Lett.* **11**, 20150080 (2015).
17. Garratt, M. J., Jenkins, S. R. & Davies, T. W. Mapping the consequences of artificial light at night for intertidal ecosystems. *Sci. Total Environ.* **691**, 760–768 (2019).
18. Bolton, D. *et al.* Coastal urban lighting has ecological consequences for multiple trophic levels under the sea. *Sci. Total Environ.* **576**, 1–9 (2017).
19. Underwood, C. N., Davies, T. W. & Queirós, A. M. Artificial light at night alters trophic interactions of intertidal invertebrates. *J. Anim. Ecol.* **86**, 781–789 (2017).
20. Becker, A., Whitfield, A. K., Cowley, P. D., Järnegren, J. & Næsje, T. F. Potential effects of artificial light associated with anthropogenic infrastructure on the abundance and foraging behaviour of estuary-associated fishes. *J. Appl. Ecol.* **50**, 43–50 (2013).
21. Szekeres, P. *et al.* Does coastal light pollution alter the nocturnal behavior and blood physiology of juvenile bonefish (*Albula vulpes*)?. *Bull. Mar. Sci.* **93**, 491–505 (2017).
22. Kamrowski, R. L., Limpus, C., Moloney, J. & Hamann, M. Coastal light pollution and marine turtles: Assessing the magnitude of the problem. *Endanger. Species Res.* **19**, 85–98 (2012).
23. Witherington, B. E. & Bjorndal, K. A. Influences of artificial lighting on the seaward orientation of hatchling loggerhead turtles *Caretta caretta*. *Biol. Conserv.* **55**, 139–149 (1991).
24. Dwyer, R. G., Bearhop, S., Campbell, H. A. & Bryant, D. M. Shedding light on light: benefits of anthropogenic illumination to a nocturnally foraging shorebird. *J. Anim. Ecol.* **82**, 478–485 (2013).
25. Manríquez, P. H. *et al.* Artificial light pollution influences behavioral and physiological traits in a keystone predator species, *Concholepas concholepas*. *Sci. Total Environ.* **661**, 543–552 (2019).
26. Kyba, C. C. M., Ruhtz, T., Fischer, J. & Hölker, F. Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. *PLoS ONE* **6**, e17307 (2011).
27. Rebke, M. *et al.* Attraction of nocturnally migrating birds to artificial light: The influence of colour, intensity and blinking mode under different cloud cover conditions. *Biol. Conserv.* **233**, 220–227 (2019).
28. Torres, D., Tidau, S., Jenkins, S. & Davies, T. W. Artificial skyglow disrupts celestial migration at night. *Curr Biol.* **30**, R696-R697 (2020).
29. Falchi, F. *et al.* The new world atlas of artificial night sky brightness. *Sci. Adv.* **2**, 1–26 (2016).
30. Aubrecht, C. *et al.* A global inventory of coral reef stressors based on satellite observed nighttime lights. *Geocarto Int.* **23**, 467–479 (2008).
31. Smyth, T. *et al.* A broad spatio-temporal view of the Western English Channel observatory. *J. Plankt. Res. Res.* **32**, 585–601 (2010).
32. Longcore, T. *et al.* Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *J. Exp. Zool. Part A Ecol. Integr. Physiol.* **329**, 511–521 (2018).
33. Rivas, M. L., Santidrián Tomillo, P., Diéguez Uribeondo, J. & Marco, A. Leatherback hatchling sea-finding in response to artificial lighting: Interaction between wavelength and moonlight. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **463**, 143–149 (2015).
34. Duanmu, D. *et al.* Marine algae and land plants share conserved phytochrome signaling systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **111**, 15827–15832 (2014).
35. Mason, B. M. & Cohen, J. H. Long-wavelength photosensitivity in coral planula larvae. *Biol. Bull.* **222**, 88–92 (2012).
36. Davies, T. W., Duffy, J. P., Bennie, J. & Gaston, K. J. Stemming the tide of light pollution encroaching into marine protected areas. *Conserv. Lett.* **9**, 164–171 (2016).
37. Falchi, F. *et al.* Supplement to: The new world atlas of artificial night sky brightness. *GFZ Data Serv.* https://doi.org/10.5880/GFZ.1.4.2016.001 (2016).
38. Mobley, C. D. *HYDROLIGHT 3.0 User's Guide*. (1995).
39. Smith, R. C. & Baker, K. S. Optical properties of the clearest natural waters (200–800 nm). *Appl. Opt.* **20**, 177–184 (1981).
40. Mobley, C. D. *Light and Water, Radiative Transfer in Natural Waters* (Academic Press, Cambridge, 1994).
41. Morel, A. & Maritorena, S. Bio-optical properties of oceanic waters: A reappraisal. *J. Geophys. Res. Ocean.* **106**, 7163–7180 (2001).
42. Kowalczuk, P., Zablocka, M., Sagan, S. & Kulinski, K. Fluorescence measured in situ as a proxy of CDOM absorption and DOC concentration in the Baltic Sea. *Oceanologia* **52**, 431–471 (2010).
43. Smyth, T. J., Moore, G. F., Hirata, T. & Aiken, J. Semianalytical model for the derivation of ocean color inherent optical properties: Description, implementation, and performance assessment: erratum. *Appl. Opt.* **46**, 429–430 (2007).
44. Petzold, T. J. *Volume scattering functions for selected natural waters* (Scripps Institution of Oceanography, San Diego, 1972).



## Acknowledgements

The research leading to this publication was funded by National Geographic (Grant Number CP-116R-17 awarded to T.D., T.S. and D.M.); and part funded by the European Regional Development Fund through the Welsh Government (Grant Number 80761-BU-134 awarded to T.D.), and the Natural Environment Research Council (Grant Numbers NE/S003533/1 awarded to T.D, T.S. and D.M). The authors would like to thank Fabio Falchi for making the entire floating point dataset from the 2015 World Atlas of Artificial Night Sky Brightness available to us upon request.


## Author contributions

T.D., T.S. and D.M. conceived the study and secured funding. TD designed the sampling protocol and led the survey. All authors contributed to data collection. T.D. and T.S. conducted data analyses. T.D. produced the display items and drafted the manuscript. All authors contributed to revisions.

## Competing interests

The authors declare no competing interests.

Folio Nº 2468

## Additional information

**Supplementary information** is available for this paper at https://doi.org/10.1038/s41598-020-69461-6.

**Correspondence** and requests for materials should be addressed to T.W.D.

**Reprints and permissions information** is available at www.nature.com/reprints.

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

© The Author(s) 2020

Folio Nº 2469
ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/339213788

# A Global Perspective on Firefly Extinction Threats

**Article** *in* BioScience · February 2020

DOI: 10.1093/biosci/biz157

CITATION
1

READS
290

**6 authors**, including:

Sara M Lewis
Tufts University
**112** PUBLICATIONS **4,401** CITATIONS

SEE PROFILE

Avalon Celeste Stevahn Owens
Tufts University
**10** PUBLICATIONS **54** CITATIONS

SEE PROFILE

Candace E. Fallon
The Xerces Society for Invertebrate Conservation
**7** PUBLICATIONS **20** CITATIONS

SEE PROFILE

Sarina Jepsen
The Xerces Society for Invertebrate Conservation
**36** PUBLICATIONS **289** CITATIONS

SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**

Bethany Beach Firefly Endangered Species Act Petition View project

Bioluminescent signaling by fireflies (previous postdoctoral work) View project

All content following this page was uploaded by Sara M Lewis on 12 February 2020.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# A Global Perspective on Firefly Extinction Threats

SARA M. LEWIS, CHOONG HAY WONG, AVALON C.S. OWENS, CANDACE FALLON, SARINA JEPSEN, ANCHANA THANCHAROEN, CHIAHSIUNG WU, RAPHAEL DE COCK, MARTIN NOVÁK, TANIA LÓPEZ-PALAFOX, VERONICA KHOO, AND J. MICHAEL REED

*Insect declines and their drivers have attracted considerable recent attention. Fireflies and glowworms are iconic insects whose conspicuous bioluminescent courtship displays carry unique cultural significance, giving them economic value as ecotourist attractions. Despite evidence of declines, a comprehensive review of the conservation status and threats facing the approximately 2000 firefly species worldwide is lacking. We conducted a survey of experts from diverse geographic regions to identify the most prominent perceived threats to firefly population and species persistence. Habitat loss, light pollution, and pesticide use were regarded as the most serious threats, although rankings differed substantially across regions. Our survey results accompany a comprehensive review of current evidence concerning the impact of these stressors on firefly populations. We also discuss risk factors likely to increase the vulnerability of certain species to particular threats. Finally, we highlight the need to establish monitoring programs to track long-term population trends for at-risk firefly taxa.*

*Keywords: Coleoptera, extinction risk, insect conservation, IUCN, Lampyridae*

**Since their evolutionary origin some 297 million** years ago (Zhang et al. 2018), beetles have been highly successful; they represent 38% of known insect species (Stork 2018). Fireflies (Coleoptera: Lampyridae) rank among the most charismatic beetles, with distinctive bioluminescent courtship displays that make them a potential flagship group for insect conservation. With more than 2000 species worldwide, firefly beetles exhibit surprisingly diverse life history traits (figure 1; Ohba 2004, Lloyd 2008, Lewis 2016), including nonluminous adults with daytime activity periods, glowworm fireflies with flightless females, and lightning bugs that exchange species-specific flash signals. Fireflies also inhabit ecologically diverse habitats, including wetlands (e.g., mangroves, rice paddies, marshes, desert seeps), grasslands, forests, agricultural fields, and urban parks. Their predaceous larvae, which can be aquatic, semiaquatic, or terrestrial, spend months to years feeding on snails, earthworms, and other soft-bodied prey. In contrast, firefly adults are typically short lived and do not feed. Some taxa are habitat and dietary specialists, whereas others are ecological generalists (Reed et al. 2020). Fireflies are economically important in many countries, because they represent a growing ecotourist attraction (Napompeth 2009, Lewis 2016). However, as is true for many invertebrates (Cardoso et al. 2011), fireflies have been largely neglected in global conservation efforts.

Monitoring studies that provide quantitative data on population trends are lacking for almost all firefly species. However, surveys have revealed significant recent declines in the mangrove firefly *Pteroptyx tener* in Malaysia (Jusoh and Hashim 2012, Khoo et al. 2014) and in the glowworm *Lampyris noctiluca* in England (Gardiner 2011, Atkins et al. 2017). Anecdotal reports and expert opinion also suggest reductions in both the occurrence and abundance of many firefly species over recent decades (Lewis 2016, Faust 2017, Lloyd 2018). In 2010, an international group of firefly experts convened in Malaysia and wrote *The Selangor Declaration on the Conservation of Fireflies* (Fireflyers International Network 2012), recommending actions to preserve these iconic insects. In 2018, the IUCN (International Union for Conservation of Nature) Firefly Specialist Group was established to assess the conservation status and extinction risks to fireflies worldwide. As part of this effort, in the present article we discuss perceived threats to firefly biodiversity and persistence on the basis of an opinion survey of experts from different geographic regions. We also review the current evidence for the impact of such threats on firefly populations. Finally, for each threat, we discuss associated risk factors (*sensu* Reed et al. 2020)—that is, behaviors and life history traits that make certain species especially vulnerable to particular threats.

## A global survey of firefly experts

In January 2019, we sent a short Qualtrics survey (see box 1) by email to 350 people on the distribution list of the Fireflyers

*BioScience* XX: 1–11. © The Author(s) 2020. Published by Oxford University Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences. All rights reserved. For Permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com.
doi:10.1093/biosci/biz157

***Figure 1. Firefly beetles (Coleoptera: Lampyridae) show great diversity in their ecology, behavior and extinction risk factors. (a)*** **Photinus pyralis** ***adults of both sexes are capable of flight, but populations across the eastern United States still show restricted gene flow (photograph: Terry Priest). (b) Dispersal is even more limited in the glowworm fireflies such as*** **Lampyris noctiluca***, whose females (right) are flightless (photograph: Zdeněk Chalupa). (c) All firefly larvae are predatory, and many are dietary specialists;* **L. noctiluca** ***shown attacking*** **Helix aspersa** ***(photograph: Heinz Albers). (d) Massive courtship aggregations and synchronous flashing inspire ecotourism, which can lead to habitat degradation (*****Pteroptyx malaccae*** ***in Thailand, photograph: Radim Schreiber).***

International Network, a scientific organization composed of individuals with interests and expertise in firefly ecology, behavior, taxonomy, or conservation. These survey results should be interpreted with caution, because they reflect only expert opinion concerning perceived threats to firefly species persistence.

We grouped the respondents into eight geographic regions: North America (United States, Canada), Central America and Mexico, Europe, South Asia (India, Sri Lanka), East Asia (Taiwan, Hong Kong, China, Japan), and Southeast Asia (Thailand, Malaysia). We had only single respondents each from Australia and South America and none from Africa. Using only those respondents who provided scores for all threats ($n$ = 49), we present survey results as global threat scores averaged across the eight regions and the average threat scores by region. Comments by the respondents about specific threats are summarized below (see the supplemental material for detailed respondent comments). We also conducted a literature search for existing evidence concerning how these perceived threats influence firefly survival, reproduction, or population persistence. This information, in addition to comments by respondents about specific threats, is summarized below (see the supplemental material for detailed respondent comments).

## The survey results

Habitat loss, artificial light, and pesticide use were identified as the three most serious threats when scores were averaged across the eight regions (table 1, figure 2). More than half of the 49 respondents assigned the

**Box 1. The four survey questions.**

Q1. What **country (or biogeographic region)** does your main firefly expertise cover?

Q2. In your country or region, how important is each of the following as a **current threat** to firefly populations? (Threats were presented in randomized order, and a 0–5 scale with a scoring resolution of 0.5 allowed for each threat.)

- Habitat loss
- Light pollution
- Pesticide use
- Overcollecting
- Water pollution
- Invasive species
- Climate change, sea level rise
- Climate change, drought
- Climate change, higher temperatures
- Climate change, storms and flooding

Q3. Are there **other current or future threats** to firefly populations in your country or region that we have **not** listed here? If so, please describe.

Q4. Thinking about the **two most important current threats,** can you describe how they affect a particular species or group of fireflies?

highest possible threat score (5) to habitat loss, whereas nearly one-third did so for light pollution, and one-fifth did so for pesticide use. However, their threat scores differed considerably across geographic regions (table 2, figure 2), with additional threats such as water pollution and tourism ranked as important concerns in some regions. Below, we provide details of the survey results, review the current evidence concerning the impact of each perceived threat, and propose risk factors that may interact with certain threats to increase the risk of population declines, local extirpation, or global extinction for particular firefly species.

## Habitat loss and fragmentation

Habitat loss was perceived as the most serious threat to fireflies globally (table 1), as well as within nearly all regions (table 2). Habitat loss and fragmentation are predicted to be particularly problematic for habitat specialists (Reed et al. 2020). Genome-wide SNP (single nucleotide polymorphism) analysis of *Photinus pyralis*, a species widespread and abundant across the eastern United States, among populations, with Fst (fixation index) values averaging 0.38 (Lower et al. 2018). If this result is applicable to other firefly species, this degree of genetic isolation implies that extirpated populations are unlikely to be rescued by migration. Dispersal distances are even more limited in species with flightless females; this includes the glowworms *Lampyris noctiluca* (Atkins et al. 2017) and *Phosphaneus hemipterus;* in the latter, both sexes are flightless (De Cock 2009). Dispersal through larval movement may also be low: The estimated dispersal distance for the terrestrial larvae of *Luciola parvula* is only several meters during the entire larval period (Kakehashi et al. 2014). However, dispersal distances may be higher for species with aquatic larvae, because these might be transported along rivers and irrigation channels, as was reported for other aquatic macroinvertebrates (e.g., Perry and Perry 1986). In Thailand, eggs and larvae of the aquatic firefly *Sclerotia aquatilis* are often attached to duckweed and so may get transported along with this aquatic vegetation. If females or terrestrial larvae get transported by floods and survive in sufficient numbers, they may be able to colonize new patches of suitable habitat.

In Europe, firefly habitat has been lost through urbanization, industrialization, and agricultural intensification (De Cock 2009). Agricultural intensification—which entails habitat loss and fragmentation in addition to increased use of pesticides, herbicides, and fertilizer—has been identified as a major driver for declining populations of many insects (Wagner 2018, 2020). Throughout the United Kingdom, grassland habitats frequented by the glowworm *Lampyris noctiluca* have been lost to both agricultural intensification and woodland succession following the abandonment of pastureland (Gardiner 2011). Long-term surveys of *L. noctiluca* at several sites in southern and central England have documented significant population declines, possibly because of changes in land use (e.g., road construction, ditch filling, timber stockpiling), as well as drought (Gardiner 2011, Atkins et al. 2017). In Italy, one survey respondent considered agricultural intensification responsible for declining numbers of *Luciola italica*, *Luciola lusitanica*, and *Lampyris* fireflies on the Padana plain and the northern Appenines.

In contrast, another respondent in Mediterranean Spain expressed concern about the abandonment of small orchards and irrigated agricultural plots in which *Nyctophila reichii*, *Lampyris iberica*, and *Lamprohiza paulinoi* often occur. Once abandoned, these cultivated areas become more xeric and less suitable for snails, which constitute the main prey for certain fireflies.

*Table 1. Scores averaged across regions (n = 8, equally weighted), and the percentage of all respondents who assigned each threat to fireflies either the highest (5) or the lowest (0) possible score.*

| | | | | | Climate change | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Habitat loss | Light pollution | Pesticide use | Water pollution | Drought | Higher temperatures | Sea level rise | Storms and flooding | Invasive species | Tourism | Overharvest |
| Global mean | 4.28 | 3.62 | 3.29 | 1.84 | 1.98 | 1.98 | 1.78 | 1.78 | 1.22 | 1.49 | 0.91 |
| Percentage scored 5 | 55.1 | 30.6 | 20.4 | 2.0 | 10.2 | 8.2 | 4.1 | 12.2 | 2.0 | 4.1 | 0 |
| Percentage scored 0 | 2.0 | 2.0 | 8.2 | 26.5 | 24.5 | 26.5 | 28.6 | 22.4 | 32.7 | 22.4 | 32.7 |

*Note:* The threats to fireflies were scored on a scale from 0 to 5 by 49 respondents surveyed in January–February 2019.

In Japan, an iconic traditional landscape known as *satoyama* is disappearing in the face of development and rural out-migration (Kobori and Primack 2003). Composed of farming villages with streams, ponds, rice paddies, and cultivated fields surrounded by forest, this managed habitat once supported considerable biodiversity in the Japanese countryside, including fireflies (Oba et al. 2011).

In Malaysia, breeding congregations of *Pteroptyx tener* fireflies declined following conversion of riverbank mangroves to agriculture, aquaculture, and urbanization (Jusoh and Hashim 2012, Khoo et al. 2014). Throughout Southeast Asia, large areas of riverbank mangroves have been cleared for oil palm plantations, shrimp farms, or flood mitigation, making these sections unsuitable for the growth and development of *Pteroptyx* firefly larvae and their snail prey (Wong 2009, Nada et al. 2009, Thancharoen 2012, Wong and Yeap 2012, Jusoh and Hashim 2012, Jusoh et al. 2010, Khoo et al. 2012, 2014). In addition, *Pteroptyx* adults gather for nightly courtship displays in specific, prominent trees located along mangrove rivers, and many of these display trees have been removed (e.g., figure 3a).

The Atlantic rainforest of Brazil hosts high firefly biodiversity (Viviani 2001, Viviani and Santos 2012, Silveira and Mermudes 2013, 2014), but this is among the most threatened and fragmented rainforests worldwide (Hoorn et al. 2010). In Tlaxcala, Mexico, populations of *Macrolampis palaciosi* (another species with flightless adult females) are restricted to forest remnants fragmented by extensive logging (Vance and Kuri 2017). In eastern North America, the loss of firefly habitat occurs mainly through urbanization and commercial and residential development (e.g., figure 3b).

Globally, increasing human populations along coastlines have caused extensive habitat loss and fragmentation (Polidoro et al. 2010), threatening both mangrove fireflies and other species inhabiting coastal marshes. One such coastal habitat specialist in Delaware is *Photuris bethaniensis*, which is found in freshwater swales between oceanside dunes (Heckscher 2010); its wetland habitat faces imminent threat from extensive residential development (Kitt Heckscher, Delaware State University, Dover, Delaware, personal communication, 2018). In Florida, *Micronaspis floridana* inhabits intact coastal mangroves and salt marshes; this species' distribution is now quite restricted (Faust 2017). In the western United States and Texas, several fireflies are restricted to habitats adjoining permanent water sources, including rivers, streams, lakes, ponds, springs, and irrigated fields. Groundwater pumping to meet urban and agricultural water demands has substantially reduced surface water flow and lowered groundwater tables (Larry Buschman, Kansas State University, Lawrence, Kansas, personal communication, 2019), and increased drought due to climate change is likely to further diminish suitable firefly habitat in these areas.

## Artificial light at night

Globally, artificial light at night (ALAN) was rated as the second most serious threat to fireflies (table 1). ALAN includes both direct lighting that affects a localized area (e.g., gas flares at petrochemical plants, streetlights, sports arenas, commercial signage, security lights, billboards) and skyglow, a more diffuse illumination that can exceed full-moon levels and can spread light far beyond urban centers. By conservative estimates, more than 23% of the global land surface now experiences some degree of artificial night sky brightness (Falchi et al. 2016). Light pollution was perceived as the top threat to fireflies in East Asia and South America and the second or third most serious threat in most other regions (table 2). ALAN is expected to be particularly problematic for nocturnally active firefly taxa, because these adults rely on bioluminescent courtship signals to locate mates (Lloyd 2008, Lewis 2009).

Observational and experimental studies provide evidence that ALAN adversely affects firefly populations (for a review, see Owens and Lewis 2018; also Mbugua et al. 2020). Several studies have shown negative correlations between high levels of ALAN and firefly abundance. For example, surveys showed that populations of *Luciola italica* were absent from the more brightly lit parts of the city of Turin, Italy (Picchi et al. 2013). Similarly, several different firefly species in São Paulo, Brazil, were restricted to areas with low levels of ALAN (Hagen and Viviani 2009, Viviani et al. 2010). Because ALAN is so tightly correlated with urbanization;

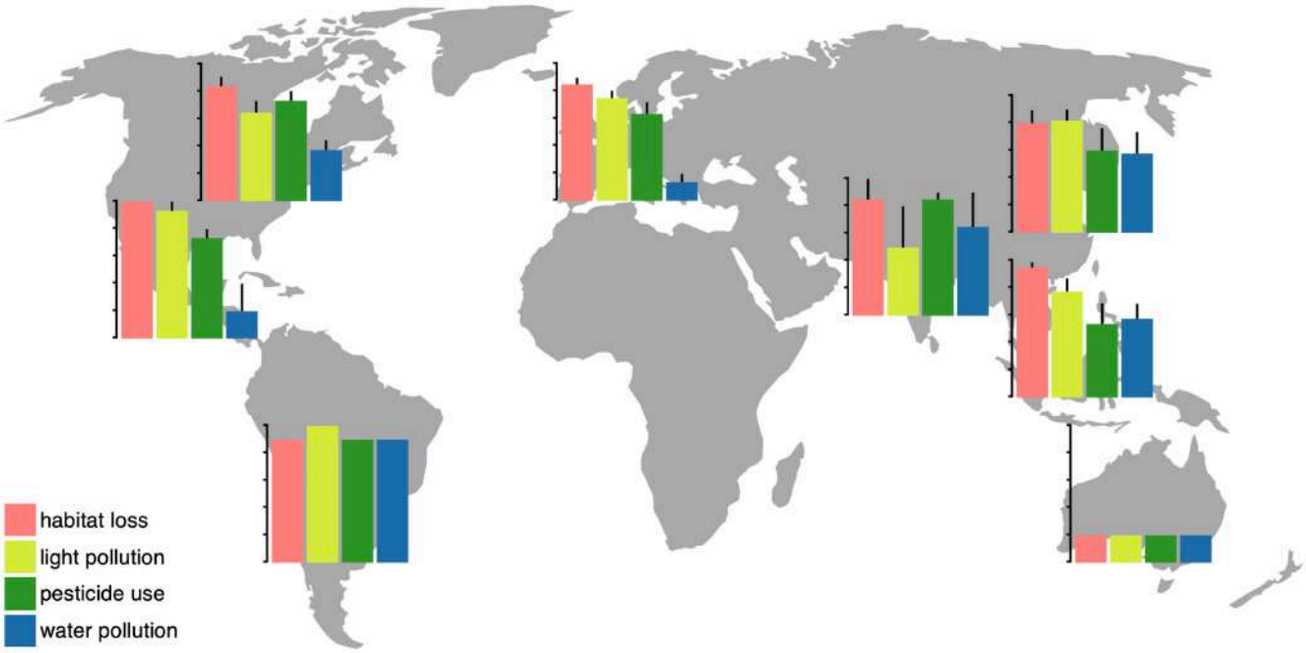



***Figure 2. Geographic variation in scores for the four most serious threats to fireflies (bars show mean + one standard error, 0–5 scale) as reported by 49 respondents surveyed in January–February 2019. See table 2 for geographic regions, sample sizes, and scores for additional threats.***

however, these observational studies make it difficult to isolate the primary cause of reduced firefly populations. In this context, local knowledge can be useful; one survey respondent cited increased light pollution around small and medium-size villages as responsible for declines in Spanish glowworms.

Owens and Lewis (2018) reviewed experimental studies demonstrating that artificial light interferes with the production and reception of firefly courtship signals. Females of the glowworm *Lampyris noctiluca* produce long-lasting glows to attract flying males, and several field studies show that various types of ALAN decrease male attraction (Ineichen and Rüttimann 2012, Bird and Parker 2014, Bek 2015). Many lightning bug fireflies engage in flash dialogs in which females give flash responses to male courtship signals (Lloyd 2008). ALAN has been shown to reduce courtship flashing by three lightning bug taxa: *Pteroptyx maipo* (Yiu 2012), *Photuris* (Firebaugh and Haynes 2016), and male *Photinus* (Hagen et al. 2015, Costin and Boulton 2016). Furthermore, *Photinus pyralis* females exposed to ALAN responded less often to male courtship signals (Firebaugh and Haynes 2016) and showed a nonsignificant reduction in mating success (Firebaugh and Haynes 2018). Therefore, several lines of evidence indicate that ALAN interferes with firefly reproductive behavior and may heighten extinction risk.

## Pesticide use

Globally, pesticides were rated as the third most serious threat to fireflies (table 1), with some variation among geographic regions (table 2). Common agricultural insecticides include various organochlorines, organophosphates and, more recently, neonicotinoids (Simon-Delso et al. 2015). Although only a few studies have investigated their direct effects on fireflies (see below), such broad-spectrum insecticides are known to adversely affect numerous nontarget insects and other taxa (reviewed by Sanchez-Bayo 2011, Pisa et al. 2015). Mechanisms of insecticide exposure include aerial spraying, contact with insecticide-containing soil or water, or ingestion of contaminated prey. For fireflies, high insecticide concentrations in water and soil may be particularly harmful, because the larval stage lives and develops for months to years either underwater (e.g., aquatic fireflies such as *Aquatica* and *Sclerotia*), among the roots of riparian mangroves and in vegetation behind adult display trees (*Pteroptyx* fireflies), or in soil (e.g., terrestrial fireflies such as *Lampyris*, *Photinus,* and *Photuris*). Other firefly life stages may also be exposed, because eggs are laid in soil, moss, or rotting wood, and pupae develop underground or on tree trunks. Adults may also be exposed to insecticide residues when resting on treated soil or foliage.

To date, the effects of direct exposure to pesticides on fireflies has been tested in only two published laboratory studies. Tabaru and colleagues (1970) reported that organophosphate insecticides (fenitrothion, fenthion, and difenphos) had low toxicity to Japanese *Luciola cruciata* larvae and their snail prey when tested as 5%–10% wettable powders, although fenthion 5% emulsifiable concentrate was toxic to both *L. cruciata* larvae and snails. In another

*Table 2. Average scores and number of respondents grouped by geographic region.*

| Region | *n* | Habitat loss | Light pollution | Pesticide use | Water pollution | Climate change: Drought | Climate change: Higher temperatures | Climate change: Sea level rise | Climate change: Storms and flooding | Invasive species | Tourism | Overharvest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| North America | 15 | 4.00 | 3.23 | 3.67 | 1.87 | 2.73 | 2.20 | 1.50 | 2.77 | 1.93 | 1.27 | 1.10 |
| Central America | 3 | 5.00 | 4.67 | 3.67 | 1.00 | 1.00 | 2.67 | 0.17 | 1.17 | 1.00 | 1.83 | 1.00 |
| South America | 1 | 4.50 | 5.00 | 4.50 | 4.50 | 3.00 | 4.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 1.00 |
| United Kingdom and Europe | 14 | 4.25 | 3.75 | 3.18 | 0.68 | 1.67 | 1.50 | 0.75 | 0.75 | 0.79 | 0.46 | 0.39 |
| East Asia | 5 | 4.00 | 4.10 | 3.00 | 2.90 | 1.70 | 1.70 | 1.40 | 1.80 | 1.40 | 2.80 | 1.90 |
| Southeast Asia | 8 | 4.75 | 3.88 | 2.69 | 2.88 | 1.69 | 0.88 | 1.63 | 1.94 | 1.25 | 2.75 | 0.69 |
| South Asia | 2 | 4.25 | 2.50 | 4.25 | 3.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.50 | 1.50 | 2.00 | 0.75 |
| Australia | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

*Note:* The threats to fireflies were scored on a scale from 0 to 5 by 49 respondents surveyed in January–February 2019.

study, conducted with Korean *Aquatica* (formerly *Luciola*) *lateralis*, ten insecticides were tested at their manufacturer recommended concentrations, and mortality increased to 80%–100% for both larvae and adults exposed to nine compounds, whereas egg hatchability dropped to 0%–33% for eight compounds (Lee et al. 2008). Tebufenozide caused 33% and 73% mortality of larvae and adults, respectively, but did not reduce egg hatchability; fipronil caused 83% larval and 100% adult mortality and reduced egg hatchability to 67%.

In Southeast Asia, agricultural runoff from oil palm plantations and shrimp farms poses hazards to fireflies that are aquatic or semiaquatic during their larval stage. A 2002–2003 study in the Selangor River in Malaysia found levels of several pesticides that sometimes exceeded acceptable limits for freshwater organisms (Leong et al. 2007). In Japan, industrial pollution and pesticide contamination of rivers has been implicated in the declining populations of *Luciola cruciata* and *Aquatica lateralis* that occurred during the second half of the twentieth century (Yuma 1993, Ohba 2004).

Although the European Union banned outdoor use of neonicotinoids in April 2018, in other regions, including the United States, these compounds continue to be widely used in both agricultural and residential settings (Bonmatin et al. 2015). In the United States, nearly all corn and soybean seeds are routinely coated with neonicotinoid insecticides (Douglas and Tooker 2015), which are persistent in most soils. In a field test conducted over a single growing season, corn plots planted with clothianidin-treated seed showed a 70.4% reduction in adult firefly abundance compared to control plots (Disque et al. 2018), most likely because of higher mortality of larvae in soil (Galen Dively, University of Maryland, College Park, Maryland, personal communication, 2019). Imidacloprid is a commonly used neonicotinoid marketed to homeowners for killing white grubs (larvae of Scarabaeidae beetles); in a 3-year study, the application of this pesticide as a lawn treatment greatly reduced the abundance of nontarget insects, including a 2.4-fold reduction in all other beetles (Peck 2009).

Insecticides such as pyrethroids are widely used for adult mosquito control but may also affect nontarget insects (Davis et al. 2007). Fireflies may be particularly at risk, because spraying is generally done at dusk, when mosquitoes and fireflies are both active. In field bioassays conducted with the beneficial lady beetle *Harmonia convergens*, ultra-low-volume application of permethrin caused high mortality for beetles contacted by the spray (Peterson et al. 2016).

Pesticides can also affect fireflies indirectly by reducing the availability or increasing toxicity of their larval prey, which include snails and earthworms. Imidacloprid and other neonicotinoids have been shown to be highly toxic to earthworms (for a review, see Sanchez-Bayo 2011, Pisa et al. 2015), which constitute the main prey for larval *Photinus* fireflies in North America (Lewis 2016). Earthworms and other prey can also bioaccumulate neonicotinoids (Douglas and Tooker 2015, Chevillot et al. 2017), representing an additional route for larval firefly exposure. Finally, lethal nontarget effects on firefly larvae have been observed for various biological control agents, including the fungi *Metarhizium* and *Beauvaria bassiana* and *Steinernema* sp. nematodes (Faust 2017; see the supplemental material).

## Additional threats

In our survey, the remaining threats received lower average scores as they were given threat scores of 0 (meaning no threat) by 22%–33% of the respondents (table 1). However, the respondents in particular regions did highlight several other perceived threats to fireflies:

***Figure 3. Among the top threats to fireflies globally are habitat loss and artificial light at night. (a) In Malaysia, clearing of riverbank mangroves along the Selangor River for agriculture and aquaculture destroys display trees used by Pteroptyx adults for courtship, and disturbs larval habitat (photograph: Laurence Kirton). (b) In Delaware, residential development threatens declining populations of* Photuris bethaniensis *that are restricted to interdunal freshwater swales. (c) Global map of ALAN based on 2006 satellite data, colors indicate ratio of artificial to natural sky brightness: yellow represents 1–3 times brighter, orange represents 3–9 times brighter, red represents 9–27 times brighter. Map by David Lorenz, https://djlorenz.github.io/astronomy/lp2006.***

**Water pollution.** Across Asia and in South America, the respondents identified agricultural and industrial runoff containing fertilizers, pesticides, and other water-borne pollutants as the third or fourth most serious threat (table 2). In contrast to the mainly terrestrial larvae of Nearctic fireflies, numerous Asian fireflies have aquatic larvae that inhabit freshwater ponds, rivers, and streams, where they feed and develop through several larval instars (Lloyd 2008). This stage typically lasts for several months, during which both larvae and their snail prey will be exposed to water-borne pollutants.

**Tourism.** Firefly tourism has long been popular in Japan, Malaysia, and Taiwan, and similar recreational activity has recently been proliferating within other countries, including Thailand (Thancharoen 2012), the United States (Faust 2009, 2017), and Mexico (Vance and Kuri 2017). Collectively, firefly tourism attracts more than 200,000 visitors per year (Lewis 2016) and carries considerable economic benefits. However, if such tourism is not responsibly managed, it can threaten local firefly populations by disturbing larval and adult habitats and interfering with adult reproduction. Although many different fireflies produce attractive

bioluminescence, most at risk are those that spontaneously synchronize; these species, such as *Photinus carolinus* in the United States, produce stunning displays in which hundreds of males flash rhythmically in unison. Throughout Southeast Asia, synchronous fireflies in the genus *Pteropytx* are a major tourist attraction because they congregate in large numbers in mangrove forests along tidal rivers (Wong and Yeap 2012). ALAN from commercial tour operations, flashlights, and even camera flashes (Thancharoen and Masoh 2019) can interfere with *Pteropytx* courtship behavior. In Thailand, *Pteropytx* tourism has generated high-speed motorboat traffic along mangrove rivers, resulting in riverbank erosion that topples display trees and destroys larval habitat. Other tourist-attracting fireflies have flightless females that may inadvertently get trampled by tourists as they signal from the ground or low vegetation; these include *Phausis reticulata* in North Carolina, and *Macrolampis palaciosi* in Nanacamilpa, Mexico.

**Overharvest.** Although not currently considered a threat, historically, the extensive harvest of fireflies from wild populations likely caused some population declines (Bauer et al. 2013). During the late nineteenth and early twentieth centuries, the Genji firefly, *Luciola cruciata*, was commercially harvested in Japan (Lewis 2017). In the United States, from 1960 until about 1995, Sigma Chemical Company annually harvested about three million North American fireflies to extract luciferase and luciferin (light-producing compounds; Lewis 2016). In China, between 2009 and 2017, millions of fireflies were harvested and sold online for theme park exhibitions and romantic gifts (Lewis and Owens 2017). Because of protests and letter-writing campaigns mounted by firefly conservation organizations, the commercial harvest of wild fireflies in China has been largely curtailed (Lei Ping, Firefly Ecological Alliance, Chengdu, China, personal communication, 2019).

**Invasive species.** Although most of the respondents did not rate exotic invasives as a major threat, the spread of *Solenopsis* fire ants across the southern United State could be an emerging threat, particularly for firefly species such as *Pyractomena borealis*, whose larvae are active aboveground (Lynn Faust, Emory River Land Company, Knoxville, Tennessee, personal communication, 2019).

**Climate change.** Although the effect of anthropogenic climate disruption on firefly populations remains unknown, the restricted ranges and specialized habitat requirements of certain fireflies suggest that they are likely to be threatened by drought and sea level rise (Reed et al. 2020). Fireflies require moist conditions throughout their life stages (Lloyd 2008, Atkins et al. 2017, Evans et al. 2018), so increased drought duration, frequency, or intensity—possibly in association with decreased snow cover—may extirpate local populations in some regions (but see supplemental table S1; Harris et al. 2019). For example, dry tropical montane regions (Wagner 2018, Janzen and Hallwachs 2019) may threaten the high diversity of fireflies in moist Neotropical forests. Similarly, in Australia and the western United States, where fireflies are restricted to areas with permanent water, drought may cause mortality either directly or by reducing larval food sources.

In Maryland and Delaware, *Photuris salina* is a habitat specialist that occupies the drier portion of coastal brackish and salt marshes, a habitat vulnerable to inundation from rising sea levels (Heckscher 2010). As was noted above, the Delaware coastal species *P. bethaniensis* is similarly vulnerable, because it occupies freshwater swales between coastal dunes within 500 meters of the Atlantic Ocean and less than 0.5 meters above the current sea level (Heckscher and Bartlett 2004). In Southeast Asia, several species of *Pteropytx* fireflies congregate in tall, visually prominent *Sonneratia caseolaris* mangrove trees, a species with low salt tolerance (Nada et al. 2009) that may be threatened by saltwater intrusion.

## Moving forward

This article provides a global perspective concerning threats that may cause firefly population declines and that may increase extirpation or extinction risk. Our survey results elucidate what knowledgeable respondents judged to be the most important threats to firefly species persistence, revealing differences among various geographic regions. Although apparent that such opinions cannot be used to identify the relative importance or extent of such threats, our results are consistent with other assessments of the multifaceted causes for general declines in insect abundance and biodiversity (e.g., Leather 2018, Wagner 2018, 2020, Homburg et al. 2019). We believe this information will be useful for future studies aimed at understanding local drivers of firefly diversity and abundance. In addition, our literature review provides a comprehensive summary of the existing evidence about whether and how such threats affect firefly populations and describes risk factors likely to increase the vulnerability of certain firefly species to particular threats.

This perspective also highlights the urgent need to invest in monitoring studies that can provide long-term data to track trends in abundance and diversity for at-risk firefly species and sites. With a few notable exceptions, most evidence about firefly population trends is anecdotal, and work is needed to develop a set of standardized monitoring protocols. In addition, experimental studies are needed to characterize acute and chronic toxicity of common insecticides on firefly life stages.

## Taking action

On the basis of this survey of perceived threats and our review of existing evidence for those threats' impacts on firefly populations, we make the following recommendations for actions to conserve these charismatic insects:

**Preserve suitable habitat.** We need to identify critically endangered species and establish sanctuaries that protect key firefly sites. In so doing, it is essential to consider the distinct

habitat requirements of each life stage, thus ensuring suitable habitat for larvae and their prey, pupation sites, adult courtship displays, and female oviposition. Fireflies have the potential to serve as flagship species for establishing key biodiversity areas. In Malaysia, rapid loss of riverbank mangroves and adjacent land poses an ongoing threat to several species of *Pteroptyx* fireflies, an economically valuable ecotourist attraction. Therefore, identifying and preserving buffer zones adjacent to the riverbank will help ensure sustainable firefly populations and also support high wildlife diversity, including other invertebrates, plants, reptiles, mammals, and birds.

**Control light pollution.** To encourage successful mating by fireflies that rely on bioluminescent courtship signals, we need to minimize ALAN in and around their habitats. Ongoing studies are aimed at developing specific lighting recommendations, involving the tuning of light color (wavelength) and intensity, that will provide for public safety while promoting firefly reproduction. However, the diverse visual sensitivities of insects and other animals are likely to limit the effectiveness of color tuning to specific taxa. Reducing artificial light—both its extent and its duration—should, in contrast, benefit a wide range of culturally and economically important nocturnal animals.

**Reduce insecticide use.** Use of insecticides for cosmetic purposes such as on residential gardens, lawns, and public parks should be minimized. Most insecticide exposure occurs during larval stages, because firefly larvae spend months to years living in litter, belowground, or underwater. Although the direct impacts on fireflies have been examined in few studies, commonly used insecticides have adverse effects on a broad range of nontarget organisms, including other predaceous beetles and the prey consumed by larval fireflies.

**Develop guidelines for sustainable tourism.** Firefly tourism is proliferating worldwide and would benefit from recommendations about best practices for establishing and managing tourist sites. Such guidelines would outline ways to protect both larval habitat and adult display sites from disturbances that include trampling, light pollution, and pesticides.

## Supplemental material

Supplemental data are available at *BIOSCI* online.

## Acknowledgments

We thank all of the survey respondents for their input, with additional thanks to Larry Buschman, Ben Pfeiffer, and Lynn Faust for sharing their insights in great detail and to Sarah Hoyle for information on pesticide use. We are grateful to Pedro Cardoso and David Wagner for their detailed and thoughtful comments that greatly improved this manuscript. We are also grateful to Tufts University Department of Biology for administrative support.

## References cited

Atkins V, et al. 2017. The status of the glow-worm Lampyris noctiluca L. (Coleoptera: Lampyridae) in England. Lampyrid 4: 20–35.

Bauer CM, Nachman G, Lewis SM, Faust LF, Reed JM. 2013. Modeling effects of harvest on firefly population persistence. Ecological Modelling 256: 43–52.

Bek RJ. 2015. Investigating the Impact of Artificial Night Lighting on the Common European Glow-Worm, Lampyris Noctiluca (L). Bachelor of science thesis, University of Leeds.

Bird S, Parker J. 2014. Low levels of light pollution may block the ability of male glow-worms (Lampyris noctiluca L.) to locate females. Journal of Insect Conservation 18: 737–743.

Bonmatin J-M, et al. 2015. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. Environmental Science and Pollution Research 22: 35–67.

Cardoso P, Erwin TL, Borges P, New TR. 2011. The seven impediments to invertebrate conservation and how to overcome them. Biological Conservation 144: 2647–2655.

Chevillot F, Convert Y, Desrosiers M, Cadoret N, Veilleux E, Cabana H, Bellenger J. 2017. Selective bioaccumulation of neonicotinoids and sublethal effects in the earthworm Eisenia andrei exposed to environmental concentrations in an artificial soil. Chemosphere 186: 839–847.

Costin KJ, Boulton AM. 2016. A field experiment on the effect of introduced light pollution on fireflies (Coleoptera: Lampyridae) in the Piedmont Region of Maryland. Coleopterists Bulletin 70: 84–86.

Davis RS, Peterson RKD, Macedo PA. 2007. An ecological risk assessment for insecticides used in adult mosquito management. Integrated Environmental Assessment and Management 3: 373–382.

De Cock R. 2009. Biology and behaviour of European lampyrids. Pages 161–200 in Meyer-Rochow VB, ed. Bioluminescence in Focus: A Collection of Illuminating Essays. Research Signpost.

Disque HH, Hamby KA, Dubey A, Taylor C, Dively GP. 2018. Effects of clothianidin-treated seed on arthropod community in a mid-Atlantic no-till corn agroecosystem. Pest Management Science 75: 969–978.

Douglas MR, Tooker JF. 2015. Large-scale deployment of seed treatments has driven rapid increase in use of neonicotinoid insecticides and preemptive pest managament in U.S. field crops. Environmental Science and Technology 49: 5088–5097.

Evans TR, Salvatore D, van De Pol M, Musters CJM. 2018. Adult firefly abundance is linked to weather during the larval stage in the previous year. Ecological Entomology 44: 265–273.

Falchi F, Cinzano P, Duriscoe D, Kyba CM, Elvidge CD, Baugh K, Portnov B, Rybnikova NA, Furgoni R. 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness. Science Advances 2: e1600377.

Faust L. 2009. Synchronous firefly Photinus carolinus (Coleoptera: Lampyridae) of the Great Smoky Mountains National Park. Pages 126–140 in Napompeth B, ed. Proceedings of the 2008 International Symposium on Diversity and Conservation of Fireflies. Queen Sirikit Botanic Garden.

Faust L. 2017. Fireflies, Glow-worms, and Lightning Bugs: Identification and Natural History of the Fireflies of the Eastern and Central United States and Canada. University of Georgia Press.

Firebaugh A, Haynes KJ. 2016. Experimental tests of light-pollution impacts on nocturnal insect courtship and dispersal. Oecologia 182: 1203–1211.

Firebaugh A, Haynes KJ. 2018. Light pollution may create demographic traps for nocturnal insects. Basic and Applied Ecology 34: 118–125.

Fireflyers International Network. 2012. The Selangor declaration on the conservation of fireflies (revised 2014) Lampyrid 2: xi–xiii. https://fireflyersinternational.net/selangor-declaration.

Gardiner T. 2011. Glowing, Glowing, Gone? The Plight of the Glow-Worm in Essex. British Naturalists' Association.

Hagen O, Viviani VR. 2009. Investigation of the Artificial Night Lighting Influence in Firefly Occurrence in the Urban Areas of Campinas and Sorocaba Municipalities. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil.

Hagen O, Santos RM, Schlindwein MN, Viviani VR. 2015. Artificial night lighting reduces firefly (Coleoptera: Lampyridae) occurrence in Sorocaba, Brazil. Advances in Entomology 3: 24–32.

Heckscher CM, Bartlett CR. 2004. Rediscovery and habitat associations of *Photuris bethaniensis* McDermott (Coleoptera: Lampyridae). Coleopterists Bulletin 58: 349–353.

Harris JE, Rodenhouse NL, Holmes RT. 2019. Decline in beetle abundance and diversity in an intact temperate forest linked to climate warming. Biological Conservation 240: 108219.

Heckscher CM. 2010. Delaware Photuris fireflies (Coleoptera: Lampyridae): New state records, conservation status, and habitat associations. Entomological News 121: 498–505.

Hoorn C, et al. 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. Science 330: 927–931.

Homburg K, Drees C, Boutaud E, Nolte D, Schuett W, Zumstein P, von Ruschkowski E, Assmann T. 2019. Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. Insect Conservation and Diversity 12: 268–277.

Ineichen S, Rüttimann B. 2012. Impact of artificial light on the distribution of the common European glow-worm, Lampyris noctiluca (Coleoptera: Lampyridae). Lampyrid 2: 31–36.

Janzen DH, Hallwachs W. 2019. Perspective: Where might be many tropical insects? Biological Conservation 233: 102–108.

Jusoh WFAW, Hashim NR. 2012. The effect of habitat modification on firefly populations at the Rembau-Linggi estuary, Peninsular Malaysia. Lampyrid 2: 149–155.

Jusoh WFA, Hashim NR, Ibrahim ZZ. 2010. Firefly distribution and abundance on mangrove vegetation assemblages in Sepetang estuary, Peninsular Malaysia. Wetlands Ecology and Management 18: 367–373.

Kakehashi K, Kuranishi RB, Kamata N. 2014. Estimation of dispersal ability responding to environmental conditions: Larval dispersal fo the flightless firefly Luciola parvula (Coleoptera: Lampyridae). Ecological Research 29: 779–787.

Khoo V, Nada B, Kirton L, Phon CK. 2012. Monitoring the population of the firefly Pteroptyx tener along the Selangor River, Malaysia for conservation and sustainable ecotourism. Lampyrid 2: 162–173.

Khoo V, Nada B, Kirton L. 2014. Conservation of the Selangor River population of Pteroptyx tener in Malaysia: Results of Seven Years of Monitoring. Forest Research Institute, Malaysia. https://conference.ifas.ufl.edu/firefly/Presentations/2%20-%20Wednesday/Session%206/0355%20Khoo.pdf.

Kobori H, Primack RB. 2003. Conservation for satoyama, the traditional landscape of Japan. Arnoldia 32: 307–311.

Leather SR. 2018. "Ecological Armageddon": More evidence for the drastic decline of insect numbers. Annals of Applied Biology 172: 1–3.

Lee KY, Kim YH, Lee JW, Song MK, Nam SH. 2008. Toxicity of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) to commercially registered insecticides and fertilizers. Korean Journal of Applied Entomology 47: 265–272.

Leong KH, Tan A, Mohd MA. 2007. Contamination levels of selected organochlorine and organophosphate pescticies in the Selangor River, Malaysia between 2002 and 2003. Chemosphere 66: 1153–1159.

Lewis SM. 2009. Bioluminescence and sexual signaling in fireflies. Pages 147–159 in Meyer-Rochow VB, ed. Bioluminescence in Focus: A Collection of Illuminating Essays. Research Signpost.

Lewis SM. 2016. Silent Sparks: The Wondrous World of Fireflies. Princeton University Press.

Lewis SM, Owens ACS. 2017. China's Endangered Fireflies. Scientific American (11 September 2017). https://blogs.scientificamerican.com/observations/chinas-endangered-fireflies.

Lewis SM. 2017. For the Sake of Their Glow. Undark (1 June 2017). https://undark.org/article/sake-their-glow-moriyama-japan-fireflies.

Lloyd JE. 2008. Fireflies. Pages 1429–1452 in Capinera JL, ed. Encyclopedia of Entomology. Springer.

Lloyd JE. 2018. A Naturalist's Long Walk among Shadows: of North American Photuris: Patterns, Outlines, Silhouettes… Echoes. Lloyd JE.

Lower SE, Stanger-Hall KF, Hall DW. 2018. Molecular variation across populations of a widespread North American firefly, *Photinus pyralis*, reveals that coding changes do not underlie flash color variation or associate visual sensitivity. BMC Evolutionary Biology 18: 129.

Nada B, Kirton LG, Norma-Rashid Y, Khoo V. 2009. Conservation efforts for the synchronous fireflies of the Selangor River in Malaysia. Pages 160–171 in Napompeth B, ed. Proceedings of the 2008 International Symposium on Diversity and Conservation of Fireflies. Queen Sirikit Botanic Garden.

Napompeth B, ed. 2009. Diversity and Conservation of Fireflies: Proceedings of the International Symposium on Fireflies. Queen Sirikit Botanic Garden.

Mbugua SW, Wong CH, Ratnayeke S. 2020. Effects of artificial light on the larvae of the firefly Lamprigera sp. in an urban city park, Peninsular Malaysia. Journal of Asia-Pacific Entomology 23: 82–85.

Oba Y, Branham M, Fukatsu T. 2011. The terrestrial bioluminescent animals of Japan. Zoological Science 28: 771–789.

Ohba N. 2004. Mysteries of Fireflies. Yokosuka City Museum.

Owens ACS, Lewis SM. 2018. The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. Ecology and Evolution 8: 11337–11358.

Peck D. 2009. Comparative impacts of white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control products on the abundance of non-target soil-active arthropods in turfgrass. Pedobiologia 52: 287–299.

Perry SA, Perry WB. 1986. Effects of experimental flow regulation on invertebrate drift and stranding in the Flathead and Kootenai Rivers, Montana, USA. Hydrobiologia 134: 171–182.

Peterson RKD, Preftakes CJ, Bodin JL, Brown CR, Piccolomini AM, Schleier JJ. 2016. Determinants of acute mortality of Hippodamia convergens (Coleoptera: Coccinellidae) to ultra-low volumen permethrin used for mosquito management. PeerJ 4: e2167.

Picchi MS, Avolio L, Azzani L, Brombin O, Camerini G. 2013. Fireflies and land use in an urban landscape: The case of Luciola italica L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. Journal of Insect Conservation 17: 797–805.

Pisa L, et al. 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environmental Science and Pollution Research International 22: 68–102.

Polidoro BA, et al. 2010. The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. PLOS ONE 5 (art. e10095). doi:10.1371/journal.pone.0010095.

Reed JM, Nguyen A, Owens ACS, Lewis SM. 2020. Linking the seven forms of rarity to extinction threats and risk factors: An assessment of North American fireflies. Biodiversity Conservation 20: 57–75.

Sanchez-Bayo F. 2011 Pesticide impacts of agricultural pesticides on terrestrial ecosystems. Pages 63–87 in Sanchez-Bayo F, van den Brink PJ, Mann RM, eds. Ecological Impacts of Toxic Chemicals. Bentham Science.

Silveira LF, Mermudes JR. 2013. Memoan ciceroi gen. et sp. nov., a remarkable new firefly genus and species from the Atlantic rainforest (Coleoptera: Lampyridae). Zootaxa 3640: 79–87.

Silveira LF, Mermudes JR. 2014. Ybytyramoan, a new genus of fireflies (Coleoptera: Lampyridae, Lampyrinae, Photinini) endemic to the Brazilian Atlantic rainforest, with description of three new species. Zootaxa 3835: 325–337.

Simon-Delso N, et al. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites. Environmental Science and Pollution Research International 22: 5–34.

Stork NE. 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? Annual Review of Entomology 63: 31–45.

Tabaru Y, Kouketsu T, Oba M, Okafuji S. 1970. Effects of some organophosphorus insecticides against the larvae of Genji firefly, Luciola cruciata and their prey, Japanese melanial snail Semisulcospira bensoni. Medical Entomology and Zoology 21: 178–181.

Thancharoen A. 2012. Well managed firefly tourism: A good tool for firefly conservation in Thailand. Lampyrid 2: 142–48.

Thancharoen A, Masoh S. 2019. Effect of Camera Illumination on Flashing Behavior of Pteroptyx Malaccae. InTechOpen. doi:10.5772/intechopen.85796

Vance E, Kuri SR. 2017. How Fireflies are Keeping this Tiny Mexican Town Alive. National Geographic, www.nationalgeographic.com/photography/proof/2017/08/firefly fields-mexico-tourism-ecotourism/.

Viviani VR. 2001. Fireflies (Coeloptera: Lampyridae) from southeastern Brazil: Habitats, life history, and bioluminescence. Annals of the Entomological Society of America 94: 129–145.

Viviani VR, Rocha MY, Hagen O. 2010. Fauna de besouros bio-luminescentes (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae; Phengodidae, Elateridae) nos municípios de Campinas, Sorocaba-Votorantim e Rio Claro-Limeira (SP, Brasil): Biodiversidade e influência da urbanização. Biota Neotropica 10: 103–116.

Viviani VR, Santos RMD. 2012. Bioluminescent Coleoptera of Biological Station of Boracéia (Salesópolis, SP, Brazil): Diversity, bioluminescence, and habitat distribution. Biota Neotropica 12: 21–34.

Wagner D. 2018. Trends in biodiversity: Insects. Pages 131–143 in DellaSala DA, Goldstein MI, eds. The Encyclopdia of the Anthropocene, vol. 3. Elsevier.

Wagner D. 2020. Insect declines in the Anthropocene. Annual Review of Entomology 65 (art. 011019-025151). doi:10.1146/annurev-ento-011019-025151

Wong CH. 2009. Firefly watching and consesrvation involving local communities in Malaysia. Pages 141–148 in Napompeth B ed. Proceedings of the 2008 International Symposium on Diversity and Conservation of Fireflies. Queen Sirikit Botanic Garden.

Wong CH, Yeap CA. 2012. Conservation of congregating firefly zones (CFZs) in Peninsular Malaysia. Lampyrid 2: 174–187.

Yiu V. 2012. Effects of artificial light on firefly flashing activity. Insect News 4: 5–9.

Yuma M. 1993. Hotaru no mizu, hito no mizu (Fireflies' Water, Human's Water). Shinhy-oron.

Zhang SQ, Che LH, Li Y, Liang D, Pang H, Ślipiński A, Zhang P. 2018. Evolutionary history of Coleoptera revealed by extensive sampling of genes and species. Nature Communications 9: 205. doi:10.1038/s41467-017-02644-4.

*All authors are affiliated with the Firefly Specialist Group of the International Union for the Conservation of Nature Species Survival Commission (IUCN SSC). Sara M. Lewis (sara.lewis@tufts.edu), Avalon C.S. Owens, and J. Michael Reed are affiliated with the Department of Biology at Tufts University. Chiahsiung Wu is affiliated with Huafan University, in Taipei City, Taiwan. Choong Hay Wong is affiliated with the Malaysia Nature Society, in Kuala Lumpur, Malaysia. Candace Fallon and Sarina Jepsen are affiliated with The Xerces Society for Invertebrate Conservation, in Portland, Oregon. Anchana Thancharoen is affiliated with the Department of Entomology, in the Faculty of Agriculture, at Kasetsart University, in Bangkok, Thailand. Martin Novak is affiliated with the Department of Ecology at Czech University of Life Sciences in Prague, Czech Republic. Raphael De Cock is affiliated with the Department of Biology's Evolutionary Ecology Research Group at the University of Antwerp, in Belgium. Tania Lopez-Palafox is affiliated with the Instituto de Ecología at the Universidad Nacional Autónoma de México, in México City, México. Veronica Khoo is affiliated with the Forest Biodiversity Division of the Forest Research Institute Malaysia, in Selangor, Malaysia.*

## Supporting Information

**Table S1**. Full-text of respondent comments compiled from a survey conducted in January-February 2019 about key threats to fireflies in their region, organized here by threat (minor edits have been made for clarification and English usage).

| | |
|---|---|
| **Habitat loss** | • *Lampyris noctiluca* glow worms are distributed in numerous island populations, usually quite small, with no opportunity for contact between them. As the human population spreads, these populations will become less and less sustainable (*UK*)<br>• Agricultural intensification is destroying old grassland habitat of *Lampyris noctiluca*; abandonment of rough grazing is destroying old grassland habitat through succession to scrub and secondary woodland (*UK*)<br>• Combination of habitat loss and fragmentation means that any loss of glow worm colonies is likely to be permanent (*UK*)<br>• The most serious threats to *Lampyris noctiluca* are site/habitat destruction (due to road construction, for example) and habitat loss due to lack of appropriate management (e.g. neglect causing succession of grassland to woodland, or excessive grazing by cattle and sheep) (*UK*)<br>• Agricultural intensification in the Padana plain and northern Appenines is considered a major threat to *Luciola italica*, *L. lusitanica* and *Lampyris* spp. due to widespread removal of hedgerows, woods, ditches that resulted in a significant decline of snails, the main prey for firefly larvae (*Italy*)<br>• Habitat loss by human activity causes complete loss of firefly populations, new habitats can't be settled because of habitat fragmentation (*Germany*)<br>• Orchards and small irrigated agricultural plots near villages are very suitable for Mediterranean species *Nyctophila reichii*, *Lampyris iberica*, *Lamprohiza paulinoi*. But when abandoned, these habitats change to drier conditions and become less suitable for snails (prey of glow worms) (*Spain*)<br>• Urban development with complete reorganization of surrounding nature destroys local ecosystem (*Czech Republic*)<br>• Habitat loss due to agriculture (*Iowa*, *USA*)<br>• Bulldozers taking down habitat and putting up houses (*USA*)<br>• Housing developments with lighting and complete habitat destruction is wiping out local populations at a sickening rate – a new house being constructed every 32 h in our formerly dark, rural area (*Tennessee USA)*<br>• Habitat loss due to agricultural expansion leads to species extinction given high endemism (*Brazil*)<br>• Due to logging, the forest is fragmented and habitat for *Macrolampis palaciosi* has been lost. Twenty years ago people were able to see fireflies everywhere, even in town; now fireflies are restricted to only densely forested areas (*Mexico*)<br>• Loss of mangrove river reserves destroys [*Pteroptyx*] larval habitat and adult display trees (*Malaysia*) |

| | |
|---|---|
| | • For flood mitigation areas of riverbank are cleared for machinery, then excavators are used to deepen the river bed and the debris is piled onto the river banks destroying firefly habitat (*Malaysia*)<br>• Loss of habitat for the [*Pteroptyx*] firefly larvae and snail prey (*Malaysia*)<br>• Loss of [*Pteroptyx*] breeding habitat and area for immature stages (*Malaysia*)<br>• [*Pteroptyx*] Habitat loss from forest fires set for illegal land clearing (*Malaysia*)<br>• Change in life style from satoyama agricultural life to urban life (*Japan*)<br>• Habitat loss due to urban development where it could be avoided or alleviated (*Hong Kong*) |
| **Light pollution** | • Light pollution resulting from a massive increase in "urban sprawl" recorded in the Padana plain is considered a major threat to *Luciola italica*, *L. lusitanica* and *Lampyris* spp. (*Italy*)<br>• Light pollution is a very important threat for the maintenance of local population of glow-worms, mainly around small and medium-size villages (*Spain*)<br>• More and more of the countryside is covered by street lamps (*China*)<br>• Lamp posts and urbanization simply drove fireflies away (*Malaysia*)<br>• Adult fireflies [*Pteroptyx*] move away form trees exposed to rays of artificial light (*Malaysia*)<br>• Gas flares at petrochemical plants located beside the mangrove river; also security spotlights at aquaculture farms (*Malaysia*)<br>• Light pollution, as people are unaware of over-illumination (*Hong Kong*)<br>• Widespread light pollution (*USA*)<br>• Light pollution appears to be having a direct affect on reducing the abundance of *Pyractomena dispersa* in the intermountain West (*USA*)<br>• Lights become barriers to firefly courtship (*Panama*) |
| **Pesticide use** | • In Nanacamilpa, many landowners earn money by renting their land to potato growers and these farmers frequently use carbofuran on their crops. This pesticide is extremely toxic, and after the potato harvest the soil is contaminated and we see no fireflies [*Macrolampis palacoisi*] or any other animals in these fields or on nearby land (*Mexico*)<br>• Places around big Midwest cities have seen big decreases due to mosquito spraying (*USA*)<br>• Firefly species compatible with developed areas (e.g. *Photinus pyralis*) are likely impacted by pesticide use in those places (*USA*)<br>• Predatory larvae feed on agricultural pests and so are exposed to pesticides (*Sri Lanka*)<br>• Huge oil palm plantations discharge insecticides and fertiliser into rivers (*Sarawak, East Malaysia*) |

| | |
|---|---|
| | • Pesticides are used in rural and forest regions, fireflies contact contaminated soil (*Georgia, Caucasus*)<br>• Biological control agent: *Beauvaria bassiana* fungus is being used to fight soybean pests but it crosses over to fireflies (*USA*)<br>• Biological control agent: *Steinernema* sp. nematodes have been introduced to control beetle agricultural pests, but they also kill larvae of *Micronaspis* fireflies (*Florida*, *USA*)<br>• Biological control agent: *Metarhizium* fungus used against agricultural pests also kills *Pyrocoelia* larvae (*Thailand*) |
| **Other** | • Climate change: Increasing cold temperature extremes in winter could limit species at the northern edge of their range (*USA*)<br>• Climate change: Drought and high temperatures threaten larval food sources (*Australia*)<br>• Climate change: Saltwater intrusion may damage firefly display trees and larval food (*Malaysia*)<br>• Climate change: Flooding and storms in the last 5 years resulted in flash floods during spring, which caused erosion of larval habitat along riverbanks and forest floor (*USA*)<br>• Climate change: Many fewer fireflies following drought years (*USA*)<br>• Ecotourism: People became so angry that more tourists were visiting their neighbor's firefly sighting center that they set fire to the neighbor's land (*Mexico*)<br>• Ecotourism: Thousands of people visit Nanacamilpa to admire the firefly spectacle, but unfortunately there is no regulation (*Mexico*)<br>• Ecotourism: Tourism may be impacting the synchronous *Photinus carolinus* due to increased foot traffic (*USA*)<br>• Ecotourism: Large groups of tourists visiting the Smoky Mountains to see the synchronized fireflies [*Photinus carolinus*] and stepping on them (*USA*)<br>• Ecotourism: Irresponsible tourism, e.g. letting tourists capture fireflies, splashing water on trees to simulate flashing, using torch to call fireflies; speeding boats cause erosion along riverbanks; habitat clearing to build jetties (*Malaysia*)<br>• Exotic invasives: Spread of fireants throughout the south is a new threat –especially affects those species with above-ground larvae like *Pyractomena borealis* and *Photuris quadrifulgens* (*USA*)<br>• Over-collecting: Wild collection may increase in the near future due to ignorance and greed (*Malaysia*)<br>• Water pollution: Pesticides from agriculture runoff and factories illegal release (*Malaysia*)<br>• Water pollution: Water pollution appears to be having a direct affect on reducing the abundance of *Pyractomena dispersa* in the intermountain West (*USA*) |



View publication stats

frontiers in Neuroscience

Folio Nº 2484
REVIEW
published: 16 November 2020
doi: 10.3389/fnins.2020.602796

# Exposure to Artificial Light at Night and the Consequences for Flora, Fauna, and Ecosystems

*Jack Falcón[1]*, Alicia Torriglia[2], Dina Attia[3], Françoise Viénot[4], Claude Gronfier[5], Francine Behar-Cohen[2], Christophe Martinsons[6] and David Hicks[7]*

*[1] Laboratoire Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA), MNHN, CNRS FRE 2030, SU, IRD 207, UCN, UA, Paris, France, [2] Centre de Recherche des Cordeliers, INSERM U 1138, Ophtalmopole Hôpital Cochin, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Université de Paris - SU, Paris, France, [3] ANSES, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, Maisons-Alfort, France, [4] Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, [5] Lyon Neuroscience Research Center (CRNL), Waking Team, Inserm UMRS 1028, CNRS UMR 5292, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France, [6] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Saint Martin d'Hères, France, [7] Inserm, CNRS, Institut des Neurosciences Cellulaires et Intégratives, Université de Strasbourg, Strasbourg, France*

OPEN ACCESS

**Edited by:**
*Jacques Epelbaum, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, France*

**Reviewed by:**
*Randy J. Nelson, West Virginia University, United States*
*Thomas Dickmeis, Karlsruhe Institute of Technology, Germany*

***Correspondence:**
*Jack Falcón*
*j.falcon-pro@orange.fr*

**Specialty section:**
*This article was submitted to Neuroendocrine Science, a section of the journal Frontiers in Neuroscience*

**Received:** *04 September 2020*
**Accepted:** *22 October 2020*
**Published:** *16 November 2020*

**Citation:**
*Falcón J, Torriglia A, Attia D, Viénot F, Gronfier C, Behar-Cohen F, Martinsons C and Hicks D (2020) Exposure to Artificial Light at Night and the Consequences for Flora, Fauna, and Ecosystems. Front. Neurosci. 14:602796. doi: 10.3389/fnins.2020.602796*

The present review draws together wide-ranging studies performed over the last decades that catalogue the effects of artificial-light-at-night (ALAN) upon living species and their environment. We provide an overview of the tremendous variety of light-detection strategies which have evolved in living organisms - unicellular, plants and animals, covering chloroplasts (plants), and the plethora of ocular and extra-ocular organs (animals). We describe the visual pigments which permit photo-detection, paying attention to their spectral characteristics, which extend from the ultraviolet into infrared. We discuss how organisms use light information in a way crucial for their development, growth and survival: phototropism, phototaxis, photoperiodism, and synchronization of circadian clocks. These aspects are treated in depth, as their perturbation underlies much of the disruptive effects of ALAN. The review goes into detail on circadian networks in living organisms, since these fundamental features are of critical importance in regulating the interface between environment and body. Especially, hormonal synthesis and secretion are often under circadian and circannual control, hence perturbation of the clock will lead to hormonal imbalance. The review addresses how the ubiquitous introduction of light-emitting diode technology may exacerbate, or in some cases reduce, the generalized ever-increasing light pollution. Numerous examples are given of how widespread exposure to ALAN is perturbing many aspects of plant and animal behaviour and survival: foraging, orientation, migration, seasonal reproduction, colonization and more. We examine the potential problems at the level of individual species and populations and extend the debate to the consequences for ecosystems. We stress, through a few examples, the synergistic harmful effects resulting from the impacts of ALAN combined with other anthropogenic pressures, which often impact the neuroendocrine loops in vertebrates. The article concludes by debating how these anthropogenic changes could be mitigated by more reasonable use of available technology – for example by restricting illumination to more essential areas

Folio Nº 2485

and hours, directing lighting to avoid wasteful radiation and selecting spectral emissions, to reduce impact on circadian clocks. We end by discussing how society should take into account the potentially major consequences that ALAN has on the natural world and the repercussions for ongoing human health and welfare.

**Keywords: artificial-light-at-night, light-emitting-diodes, photoreception, biological clocks, ecosystems, anthropogenic impact**

## INTRODUCTION

Human activities are almost exclusively associated with brightly lit environments. The last century has seen an unprecedented increase in the use of Artificial Light at Night (ALAN), with a current ongoing global increase rate of more than 6% per year (Hölker et al., 2010). This is dramatically affecting land as well as aquatic and open sea areas. Mediterranean and temperate zones, mangroves and forest regions in proximity to agricultural areas are particularly affected (Votsi et al., 2017). Today, more than 80% of the worlds population lives under a "lit sky" at night (Falchi et al., 2016), actually affecting up to 99% in Europe and North America and on the increase in the Middle East (Tamir et al., 2017) and Asia (Jiang et al., 2017). ALAN acts both directly and indirectly (through sky glow) upon organisms. The illuminance at ground level can equal that of the full moon ($0.01 << 1$ lx) (Bennie et al., 2015a, 2016; **Figure 1**) and can even be amplified by the cloud ceiling. ALAN was first intended to detect obstacles, increase road safety and secure potentially dangerous areas at night, but has now been extended to all aspects of human activities, including industrial, commercial, amenity spaces or tourist purposes. Illumination levels often exceed real needs; in some areas the aesthetic aspects (lighting of monuments) or advertising (lighting of commercial areas, shop windows, street signs and illuminated posters) have been given precedent. It follows that untouched natural areas - essential to the development of wildlife - are constantly decreasing. The consequences on biotopes and living organisms (including humans) are multiple. Basic responses and functions related to orientation in space (phototaxis, phototropism) and time (circadian rhythms) are affected by ALAN. These processes are the result of millions of years of evolution, while ALAN-induced changes are operating on a time scale of only a few decades. This is particularly evident when it comes to temporal events, which depend on the predictable alternation of light (L) and darkness (D) during the 24 h LD cycle, day after day and season after season. From the very earliest times of life on earth, organisms developed time-measurement systems - circadian clocks - which allowed them to forecast and anticipate these natural changes, essential for aligning physiological activity with the appropriate time. As a result, most of the basic functions of living organisms are controlled by these internal, genetically determined, clocks. These clocks depend absolutely on the 24 h LD cycle to accurately synchronize their activity with solar time, and in turn they orchestrate a myriad of downstream biochemical, physiological and behavioural events so that the right process occurs at the right time. Thus, changing the natural LD cycle cannot be without consequences for biological organisms. In humans, perturbation of the circadian system results in major physiological impacts (Attia et al., 2019), for example in altered hormonal balance, including melatonin secretion. Melatonin is one key circadian clock output involved in the synchronization of many rhythmic functions; in addition it is suspected to possess powerful anti-oxidative properties (Reiter et al., 1997). In humans, a correlation between ALAN and the appearance of various disorders (activity/sleep rhythms, mental health disorders, energy metabolism, weight gain and obesity, sensitivity to some cancers [breast, prostate]) has been documented quite extensively (Dominoni et al., 2016; Attia et al., 2019) but the level of proof remains low because in most cases the light intensities used are far above the levels encountered in ALAN.

Here, we provide an overview of the tremendous variety of light-detection strategies which have evolved in unicellular organisms, plants and animals. We further give a comprehensive description of the different visual pigments which permit photo-detection in all living organisms from ultraviolet to infrared. The review then moves on to discuss how living organisms actually use light information in a meaningful way, crucial for their development, growth and survival: phototropism, phototaxis, photoperiodism, and synchronization of circadian clocks. These aspects are treated in depth, as their perturbation underlies much of the potentially disruptive effects of ALAN. The review goes into considerable detail on circadian networks in living organisms, since these fundamental features exist in virtually all life forms and are of critical importance in regulating the interface between environment and body. It is necessary to understand the diverse principles underlying their functioning across the different phyla in order to appreciate why ALAN can represent such a disruptive influence. Although much of the data reported in the literature necessarily comes from older lighting technology, the review addresses how the approaching ubiquitous introduction of light-emitting diode (LED) technology may exacerbate, or in some cases reduce, the generalized ever-increasing light pollution. A focus is put on the fundamental role of short wavelength emissions, since these are the most relevant wavelengths when considering signalling through vertebrate photoreceptive tissues and synchronization of central circadian clocks. Nevertheless the paper also stresses that due to the huge

**Abbreviations:** ALAN, Artificial Light at Night; ccg, clock-controlled gene; Cry, cryptochromes; D, darkness; DD, constant dark; FSH, folliculo-stimulating hormone; HPS, high pressure sodium; ipRGCs, intrinsically photosensitive retinal ganglion cells; JH, juvenile hormone; L, light; LD, alternation of light and darkness; LH, luteinizing hormone; LL, constant light; LED, light-emitting diode; LOV, light, oxygen or voltage; LPS, low-pressure sodium-vapour; LWS, long wavelength sensitive opsin; PCB, polychlorobiphenyl; PDF, pigment-dispersing factor; Rh, rhodopsin; SWS1, short wavelength sensitive opsin; THS, thyroid stimulating hormone.

Folio Nº 2486

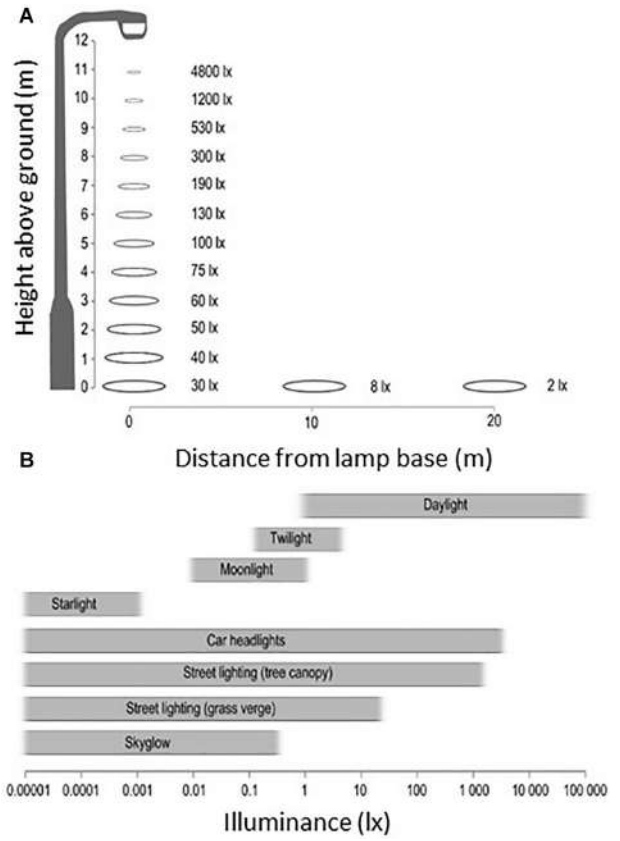



**FIGURE 1 | (A)** Illuminance measured in the horizontal plane from a typical street light (Phillips Cosmopolis, metal halide lamp). The illuminance level decays rapidly with distance to the lamp. **(B)** Comparison of measured illuminance from natural sources of light to artificial light sources – axis is on a logarithmic scale, and bars present approximate ranges based on field measurements. From Bennie et al. (2016). No special permission required.

range of light detection systems used by living organisms, other wavelengths may also be problematic. Numerous examples are given of how widespread exposure to ALAN is perturbing many aspects of plant and animal behaviour and survival. We examine the potential problems at the level of individual species and populations before extending the debate to the consequences for integrated ecosystems. It also emphasizes additive harmful effects resulting from the impacts of ALAN together with other anthropogenic pressures. The article concludes by debating how these anthropogenic changes could be easily mitigated by more reasonable use of available technology and how society should take into account the potentially major consequences that ALAN has on the natural world and the repercussions for ongoing human health and welfare.

## THE INTEGRATION OF THE LIGHT SIGNAL IN LIVING ORGANISMS

*Nothing in biology makes sense except in the light of evolution* (Dobzhansky cited in Lamb, 2013).

The capture of light information goes back to ancestral cyanobacteria, the first known representatives of life on earth, which appeared ∼3.8 billion years ago. It allows organisms to orientate in space (phototropism for animals, phototaxy for plants) and time (synchronization of the endogenous clocks that drive the daily, lunar and annual rhythms of metabolic, physiological and behavioural functions). Living beings have implemented a huge variety of systems and mechanisms in order to capture light, from simple photoreceptive organelles to highly complex structures such as the chloroplast of plants and the camera eyes of vertebrates, insects and cephalopods.

In unicellular organisms, photoreception is mediated by a photoreceptor organelle existing as either a single spot (cyanobacteria, euglena) or a more elaborated structure (dinoflagellates), containing all the elements found in a vertebrate eye, *i.e.*, pigment, a cornea-shaped surface, a lens and a lamellar structure (Gehring, 2005, 2011, 2014). It has been hypothesized that these organelles might correspond to chloroplasts incorporated by horizontal transmission, but having lost their photosynthetic activity (Gehring, 2012).

*Cyanophyceae,* the current representatives of the ancestral cyanobacteria are, like the original form, capable of capturing light and ensuring photosynthesis. They exist as single cell units or associated in filaments, and can fix carbon dioxide [$CO_2$] and release oxygen [$O_2$], but have no chloroplast. Phototaxy and photoperiodic synchronization of circadian clocks have been demonstrated in *Cyanobacteria* (Gehring, 2012), as in the terrestrial *Cyanobacterium Leptolyngbya* sp., which shows two maxima of absorption ($\lambda_{max}$) at 456 and 504 nm. Populations of *Cyanobacteria* are increasing worldwide, favoured by trophic and/or ecological imbalances (including eutrophication of water), and pose major physical (invasion, obstructions) and toxicological (production of dangerous or even deadly toxins) problems (Svrcek and Smith, 2004).

### The Chloroplast of Plants

The ingestion of cyanobacteria by primitive eukaryotic cells ∼1.5/1.6 billion years ago led to the formation of chloroplasts (**Figure 2**), found in the cytoplasm of eukaryotic photosynthetic cells (Kirchhoff, 2019). In the unicellular alga of the *Chlamydomonas* genus, there is one chloroplast per cell, while multicellular plants possess several tens of chloroplasts in one cell, with the leaves showing the highest density. The chloroplast allows photosynthesis, *i.e.*, it absorbs light energy to fix inorganic $CO_2$ and produces glucose and $O_2$ (the highest production of $O_2$ is from algae and marine phytoplankton, followed by forests). Moreover, it is involved, by interacting with photoreceptive molecules and circadian clock genes, in the response to light (Jaubert et al., 2017).

### The Photoreceptive Cells and Organs of Animals

The rhabdomeric and ciliary photoreceptors are the two main types of photoreceptive cells found in the animal kingdom. Both show a highly segmented and polarized organization, with a photoreceptive pole made of folds or stacks of membrane, a cell

Folio Nº 2487

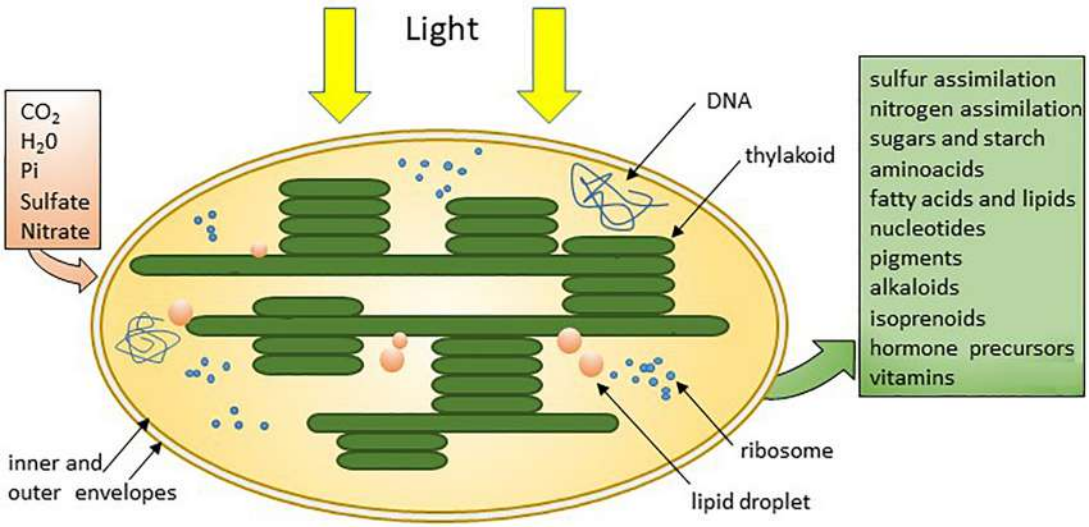



**FIGURE 2 |** The chloroplast of plants and photosynthetic algae absorbs basic elements and uses sunlight to produce sugar and other organic molecules to fulfil their needs (Kirchhoff, 2019) *@JackFalcón*.

body and an opposing pole for neurotransmission (**Figure 3A**). Evolution of photoreceptor cells and organs runs in parallel, and studies have shown that eyes and other photoreceptive structures have a monophyletic origin that started with a single prototype (Fain et al., 2010; Gehring, 2012; Lamb, 2013; Gavelis et al., 2015). Evolution led to the appearance of a variety of complex ocular types (**Figure 3B**). Thus, while the camera-type eye containing ciliary photoreceptors characterizes the eyes of humans and other vertebrates, camera-type eyes are also found in jellyfish and cephalopods, which instead possess rhabdomeric photoreceptors as is the case in most invertebrates. However, coexistence of rhabdomeric and ciliary photoreceptors is not uncommon, as observed in the cephalochordate *Amphioxus*, the living proxy of all vertebrates (Zhang Q. L.et al., 2019). The retina of the hagfish eye, as well as the pineal gland of fish, frogs and sauropsids, is composed mainly of photoreceptor cells connected directly to ganglion cells. The first are of the ciliary type and the second are derived from rhabdomeric photoreceptors, as shown at least in the hagfish (Autrum et al., 2012; Lamb et al., 2007; Lamb, 2013). The retina of all other vertebrates has become more complex, with the appearance of bipolar, horizontal and amacrine cells in an intermediate position. The most recent data indicate that bipolar cells are derived from ciliary type photoreceptors, while the ganglion cells derive from the rhabdomeric line; amacrine and horizontal cells would also belong to the rhabdomeric line (Lamb, 2013).

## Compound and Camera Type Eyes

A dozen different eye structures have been identified in animals, which developed through different evolutionary pathways (divergent, parallel, or convergent) (Shubin et al., 2009). Some are just scattered photoreceptors (alone or a few together) all along the body, found in small invertebrates and in larvae of insects and worms. They are designated as *primitive eyes* because they are associated with a pigmented cell positioned on one side, permitting the perception of light directionality. These structures are simple dosimeters of the surrounding light intensity allowing negative or positive phototaxy (escape or attractive behaviour respectively). In tubular worms these groups of cells form wells or *pit* eyes; the pit eye forms a small hollow in which photoreceptor cells display different orientations, thus allowing spatial detection of light (**Figure 3Ba**). From these pit eyes appeared the *spherical* concave mirror *eyes* with a pupil, but without a crystalline lens, as seen bordering the mantle of the bivalves (clams, scallops) (**Figure 3Bb**). More elaborated camera eyes are found in vertebrates, molluscs (squid, octopus), jellyfish, some annelids, arthropods (including spiders), insect larvae and copepods (**Figure 3Bc**). Finally, the *compound eye*, the most widespread model, is characteristic of insects (75% of existing animal species), most crustaceans, myriapods, some bivalves and polychaetes (**Figure 3Bd,e**). Compound eyes are formed of identical units called ommatidia, which each contains a cluster of photoreceptor cells surrounded by supporting cells and pigmented cells. Each ommatidium possesses a cornea and a conical lens that focuses light towards the rhabdomeric photoreceptors. In the majority of diurnal species, each ommatidium is isolated from its neighbours by a pigment layer, which makes communication between them impossible (**Figure 3Bd**). In nocturnal species the absence of pigment allows the diffusion of light from one ommatidium to its close neighbours, conferring a gain of sensitivity (**Figure 3Be**).

The eye with its retina is not the only structure that allows light detection, as both invertebrates and vertebrates possess additional extra-retinal light sensitive structures.

## Extraretinal Photoreception in Vertebrates

Aquatic vertebrates, amphibians and lizards possess a pineal complex formed by a pineal gland associated with either a

Folio Nº 2488

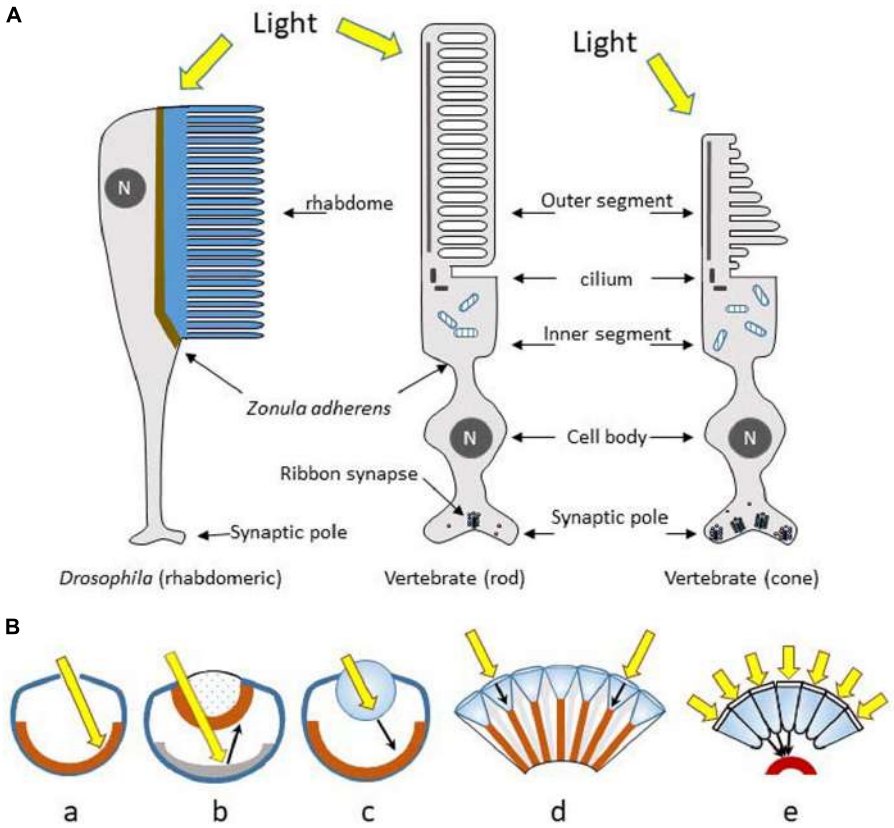



**FIGURE 3 | (A)** Rhabdomeric microvilli-based (invertebrates) and cilia-based (vertebrates) photoreceptors display conserved cell polarity and topology. They evolved most probably from a common ancestor in early Bilateria. The photosensory pole is made of stacks of plasma membrane separated from the baso-lateral membrane by a *zonula adherens*. N, nucleus. **(B)** The main optical designs of eyes: (a) The pinhole eye; light (yellow arrow) falls directly upon the photoreceptors (brown layer). (b) The concave-mirror eye; light crosses the retina, and is then focused back onto the retina upon reflection from a hemispheric reflective mirror (*tapetum*, grey zone). (c) The camera type eye; light is focused by the lens to form an image on the retina. (d and e) The compound eyes; light reaches the photoreceptors exclusively from the small corneal lens (d type) located directly above, or focused through a large number of corneal facets and cones to be directed towards single rhabdoms (e type). Redrawn from Warrant (2019).

parapineal organ or a parietal eye (depending on the species) (Collin et al., 1988; Falcón, 1999; **Figures 4A-J**). The gland appears as an evagination of the roof of the diencephalon, located at the surface of the brain. In the majority of cases (particularly in poikilothermic species) the skull directly above the pineal gland is thinner and translucent and the skin is less pigmented (**Figures 4A-D**). In large fish (*e.g.*, the tuna) where the brain is located deep inside the head, a translucent cartilaginous tube directs light from the surface to the pineal gland (personal observations). All these anatomical characteristics allow better light penetration. In addition to the pineal gland, frogs and lizards possess a parietal eye (**Figures 4E-J**) located between the skull and the skin, which sends a nerve that crosses the skull to reach the brain. In addition, the parietal eye of lizards possesses a lens (**Figure 4J**). In birds, snakes and mammals these specializations have regressed: the pineal gland of adult mammals is often located more deeply in the brain and has lost its ability to detect light directly, even though they still express the proteins necessary for phototransduction (**Figures 4K,L**). Furthermore, during development mammalian pinealocytes display morphological features characteristic of ciliary photoreceptor cells but which subsequently regress (Blackshaw and Snyder, 1997).

The pineal epithelium of non-mammalian vertebrates displays the characteristics of a simplified retina as it contains cone-type photoreceptors connected to ganglion cells, the latter sending their axons towards specific brain centres. It is of interest to note that retinal and pineal brain projections overlap in some areas, thus providing convergent light information (Ekström and Meissl, 2003). In contrast to the retina, the pineal organ is only a dosimeter of light intensity, albeit of great sensitivity. In addition to this nervous information pineal photoreceptors also produce the "*time-keeping hormone*" melatonin (see Localization of the Circadian System – Vertebrates) (Falcón, 1999). In the course of evolution snakes and mammals have lost the parapineal and parietal organs, as well as the direct photosensitivity of the pineal gland, and they no longer produce nervous information (Collin et al., 1988). In these species, the pineal cells (pinealocytes), receive light information *via* the retina and a complex nerve pathway; only the nocturnal production of melatonin persists

Folio Nº 2489

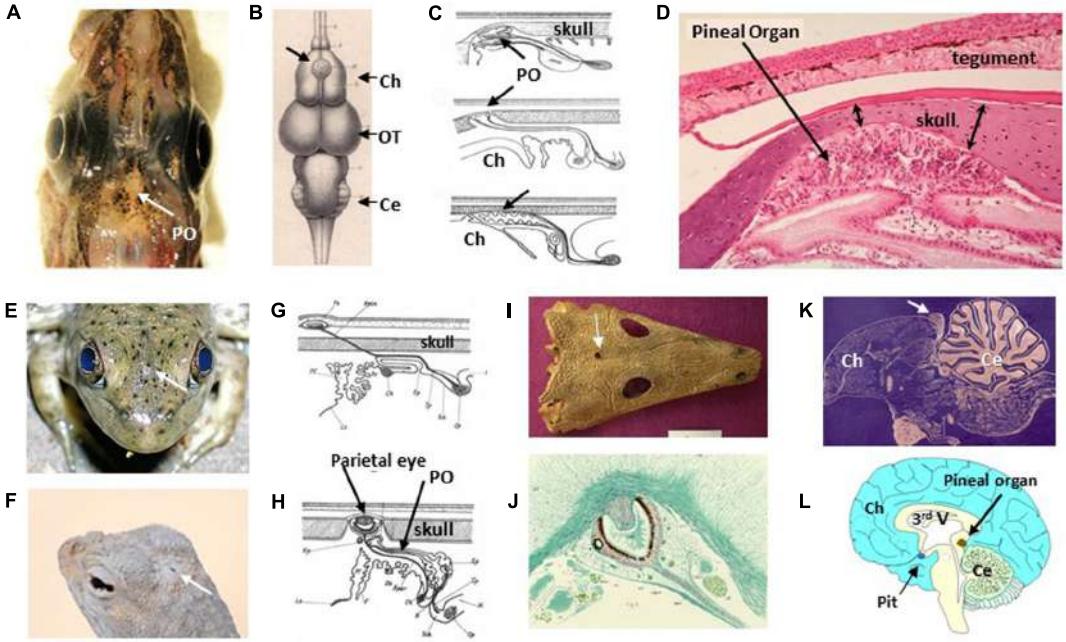



**FIGURE 4 |** Extraretinal photoreception in vertebrates. (**A**) Dorsal view of the head of the Polar Cod *Boreogadus saida*; the pineal organ (PO) is located in the sagittal axis just behind the eyes in an area with unpigmented meninges (*@JackFalcón*). (**B**) Dorsal view of the brains of the Red Mullet *Mullus surmulletus* showing the location of the pineal organ (thick arrow), located in between the two cerebral hemispheres (Ch); OT, optic tectum; Cer, cerebellum; from Baudelot (1883) (no permission required). (**C**) Schematic sagittal sections through the epithalamus area of, from top to bottom, lampreys, chondrichtyens and teleost fish; from Studnicka (1905). Note that the skull above the pineal organ is thinner, as also seen in panel **(D)** (no permission required). The histological sagittal section is from the Sea Bream *Sparus aurata*; the pineal is located in a kind of large pit below the skull (note that the tegument above also appears thinner) (gift from Professor J.A. Muñoz Cueto, Cadiz, Spain). (**E,F**) Head dorsal views showing the spot position of the frontal organ in the American Bullfrog *Rana catesbeiana* (**E**) and the parietal eye of the Zebra-tailed Lizard *Callisaurus draconoides* (**F**) (arrows) (*@JackFalcón*). (**G,H**) Schematic sagittal sections through the epithalamus areas of frogs (**G**) and lizards (**H**); the pineal organs are located below the skull, while the frontal/parietal eyes are located in the skin connected to the brain by a stalk (Studnicka, 1905) (no permission required). **(I)** Dorsal fossil skull of the ancestral amphibian *Thoosuchus jakovlevi* showing the location of the frontal organ hole just equidistant from the eyes (with permission from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thoosuchus_jakovlevi.JPG). (**J**) The pineal eye of the tuatara *Sphenodon punctatus* resembles a simplified retina with an eye cup and a lens-like structure; sagittal section from Dendy (1911) (no permission required). (**K**) In the avian brain the pineal organ form a gland in between the cerebral hemispheres and the cerebellum (gift from Professor J.P. Collin). (**L**) In humans the gland is located deep in the brain (*@JackFalcón*).

(Klein et al., 1997). Birds display features characteristic of both early and late vertebrates.

In addition to these organized photoreceptive organs, *intracerebral photoreceptors*, the existence of which had been postulated early in the last century (Von Frisch, 1911; Benoit and Assenmacher, 1954), have been found in fish, lizards and birds (Hang et al., 2016; Haas et al., 2017) (see also below **Figure 11**). Their role remains enigmatic; some may contribute to the annual control of reproduction (Benoit and Assenmacher, 1954).

Finally, ectothermic vertebrates (fish, amphibians, and lizards) possess photosensitive cells on the surface of their skin, which participate in the control of migration in lampreys (Binder and McDonald, 2008), the aggregation/dispersion of skin pigments in fish and frogs (Moriya et al., 1996; Chen et al., 2014), or basking in reptiles (Tosini and Avery, 1996).

## Extra-Retinal Photosensitivity in Invertebrates

In addition to their rhabdomeric eyes, insects possess ocelli and eyelets, which may have various shapes and locations (**Figures 5A-E**). The ocelli of insects are simple lens eyes consisting of a single, large aperture lens, followed by several hundreds of rhabdomeric photoreceptors which converge onto a few tens of interneurons (Berry et al., 2011). *Drosophila* eyelets contain 4 to 6 rhabdomeric photoreceptors and are derived from the larvae visual organs (Helfrich-Förster et al., 2002). Compound eyes and ocelli have a common ancestral origin (Friedrich, 2006), and these extra-retinal photoreceptors are likely to be involved in behaviour and synchronization of endogenous rhythms. Spiders do not have ocelli, but may possess from 1 to 4 pairs of eyes with different functions (**Figure 5F**)

## Photopigments and Visual Perception

### Phytochromes

Phytochromes are found in plants, fungi, bacteria and cyanobacteria, unicellular algae and diatoms. They are covalently associated with a phytochromobilin as chromophore in plants and cyanobacteria, and biliverdin in other bacteria and fungi (Bhoo et al., 2001; Glukhova et al., 2014; Huche-Thelier et al., 2016). In plants, several forms of phytochromes may be present simultaneously (five in *Arabidopsis thaliana,* three

Folio Nº 2490

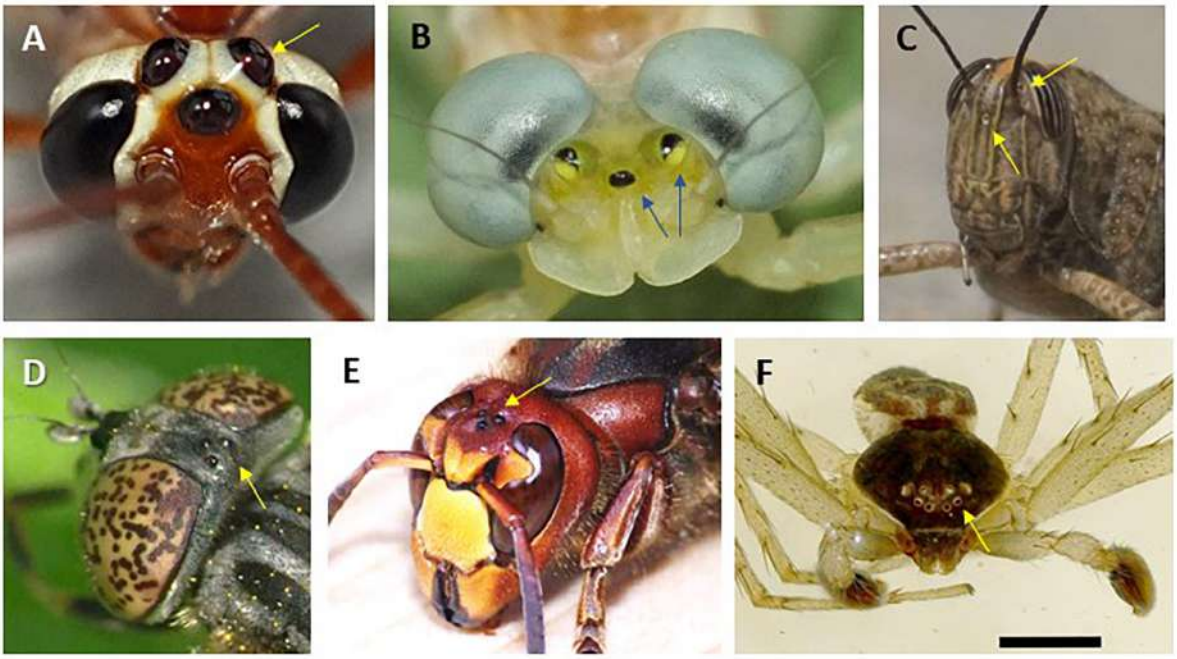



**FIGURE 5 |** Extra-ocular light perception in various insect species **(A-E)** and eyes of a spider **(F)**. Arrows point to ocellar structures as found in *Netelia sp.* **(A)**, *Heptagenia sp.* **(B)**, grasshopper *Locusta migratoria* **(C)**, *Eristalinus sepulchralis* **(D)**, *Vespa cabro* **(E)**, and *Philodromus dispar* **(F)**. Photo credits: P. Falatico (**A,B,D,E**; @ http://aramel.free.fr/), J Falcón **(C)**, D. Vaudoré (**F**; @https://www.galerie-insecte.org/galerie/ref-183890.htm). No special permissions required.

in sorghum, black cottonwood and rice, and two in pea) (Demotes-Mainard et al., 2016). They display maximal sensitivity in the red range of wavelengths, although response to other wavelengths is also observed but with much lower sensitivity (**Figure 6A**). Phytochromes exists in two states: the inactive state has a sensitivity maximum in the red ($580 < \lambda_{max} < 660$), while the active state displays its maximum in the infrared ($690 < \lambda_{max} < 720$). The final effects on downstream regulated processes in the plant depend on the red/infrared ratio (Bhoo et al., 2001; Demotes-Mainard et al., 2016). Light induces bilin photoisomerization and triggers photoconversion from the red to infrared form, prompting activation of the phytochrome HIS-kinase activity and downstream cascades. Darkness induces the opposite and thus the plant needs a dark phase to regenerate the phytochrome from the infrared to red form. Consequently, a natural LD 24 h cycle is essential for the proper synchronization and regulation of physiological cycles in plants (see below).

It is of interest to note that phytochromes also contribute to blue light-dependent regulation either redundantly or synergistically with cryptochromes (Cry; the blue light photoreceptors), and that physical interactions between Cry and phytochromes proteins have been demonstrated (Demotes-Mainard et al., 2016).

## Cryptochromes

Cry are found in all living organisms (Chaves et al., 2011; Yu and Fischer, 2018). They belong to the photolyase family of proteins and use flavin adenine dinucleotide (FAD) as a cofactor (**Figures 6B,C**). Photolyases and Cry from the DASH (for *Drosophila, Arabidopsis, Synechocystis*, Human) family (Cry-DASH) are involved in DNA repair (Tagua et al., 2015), which operates between 350 and 530 nm. In plants and animals Cry1 and Cry2 have lost the DNA repairing property. UV-A (λmax 370 nm) and blue (λmax 450 nm) radiations activate an electron transfer and reduction of FAD (initially in an oxidized form) (Huche-Thelier et al., 2016; Liu et al., 2016; **Figure 6C**). In the animal kingdom Cry are also part of the circadian clock molecular machinery, *i.e.*, they ensure both the capture of the light signal (input to the clock) and the function of the clock itself. However, this is not the case in vertebrates where they are no longer light sensitive (see section "Orientation in Time: The Circadian Clocks" below).

As mentioned above, Cry interact with phytochromes in plants, where they also regulate phototropin expression (see section "LOV (Light, Oxygen, or Voltage) Domain Proteins"). They are also involved in the mechanisms of orientation (insects) and magnetoreception (plants, insects, birds) (Chaves et al., 2011; Gehring, 2012). For example, strong magnetic fields reduce plant growth in blue light but not in red light. In Cry deficient (*Cry*−/−) *Drosophila* (*Drosophila melanogaster*) and cockroaches (*Periplaneta americana*), magnetic field orientation function is lost while it is restored in transgenic animals expressing the human gene (*Cry2*+/+) (Bazalova et al., 2016). Similarly, magnetic field orientation through retinal Cry has been demonstrated in migratory birds (particularly nocturnal migrants) and, under dim light intensity, orientation remains correct only at wavelengths under 530 nm

Folio Nº 2491

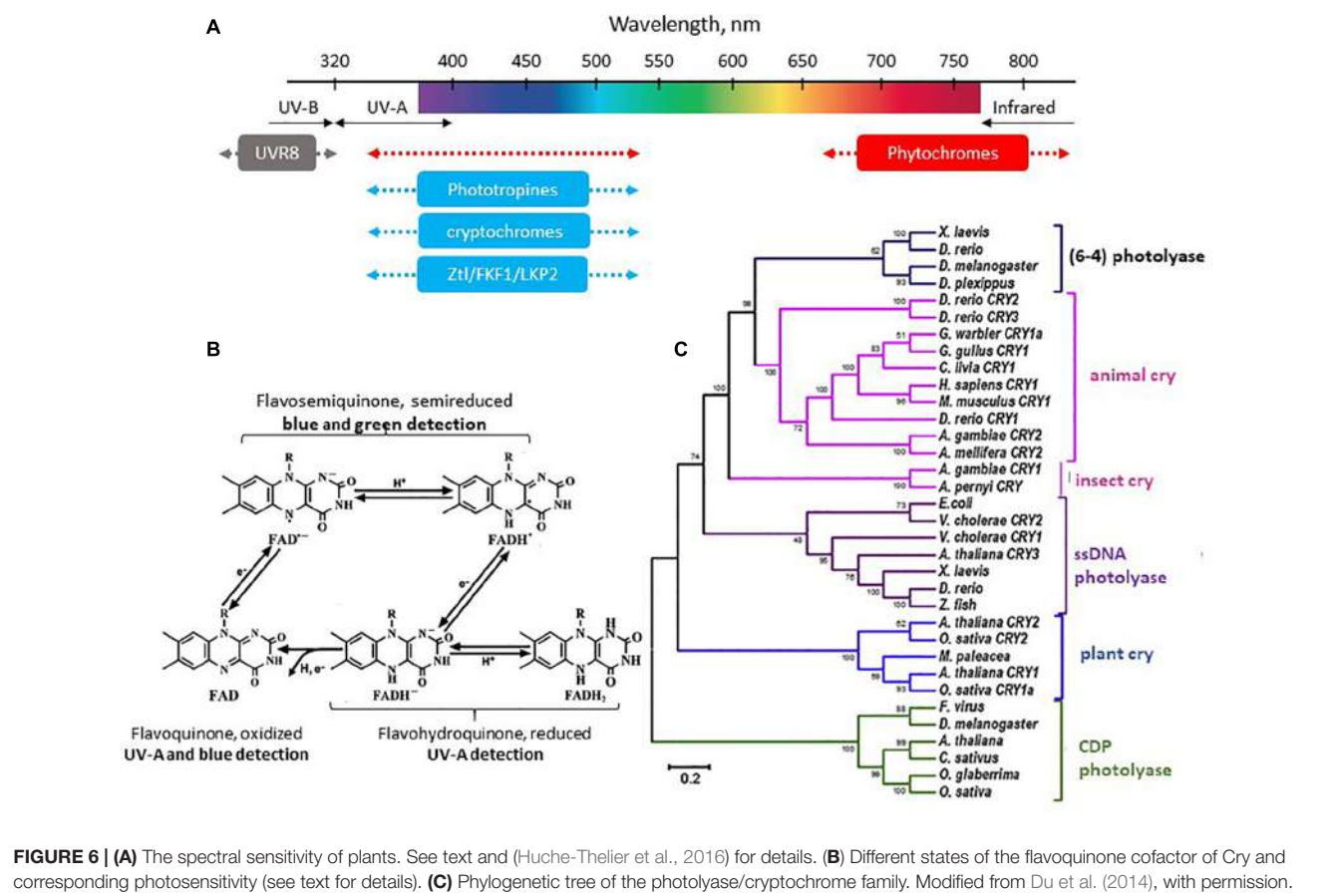



**FIGURE 6 | (A)** The spectral sensitivity of plants. See text and (Huche-Thelier et al., 2016) for details. (**B**) Different states of the flavoquinone cofactor of Cry and corresponding photosensitivity (see text for details). **(C)** Phylogenetic tree of the photolyase/cryptochrome family. Modified from Du et al. (2014), with permission.

(Mouritsen et al., 2004a,b; Solov'yov et al., 2010; Niessner et al., 2011; Fusani et al., 2014).

## LOV (Light, Oxygen, or Voltage) Domain Proteins

Light, oxygen, or voltage domain containing proteins are a family of blue light receptor proteins that include phototropins, ZTL/FKF1/LKP2 and aureochromes (Suetsugu and Wada, 2013). Phototropins are specific to green plants (land plants and green algae) and ZTL/FKF1/LKP2 to land plants. Aureochromes are specific to photosynthetic stramenopiles, including yellow-green algae (*Xanthophyceae*), brown algae (*Phaeophyceae*), and diatoms (*Bacillariophyceae*).

Phototropins are serine/threonine kinase proteins, which are sensitive to blue and UV-A light (**Figure 6A**). They use mono-nucleotide flavin (FMN) as chromophore. Studies in *A. thaliana* have demonstrated that phototropin expression is regulated by phytochromes and Cry (Huche-Thelier et al., 2016). Phototropins are involved in the control of phototropic responses (hypocotyl and stem bending, and leaf positioning), the accumulation of chloroplasts and opening of the stomata (responsible for gaseous exchanges between the plant and its environment) (Huche-Thelier et al., 2016).

Like the phototropins, ZTL (Zeitlupe), FKF1 (Flavin-binding Kelch), and LKP2 (LOV Kelch Protein-2) are also associated with FMN and responsive to blue and UV-A wavelengths (**Figure 6A**; Suetsugu and Wada, 2013). ZTL regulates the circadian clock either directly (through degradation of key clock proteins) but also can indirectly affect the flowering time. LKP2 and FKF1 predominantly control photoperiodic flowering (scent emission, corolla opening, and movements), the former through regulating the circadian clock, and the latter acting downstream of the clock; studies also suggest they contribute to controlling hypocotyl growth (Imaizumi et al., 2003; Dodd et al., 2015; Yon et al., 2016). In fungi, the blue photoreceptor proteins White Collar-1 (WC1) and Vivid (VVD), two LOV domain-containing photoreceptors, are part of the circadian clock machinery (Hurley et al., 2015; Yu and Fischer, 2018; Saini C. et al., 2019).

## Opsins

Opsins are members of the G-protein-coupled 7 transmembrane domain receptor (GPCR) superfamily that are associated with the chromophore retinal. This feature is a fundamental distinction between opsins and phytochromes, Cry and LOV-domain containing proteins, which are cytosolic. Upon illumination, retinal isomerizes from the 11-*cis* to all-*trans* configuration (in vertebrates), or all-*trans* to 13-*cis* (in bacteriorhodopsin), triggering the cellular response to light (Shichida and Matsuyama, 2009). Opsins, evolved

Folio Nº 2492

from a common ancestral molecule ∼ 700 million years ago (**Figure 7**), show enormous diversity in structure, tissue distribution and function (Porter et al., 2012); more than 1000 sequences are available (Shichida and Matsuyama, 2009). The two categories, microbial (type I) and animal (type II) opsins, share a common architecture but with little sequence homology and have different functions (Kandori, 2015).

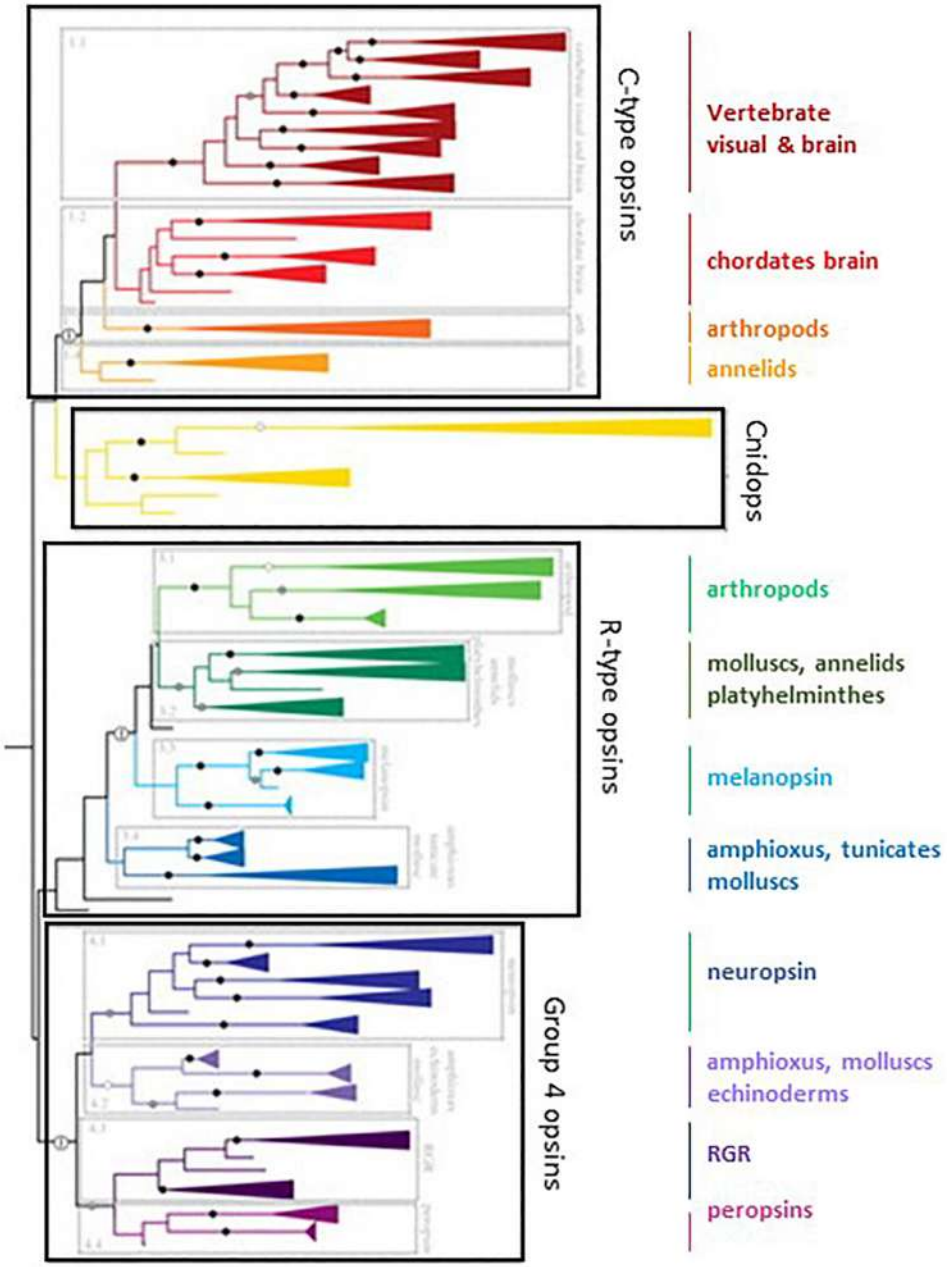



**FIGURE 7 |** The family of opsins in the tree of evolution. C-opsin family includes the vertebrates visual and brain opsins (Rh1, Rh2, SWS1, SWS2, M/LWS, pinopsins, parapinopsins, vertebrate ancient and parietal opsins), the chordates' brain opsins (teleost multiple tissue opsins (TMTs), encephalopsins and uncharacterized amphioxus and urchin opsins), the arthropod opsins (honeybee ptersopsin, and uncharacterized insect and *Daphnia pulex* opsins), and the annelids group (uncharacterized *Platynereis* brain and urchin opsins). Cnidops family includes ctenophore and *cnidiarian* opsins. R-type opsins include the arthropod visual pigments (M, LWS, and SWS), the annelid, Platyhelminthes and mollusc visual pigments, the melanopsins (vertebrates' melanopsin 1 and 2, and amphioxus sequences) and uncharacterized tunicate, amphioxus and mollusc opsins. Group 4 Opsins include neuropsins (four separate clades), amphioxus, sea urchin and scallop opsins, RGR (uncharacterized mollusc opsins) and peropsins (amphioxus and hemichordate opsins). See text and (Porter et al., 2012) for more details. Modified from Porter et al. (2012). No special permission required.

Folio Nº 2493

### *Type I or microbial rhodopsins*

Microbial opsins display great diversity and heterogeneity, comprising archaeal light-activated ion pumps, sensory rhodopsins and halorhodopsins (in bacteria, fungi, cyanobacteria, and dinoflagellates), and rhodopsin channel in green algae. Type I rhodopsins are usually proton or chloride ion ($Cl^-$) pumps with green ($560 < \lambda < 590$ nm) or blue ($\lambda$max: 490 nm) absorption maxima, the latter being particularly observed in deep-sea bacteria (Shichida and Matsuyama, 2009).

### *Type II or animal rhodopsins*

Originally opsins were classified in two groups, the C-opsins and the R-opsins, based on the belief they were specific for ciliary photoreceptors (for the former), and rhabdomeric photoreceptors (for the latter). This was shown recently to be an oversimplification (Leung and Montell, 2017). Several animal opsin subfamilies are now recognized, classified as a function of the G-protein they are coupled to and the different intracellular pathways they activate (Porter et al., 2012; Oakley and Speiser, 2015; Terakita et al., 2015). These include the vertebrate visual and non-visual opsins (Gt-coupled), encephalopsin (opn3, Gi/Go-coupled), invertebrate opsin (Go-coupled), cnidarian opsin (Gs-coupled), neuropsin (opn5, Gi-coupled) and melanopsin (Gq-coupled). The function of the two others, peropsin and photoisomerase, is less well known. Type II rhodopsins share less than 20% identity between them. In each group there are some involved in light capture and others whose functions remain unknown. It is noteworthy that the melatonin receptor line appeared after the very first duplication of the ancestral opsin gene (Feuda et al., 2012; **Figure 7**).

Vertebrate opsins, encephalopsins, Go and Gs opsins are expressed in ciliary photoreceptor cells of the retina and pineal gland of vertebrates, while Gq opsins are expressed in rhabdomeric photoreceptor cells of invertebrates (Shichida and Matsuyama, 2009). In vertebrates, opsins are also expressed in the inner layers of the retina, as is the case for VA (vertebrate ancient) opsin in the inner nuclear layer of non-mammalian vertebrates, or melanopsin in a specific set of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs) in mammals (Jiang et al., 2018) (see also "*Type II or animal rhodopsins*"). Mammals possess a single melanopsin gene (Opn4m, for mammalian), whereas all other vertebrates have at least two (Opn4m and Opn4x [for *Xenopus*]). Chicken Opn4m is restricted to a subset of RGC while Opn4x is found in a different subset of RGC as well as horizontal cells (Verra et al., 2011). There are also long and short isoforms of both Opn4m and Opn4x, which also have differential distributions. In addition to the retina and pineal complex of non-mammalian vertebrates, non-visual light sensitive opsins are also expressed in several brain regions (Hang et al., 2016), scattered throughout the brain (fish) or restricted to the diencephalon (frogs, reptiles and birds) (Pérez et al., 2019). These opsins mediate non-visual light detection regulating many functions, including early development, locomotor activity, or annual control of reproduction, as suspected from very early studies in fish (Von Frisch, 1911) and birds (Benoit, 1935), and now unequivocally demonstrated (Nakane et al., 2010, 2013; Fernandes et al., 2012; Hang et al., 2014, 2016; Currie et al., 2016) (see also **Figure 11**). Melanopsin (humans) and encephalopsin (rat) have also been detected in the mammalian brain (Nissilä et al., 2012a,b) but it is unknown whether they are linked to a direct sensitivity to light reported for the mammalian brain (Leung and Montell, 2017). A few studies also report the localization of opsins in the brain of a variety of invertebrates (larvae and adult) (Spaethe and Briscoe, 2005; Shiga and Numata, 2007; Donohue et al., 2018). In most of these cases this non-visual photoreception controls behaviour and daily rhythms.

Opsins have also been detected in the skin dermatophores and photophores of vertebrates and invertebrates (Tosini and Avery, 1996; Binder and McDonald, 2008; Pankey et al., 2010; Chen et al., 2014; Baker et al., 2015; Delroisse et al., 2018). These dermatophores participate in the control of pigment aggregation (fish, amphibians), positive (lizard), or negative (gastropod) phototaxis, and the migratory cycle (lamprey). In mice, OPN5 mediates photo-entrainment of clock genes in skin cells (Buhr et al., 2019), and OPN3 mediates blue-light activation of lipolysis in adipocytes (Nayak et al., 2020). Finally, in mammals melanopsin is expressed in blood vessels and iris muscle, being involved in the control of photo-relaxation and pupillary constriction respectively (Leung and Montell, 2017).

### *Wavelength discrimination of opsins*

Evolution has led to a diversification of opsin genes, resulting from a succession of mutations and whole genome duplications, followed by gains of function or losses of one paralog. The spectral sensitivity peaks of opsins range from ∼310 to ∼700 nm in the animal kingdom (between ∼400 and ∼650 nm in vertebrates) (Rowe, 2002; **Figure 8**). It is not the purpose to discuss here the ways animals discriminate colours; this has been extensively reviewed elsewhere (Lamb, 2013; Olsson et al., 2017; Jacobs, 2018). Rather, we want to emphasize the wide variety of situations - from a single opsin up to several dozens - that can be found from one species to another.

In vertebrate rods, rhodopsin (Rh1) is responsible for the achromatic response (though amphibians and geckos are capable of colour discrimination under scotopic conditions due to two sub-populations of rods detecting light of different wavelengths). The chromatic response is provided by multiple cone sub-types, each expressing one type of opsin, although co-expression of different opsins in one single cone is not an exception (Isayama et al., 2014). Up to four groups of opsins are expressed in cones, maximally sensitive in the UV/blue (SWS1, SWS2), the green/yellow (Rh2) and the red (LWS) ranges (Jacobs, 2018). Whereas most mammals have only two cone pigments (SWS1 or SWS2, and Rh2), diurnal old-world primates have three (SWS2, Rh2, and LWS) (Rowe, 2002; Imamoto and Shichida, 2014). Many marine mammals and a few nocturnal rodents, carnivores, and primates have secondarily lost the S cone pigment and became monochromatic (**Figure 8**). Invertebrates often display higher diversity as they may possess from a few up to several dozens of visual opsin genes, depending on the species, covering from the UV to the far red wavelengths (Jacobs, 2018; Warrant, 2019; **Figure 8**). In both vertebrate and invertebrate eyes, photoreceptors and photopigments often display a non-uniform distribution within the retina,

Folio Nº 2494

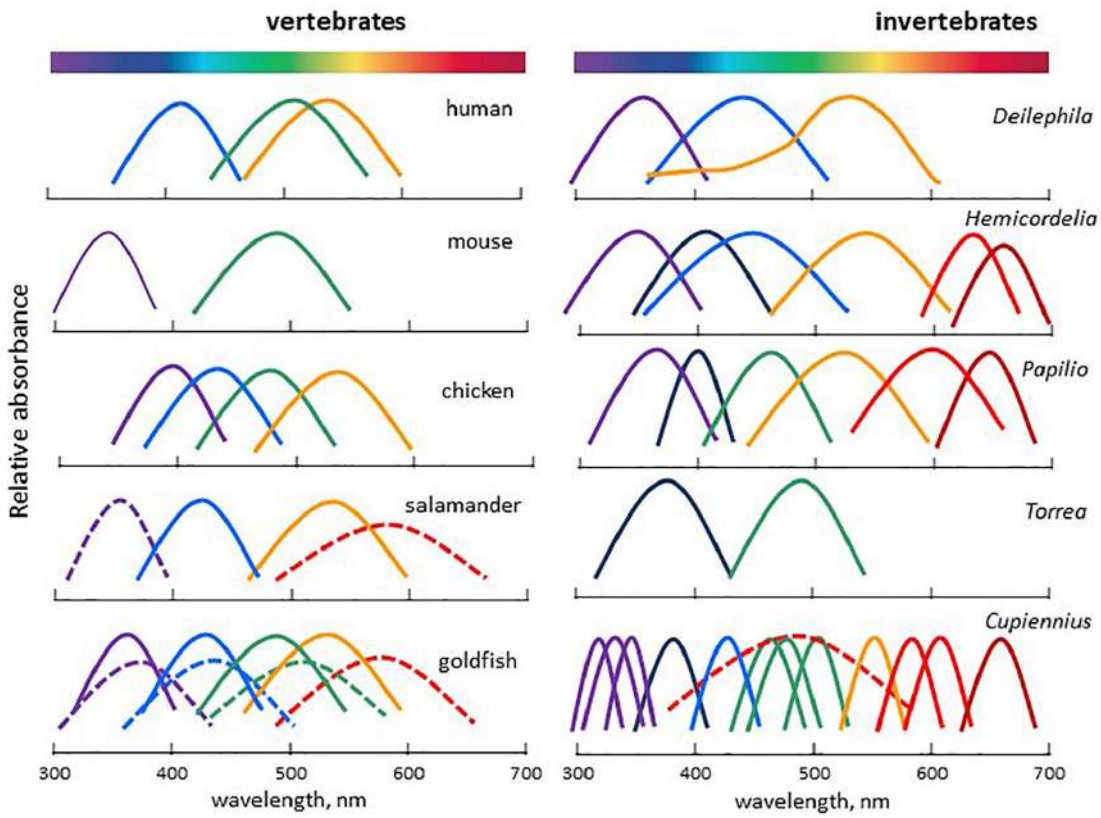



**FIGURE 8 |** Spectral sensitivity curves of selected vertebrate and invertebrate representatives, illustrating the wide variety of light detection systems encountered. **Vertebrates:** human *Homo sapiens*, mouse *Mus musculus*, chicken *Gallus domesticus*, Salamander *Salamandra*, goldfish *Carassius auratus*. **Invertebrates:** elephant hawk moth *Deilephila elpenor*, dragonfly *Hemicordulia tau*, butterfly Papilio *xuthus*, annelid worm Torrea *candida*, nocturnal spider *Cupiennius salei*. Adapted and modified from Imamoto and Shichida (2014), Warrant (2019).

in a stochastic/regionalized, regionalized, or ordered manner, providing specific adaptations to the ecological niche they occupy (Viets et al., 2016; Marshall, 2017; Stöckl and Kelber, 2019; Warrant, 2019). Specific adaptation to the local environment is often observed underwater where the composition of the available light depends on many factors, including depth, time of day and other physical parameters (**Figure 9**). To compensate for these changes, underwater animals have developed mechanisms that alter spectral sensitivity (Temple et al., 2008), including gain or loss of a photoreceptor class, changes in chromophore type [retinal (A1) or 3,4-dehydroretinal (A2)] and expression of different opsin classes or subtypes within a photoreceptor class. The changes may occur during development or depending on the species requirements in adulthood. Light-induced shifts in cone frequency and opsin expression occur in many aquatic species; the expression of opsins is modified by the population habitat and lighting conditions in the Bluefin Killifish, *Lucania goodie*, and during development in Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in a manner that maximizes photonic capture (Fuller and Claricoates, 2011). Similarly, ontogenetic and sexual variations in the expression of opsins have also been described in insects (Temple et al., 2008; Arikawa et al., 2017; Lichtenstein et al., 2018).

## ORIENTATION IN SPACE: PHOTOTAXIS, PHOTOTROPISM

Orientation in space, defined as phototaxis in animals and phototropism in plants, are movements in response to the lighting environment. Positive and negative phototaxis (*i.e.*, towards or away from the light stimulus) is most often triggered by blue light detection, but not only (Randel and Jekely, 2016). It may cover the whole spectrum, from UV/A up to near-infrared (Cyanobacteria, Chau et al., 2017; Wilde and Mullineaux, 2017) or just part of it (UV to green in the fruit fly *Drosophila melanogaster* larvae, Humberg and Sprecher, 2017); UV/blue in Hemiptera *Diaphorina citri* (Paris et al., 2017); near-infrared in the zebrafish *Danio rerio* larvae (Hartmann et al., 2018); and green in the bat *Pipistrellus nathusii* (Voigt et al., 2017). Animals (particularly aquatic larvae) may change their preferences during development.

Phototropism characterizes plants and fungi, which, as sedentary organisms, have evolved the ability to alter their growth to optimize light capture and photosynthesis (Goyal et al., 2013; Fankhauser and Christie, 2015; Schumacher, 2017). In most plants and fungi phototropism is triggered by both red and UV-A/blue light, while in flowering plants blue light

Folio Nº 2495

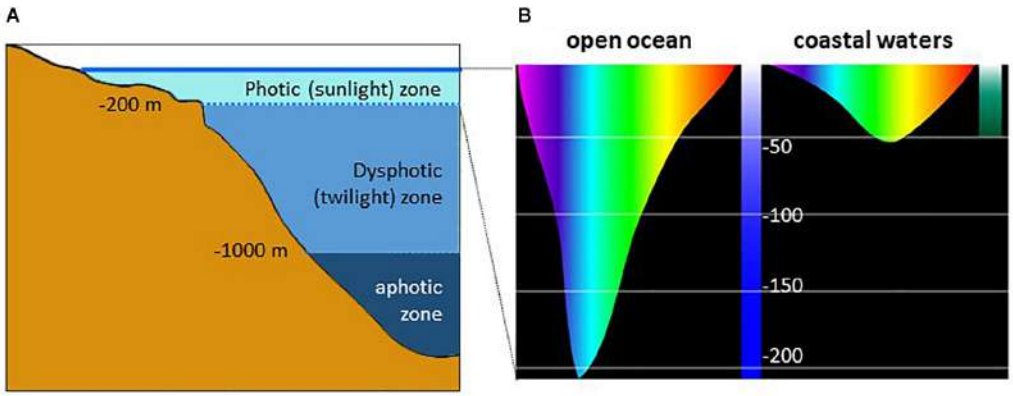



**FIGURE 9 | (A)** Penetration of light into the water column and **(B)** illustration of the depth at which different colours of light penetrate ocean waters. (**B** is modified from the NOAA Office of Ocean Exploration and Research, with permission).

is the predominant signal. In *Botrytis cinerea*, a pathogenic fungus of plants, light stimulates germination of the conidia, while dark stimulates its growth. Also, germ tube growth is reduced by near-UV, blue and far-red light, which induce negative phototropism, while red light promotes germ tube elongation and induces positive phototropism (Schumacher, 2017). In fact, negative phototropism induced by near-UV/blue light increases pathogenicity, whereas positive phototropism induced by red light suppresses it.

## ORIENTATION IN TIME: THE CIRCADIAN CLOCKS

Orientation in time is provided by the so-called circadian system. This system is made of circadian clocks, which function autonomously and rhythmically with a period of approximately 24 h (Bell-Pedersen et al., 2005). Circadian clocks are present in virtually all living organisms, including cyanobacteria, micro-green algae, plants, fungi and animals (**Figure 10**). The alternation of light and dark during the 24 h LD cycle is the main environmental input signal to the clocks (although there are others such as food intake, temperature or social interaction), synchronizing and entraining their autonomous activity with the natural world. In return, the clocks produce a number of rhythmic messages, either through direct gene regulation (so-called clock-controlled genes or ccg) or indirectly through activating second messenger cascades. Together, the rhythmic input to the clocks, the clocks themselves and their rhythmic outputs, constitute *the circadian system*. Such an organization governs myriad metabolic, physiological and behavioural processes, thereby synchronizing their activities with the natural periodicities (Reiter, 1991; Falcón et al., 2007b, 2010; Bloch et al., 2013; **Table 1**). It has been estimated that between 10 and 20% of the genome shows a circadian expression (about 3,000 genes in humans), while a recent study of non-human primates showed that >80% of *de novo* transcripts were rhythmic (possibly under circadian control but also possibly evoked by the light-dark cycle or the sleep-wake cycle) (Mure et al., 2018).

It is believed that circadian clocks appeared very early in evolution as an adaptive function linked to DNA replication. By limiting DNA replication to the night phase, UV-induced damage to DNA could be blocked (Pegoraro and Tauber, 2011). Over geological time selective pressure turned this simple passive process into an active one, allowing anticipation of predictable changes. Among the myriad daily and annual functions displaying clock-controlled rhythmicity are the rest/activity cycle, food intake, flowering, vertical and horizontal migration, growth, reproduction, and many more (**Table 1**). In addition to their ubiquitous character and the persistence of rhythmic activity under constant light (LL) or darkness (DD) (free-running), other characteristics of a circadian clock include (1) genetic determination (*i.e.*, each species has its proper period close to 24 h, but inter-individual variations are observable within the same species), (2) synchronization by other factors (*e.g.*, rainfalls, moon cycles, food intake, tides) in addition to the LD cycle; (3) temperature compensation, *i.e.*, the clock's period is not affected by temperature; (4) lengthening or shortening of the period with light intensity under constant light (LL); (5) induction of phase advances or phase delays by light sequences applied at different times under DD; (6) resynchronization by an environmental stimulus once constant conditions have ended. Virtually all cells possess internal clock machinery.

It is worth mentioning that in addition to the circadian clocks many organisms have developed circannual time measuring systems. As is the case for the circadian clocks, circannual clocks are ancestral, ubiquitous, autonomous, entrained by photoperiod and temperature compensated (Lincoln, 2019). The location and mechanisms of the circannual clocks, still poorly understood, are discussed elsewhere (Numata et al., 2015; West and Wood, 2018; Wood and Loudon, 2018; Murphy, 2019).

### Localization of the Circadian System

#### Plants

There is evidence that multiple and distinct circadian clocks are present in different tissues of plants. The first example was obtained from bean plants, in which stomatal opening,

Folio Nº 2496

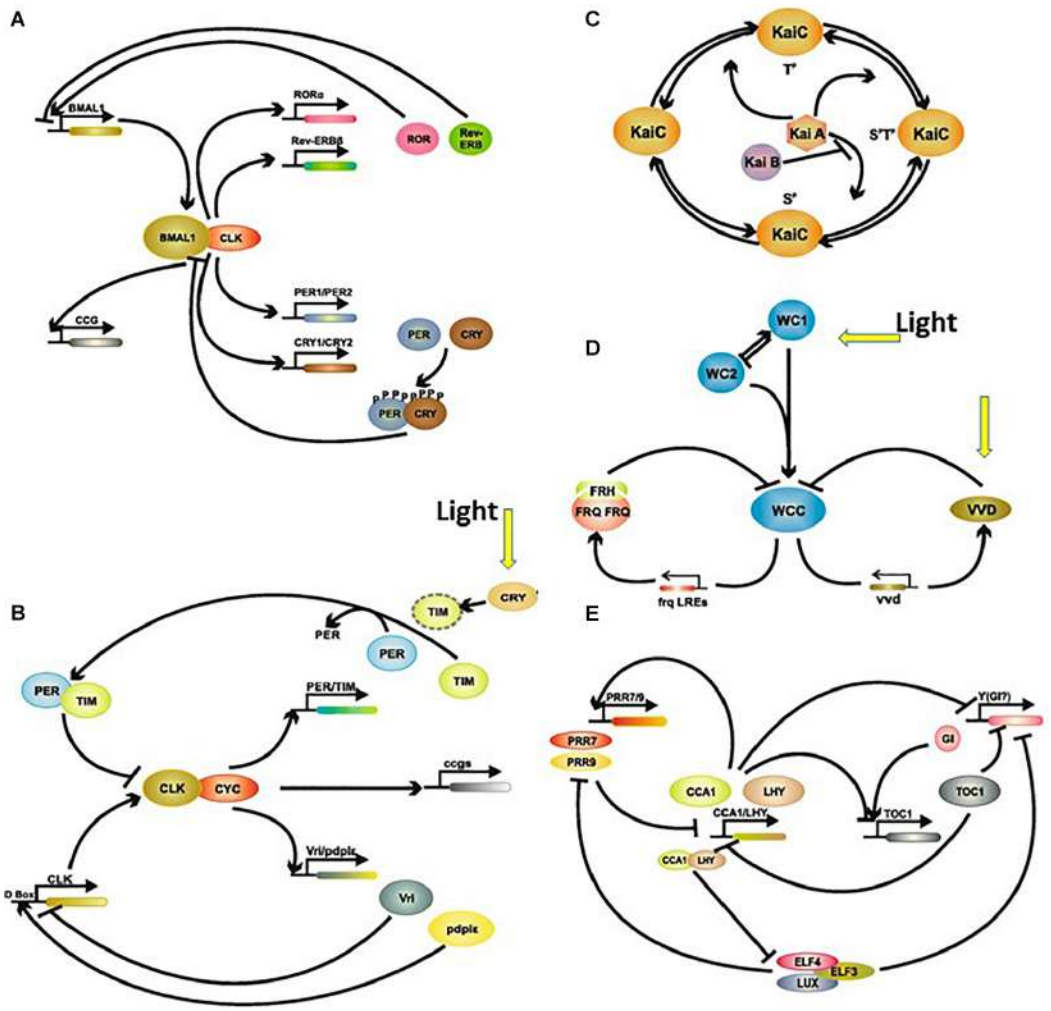



**FIGURE 10 |** Simplified schematic representation of the circadian clock in (**A**) mammals, (**B**) insects, (**C**) Cyanobacteria, (**D**) fungi, and (**E**) plants. For details see Saini R. et al. (2019). Abbreviations: CCA1, circadian clock associated 1; CCG, clock controlled genes; Clk, clock; CRY, cryptochrome; CYC, cycle; ELF, early flowering; FRH, FRQ-interacting RNA, helicase; FRQ, frequency; GI, gigantea; LHY, late elongated hypocotyl; LUX, lux arrhythmo; PER, period; Rev-Erbβ (orphan nuclear receptor family 1); PRR, pseudo-response regulator; RORα, retinoic acid receptor (RAR)-related orphan receptors; TIM, timeless; TOC1, timing of cab expression 1; VVD, vivid; WC, white collar; WCC, white collar complex. Modified from Saini R. et al. (2019) No special permission required.

photosynthesis, and leaflet movement rhythms displayed different periods under free-running conditions. In addition, it seems that in some cells the 24 h LD cycle is the dominant synchronizing factor, while in others it is the 24 h temperature cycle. The question has arisen as to whether there is a central pacemaker or a hierarchical coupling between different clocks in plants as is the case in animals, and how these different clock activities synchronize with each other. It has been hypothesized that the oscillations in sugar concentrations and/or microRNA (miRNA) might play this role (Endo, 2016).

More is known in invertebrates and vertebrates, where all cells possess molecular clock machinery, forming a network of more or less potent and hierarchically organized units (Falcón et al., 2007b; Dibner et al., 2010; Vatine et al., 2011; Ito and Tomioka, 2016). The hierarchical order varies according to the class and species considered.

## Vertebrates

In fish and lizards, the circadian system is made of a network of independent and interconnected light-sensitive oscillatory units located in the retina, the pineal gland and probably also in the brain (Tosini et al., 2001; Falcón et al., 2007b). Studies in the zebrafish indicated that virtually all cells from any tissue are light sensitive circadian oscillators (Steindal and Whitmore, 2019), but the great variety of fish species precludes making any generalization. In any case, the pineal gland appears to act as a potent master oscillator, depending on the species (Underwood, 1989; Whitmore et al., 1998; **Figure 11**). The photoreceptor cells in the retina and pineal gland actually constitute full circadian systems by themselves, as they possess the light transduction machinery that provides input to the clock, as well as the machinery that produces the output signal of this clock, *i.e.*, melatonin (Pickard and Tang, 1994; Bolliet et al., 1997;

Folio Nº 2497

**TABLE 1 |** Some examples of demonstrated impacts of the clocks on organisms.

| Fungi | Unicellular algae | Plants | Insects | Vertebrates |
|---|---|---|---|---|
| Cell division | | | | |
| Metabolism | | | | |
| Enzymatic activities | | | | |
| Growth | | | | |
| Reproduction | | Reproduction | | |
| | | | Mating | |
| | | | Neuroendocrine regulations | |
| | | Seed germination & senescence | Hormonal fluctuations | |
| | Mobility | Movements (leaf, cotyledon, chloroplast, flowering, stomatal opening) | Locomotor activity, migration schooling behaviour (fish) | |
| | | | vocalisation (birds, insects) | |
| | Photosynthesis | Photosynthesis & respiration | Activity/sleep | Activity/sleep |
| | | | Feeding | |
| | | Seasonal timing | | |
| | | Ion fluxes | | Cardiovascular regulations |
| | | | Vocalisation | |
| | Susceptibility to drugs | Susceptibility to stress, immunity (vertebrates) | | |
| | | | | Pigmentation fur or feathers renewal |
| | | | Retinal and visual sensitivity retino-motor movements (fish) | |

Gothilf et al., 1999). A major difference between the retina and pineal gland lies in the fact that retinal melatonin is generally used and metabolized locally (**Figure 11**). In the pineal gland, melatonin is typically produced in higher amounts at night than during the day, and is immediately released into the blood or cerebrospinal fluid. The duration of this nocturnal signal reflects the duration of the night, while its amplitude varies with temperature in a species-specific manner (Underwood, 1989; Falcón, 1999). Thus, daily and annual variations in the melatonin secretion profile provide a reliable indication of daily and calendar time, which is used as a time-keeping signal to synchronize physiological and behavioural processes with daily and annual variations in photoperiod and temperature (see section "Clock Outputs and Photoperiodism").

The strength and reliability of the melatonin time-keeping signal is reflected in its conservation throughout vertebrate evolution. However the modality of melatonin production has been profoundly modified from fish to mammals as a result of dramatic structural and functional modifications of the whole circadian network. In mammals, the circadian components are located in distinct specialized areas. A "master clock" is located in the suprachiasmatic nuclei (SCN; ∼5,000 to 30,000 cells) of the hypothalamus, which interacts with a network of peripheral oscillators (Harder and Oster, 2020). Photoperiodic input to the SCN comes from the retina *via* the retino-hypothalamic tract: while light information encoded by the retina is mostly directed to the visual cortex through ganglion cells (RGC), a small number of these - the melanopsin-containing or intrinsically photosensitive (ip) RGC (see section "Type II or Animal Rhodopsins") - send information to the SCN (as well as numerous other brain nuclei) (Do, 2019). One downstream effector of the SCN is the pineal gland, with its rhythmic melatonin production; but the gland has lost all intrinsic photoreceptive and circadian properties (Collin et al., 1988; Klein et al., 1997). Rhythmic information from the SCN is transmitted to the pineal gland *via* a poly-synaptic neural pathway (Klein et al., 1997; Falcón et al., 2007b). The few studies performed in Sauropsida (birds and reptiles) indicate that melatonin secretion by the pineal gland is controlled by both direct and indirect photosensitivity (Cassone, 2014).

## Invertebrates

Insects include more than 1 million species, displaying a huge diversity in all aspects of organization and life style, and there is much variation in the anatomical organization of the circadian network in the insect brain (Bloch et al., 2013). Despite this diversity, there are striking similarities in the principal organization of circadian clocks. In the fruit fly *Drosophila melanogaster* the network consists of a few hundred neurons (Hermann-Luibl and Helfrich-Foerster, 2015). A master clock is located in scattered nuclei located in the optic lobes and brain, composing a neuronal network (Tomioka and Matsumoto, 2010; Hermann et al., 2013; Hermann-Luibl and Helfrich-Foerster, 2015). These neurons utilize mainly neuropeptides as signalling molecules, including pigment-dispersing factor (PDF), which appears to be well-conserved in putative master clock neurons of all insects studied so far (including apterygotes, orthopteroids, coleoptera, hymenoptera, lepidoptera and diptera

Folio Nº 2498

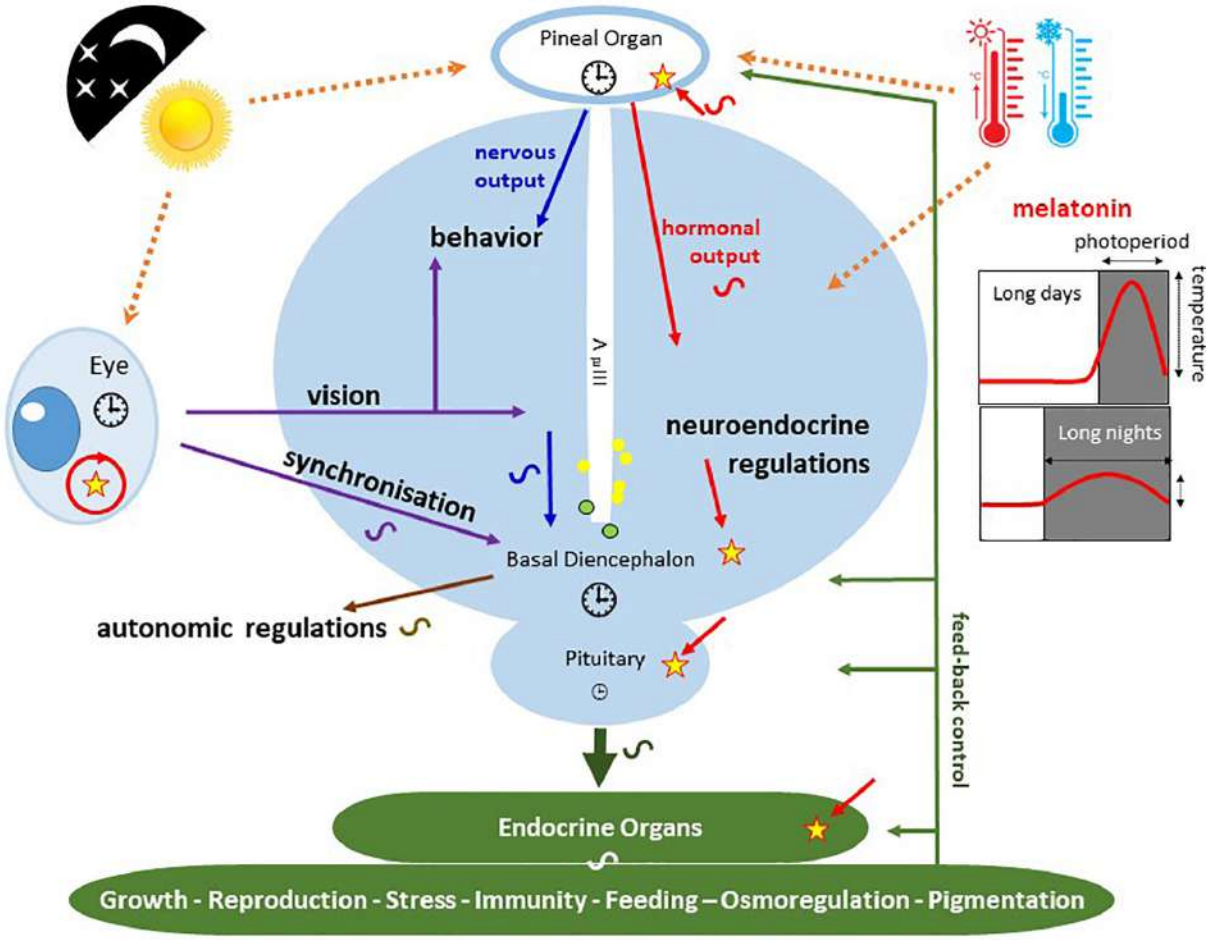



**FIGURE 11 |** Schematic representation of the photoneuroendocrine organization in the non-mammalian brain. The drawing pictures a frontal section of the brain diencephalic area. Light information is captured by the lateral eyes and the pineal organ. Photosensitive units, expressing different types of opsins, have also been identified along the 3rd ventricle (3rd V; yellow and green circles). Major circadian clock machineries are present in the pineal and retinal photoreceptors as well as in the basal diencephalon (preoptic area [POA] and suprachiasmatic nuclei [SCN]) of lizards and birds. The pineal gland of fish and lizards also integrates temperature information from the external environment. The concomitant action of light, temperature and other internal factors, shapes the rhythmic nervous (blue) and hormonal (red; melatonin) outputs (see text for details), providing a temporal message transmitted to the neuroendocrine axis and downstream targets (peripheral endocrine organs). Melatonin acts through specific receptors (stars) distributed in different tissues and organs. While the main retinal output subserves visual function, a few other fibres also terminate in different parts of the basal diencephalon, where some converge with fibres originating from the pineal gland. Some of the targeted areas also express melatonin receptors. This double or triple input contributes to synchronizing the neuronal activity of the basal diencephalon. In sauropsids the POA and SCN neurons also relay retinal information to the pineal gland. The entire neuroendocrine axis is targeted by ALAN together with multiple other disruptors including temperature rises and pollutants [*e.g.*, endocrine disruptors] acting directly or indirectly at different levels of the loop.

Tomioka and Matsumoto, 2010). In *D. melanogaster*, PDF is considered as the main output factor of clocks, acting as a neuromodulator and synchronizing signal between the different central clock neuron clusters (Helfrich-Forster et al., 2011; Hermann et al., 2013). In addition to these central clocks, there is evidence indicating that many other organs or tissues, either nervous (eye and eye stalk, antenna) or peripheral (gustatory system, Malpighian tubules, prothoracic gland, epidermis secreting endocuticle, testis and germinal vesicle), express circadian clock properties (Tomioka et al., 2012). Photoperiodic information captured by the ocular, and in some instances the ocelli photoreceptors, entrains the central oscillators, which in turn deliver information to slave peripheral oscillators. In crickets and cockroaches this pathway is essential (Tomioka and Matsumoto, 2010; Tomioka et al., 2012). In other species (*e.g.*, *Drosophila*) the central brain and some of the peripheral oscillators are fully integrated circadian systems as they are able to capture light and thus synchronize their clocks and output functions *in vitro* (Tomioka et al., 2012), in a manner similar to that described for the zebrafish (Whitmore et al., 1998). In the eye, the Rh1 and Rh6 rhodopsins are implicated in entrainment to red light (*D. melanogaster*), while in the brain and peripheral oscillators it is likely to be the UV A/blue pigment Cry1 (drosophila *D. melanogaster* and Monarch butterfly

Folio Nº 2499

*Danaus plexippus*) (see section "Phytochromes") (Tomioka and Matsumoto, 2010). It is noteworthy that the central brain circadian system is highly plastic as photoperiodic changes have been reported in fibre distribution or number of clock neurons (Shiga, 2013).

## The Molecular Mechanisms of Circadian Clocks

The purpose here is to highlight the universality of the underlying principle as well as the wide range of situations encountered regarding the qualitative aspects of clock entrainment by light (Bhadra et al., 2017; Saini R. et al., 2019).

Irrespective of the organism studied, the molecular clock mechanism consists of one or more transcription/translation negative feedback loops of varying complexity (**Figure 10**). Because the functioning of the clock involves similar operating mechanisms with different molecular actors, it is thought that clocks have appeared independently several times during evolution (Pegoraro and Tauber, 2011). The number of these actors varies from a few (fungi, green algae) to many (plants, animals) (Saini R. et al., 2019). The molecular mechanisms of the circadian clocks, have been described in detail in Cyanobacteria, fungi (*Neurospora crassa*), plants (*Arabidopsis thalliana*), green algae (*Chlamydomonas reinhardtii*, *Ostreococcus tauri*), insects (*Drosophila melanogaster*) and several representatives of vertebrates including human (Tomioka and Matsumoto, 2010, 2015; Ukai and Ueda, 2010; Nakamichi, 2011; Peschel and Helfrich-Forster, 2011; Vatine et al., 2011; Hurley et al., 2015; Ito and Tomioka, 2016; Koritala and Lee, 2017; Gil and Park, 2019). Strong conservation of the operating modes is observed between insects and mammals, including at the level of the molecular actors (Tomioka and Matsumoto, 2015; **Figure 10**). It is worth mentioning that post-transcriptional regulation and protein modification, such as phosphorylation and oxidation, have been hypothesized as alternatives ways to building a ticking clock (Millius et al., 2019).

## Light Input to the Clock

Light is the main input to the clocks. The effects on the circadian timing systems depend on the intensity, duration, spectrum and pattern of the light stimulus; for a review in humans see Prayag et al. (2019). In the animals investigated thus far, short and middle wavelengths are strongly involved in synchronization and entrainment. In vertebrates, the effective wavelengths are comprised between 420 and 500 nm, the highest efficiency being obtained between 450 and 480 nm (Ramos et al., 2014; Prayag et al., 2019). In mammals, this corresponds to the spectral response of melanopsin from the ipRGC of the retina (see "*Type II or animal rhodopsins*"). However, it is not excluded that the mechanisms of light-induced clock entrainment are more complex than believed. Indeed, it has been observed that colour opponent mechanisms can induce phase advances or phase delays in the circadian rhythm, depending on light intensity and spectral composition, in the pineal organ of fish, frogs and lizards (Spitschan et al., 2017). Opposing effects of wavelengths on circadian phase shifts have been shown in the cave-dwelling bat *Hipposideros speoris* (blue *vs*. green) and wild rabbit *Oryctolagus cuniculus* (blue *vs*. yellow). It is noteworthy that a subset of ipRGC, sensitive to UV is also indirectly sensitive (*via* cone perception) to yellow wavelengths in the mouse *Mus musculus*.

In insects such as *D. melanogaster* and other flies, Cry1 is involved both in light capture (see section "Cryptochromes") and molecular function of the clock (**Figure 10**; Saunders, 2012). Cry1 is sensitive to blue light ($\lambda_{max}$ 470). In addition, Rh1 and Rh6 are implicated in entrainment to red light, and Rh1, Rh5, and Rh6 to green and yellow light (Tomioka and Matsumoto, 2010).

In plants, a variety of situations is observed regarding the wavelengths that entrain the clocks. In terrestrial higher plants, *e.g.*, *A. thaliana*, phytochromes (see section "Phytochromes") mediate the effects of red and infrared wavelengths (λ: 700-750 nm), while Cry1 and Cry2 mediate the effects of blue light (**Figure 10**; Chen et al., 2004; McClung, 2006). In microalgae such as *C. reinhardtii* the clock is reset by a wide range of wavelengths: violet, blue/green and red (Niwa et al., 2013; Ryo et al., 2016). Finally, in fungi the light entrainment of the clock is mediated by the WC1 blue photoreceptor species (Bhadra et al., 2017).

## Clock Outputs and Photoperiodism

Clocks control a wide range of peripheral oscillators and related downstream processes, many of them vital, to keep in phase the myriad rhythmic events that take place over the course of a day or a year. We present below a short overview (summarized in **Table 1**), with the help of a few examples taken from unicellular organisms, fungi, plants and animals.

### Unicellular Algae, Plants, and Fungi

*Neurospora crassa* was the first fungi in which endogenous circadian control of its sexual and asexual daily rhythms of reproduction was demonstrated (Zámborszky et al., 2014; Hurley et al., 2015). The asexual cycle consists in the production of conidia during the subjective night, and similar rhythms in conidiospore formation have now been reported in Myxomycetes, Zygomycetes and Ascomycetes (Correa and Bell-Pedersen, 2002). In *N. crassa* and other multinucleated fungi (*Physarum polycephalum* and *Aspergillus nidulansone*), LD cycles also synchronize the timing of mitotic cycles (Edmunds, 1988; Hong et al., 2014). The involvement of the circadian clock has been demonstrated in *Neurospora,* in which 15-20% of the genes are clock-controlled (Zámborszky et al., 2014) (**Table 1**).

Virtually all functions of unicellular algae are rhythmic and synchronized by the LD cycle, including metabolism, enzymatic activities, photosynthesis, cell division cycle, mobility, morphology and chromosome topology, and even the susceptibility to drug treatments or infection by viruses (**Table 1**; Edmunds, 1984). The outputs are generated by 24 h LD rhythms in gene transcription/translation (Welkie et al., 2019).

Similarly, in more distantly related plants such as *A. thaliana*, the rhythms controlled by the circadian clock are plethoric, including gene expression, $Ca^{2+}$ fluxes, chloroplast movements, stomata opening, flowering, cotyledon and leaf movements, metabolic and hormonal activities, or defence against pathogens (Barak et al., 2000; **Table 1**). In a large scale study comparing

Folio Nº 2500

nine representatives of Archaeplastida, including unicellular algae (*Cyanophora paradoxa, Porphyridium purpureum, Chlamidomonas Reinhardtii*), pluricellular algae (*Klebsormidium nitens*), mosses (*Physcomitrella patens*), early vascular plants (*Selaginella moellendorffii*), and late vascular plants (*Picea abies, Oryza sativa, A. thaliana*), it was found that they had similar diurnal transcriptional programs, despite large phylogenetic distances and dramatic differences in morphology and lifestyle (Ferrari et al., 2019; **Table 1**).

### Animals

#### *Vertebrates*

The circadian clocks of vertebrates contribute to controlling a myriad of rhythmic metabolic, physiological and behavioural functions (Boissin and Canguilhem, 1998; **Table 1**). One main output signal from the circadian system of vertebrates is melatonin, the hormone secreted principally at night by the pineal gland ("Vertebrates" and **Figure 11**; Collin et al., 1988; Ekström and Meissl, 2003; Falcón et al., 2007a).

At the molecular level, the clocks govern rhythmic variations in plasma levels of ions, carbohydrates and lipids, and of brain and plasma steroids, and monoamines (serotonin, dopamine) (Delahunty et al., 1980; Olcese et al., 1981; Takahashi, 1996; Tong et al., 2013; Mendoza and Challet, 2014; Hernandez-Perez et al., 2015; Vancura et al., 2016; Song et al., 2017); furthermore, it also regulates the expression of genes or activities of enzymes involved in these changes (Falcón, 1999). At the physiological level, the neuroendocrine system, from the hypothalamus to the pituitary gland and peripheral organs, displays daily and annual fluctuations, which contributes to controlling a wide range of functions as critical as growth, reproduction, stress response, food intake, immunity or osmoregulation (Falcón et al., 2010; Tonsfeldt and Chappell, 2012; Wood and Loudon, 2014; Challet, 2015; Kim et al., 2015; Leliavski et al., 2015; **Figure 11**). The cardiovascular system (blood pressure and heart rate) and neuronal electrical activity (electroretinogram and electroencephalogram) do not escape the rule as they also fluctuate rhythmically (Boissin and Canguilhem, 1998; Peters and Cassone, 2005; Cameron and Lucas, 2009; Talathi et al., 2009; Wood and Loudon, 2014; Petsakou et al., 2015; Cavey et al., 2016; Paul et al., 2016; **Figure 11** and **Table 1**). Finally, in many tissues, clocks also control the cell division cycle (Boissin and Canguilhem, 1998; Steindal and Whitmore, 2019), as well as some adaptive cellular movements including retino-motor movements (the respective elongation and retraction of cones and rods observed in fish and amphibians retinas at the L-to-D and D-to-L transitions) (Kwan et al., 1996; Song et al., 2017). Accordingly, dozens of behavioural activities display daily and annual rhythms, including locomotor activity and sleep, schooling behaviour (fish), pigmentation or fur renewal, vertical (fish) and horizontal (all vertebrates) migration, behavioural thermoregulation (fish), vocalization (fish, birds), food intake, mating and reproduction, etc…(Zachmann et al., 1992; Lincoln et al., 2006; Cancho-Candela et al., 2007; Kantermann et al., 2007; Foster and Roenneberg, 2008; Kulczykowska et al., 2010; Cassone, 2014; Ruf and Geiser, 2015; **Table 1**).

#### *Invertebrates*

The data on invertebrates are not as abundant as for vertebrates, and relate mostly to insects, although more and more studies refer to marine invertebrates. All indicate that the clocks mediate the effects of photoperiod and temperature on a myriad of rhythmic daily and seasonal events (Helfrich-Forster et al., 2011; Arboleda et al., 2019). The most obvious relate to feeding (*e.g.*, foraging in bees, and moths, bugs and mosquitoes bites), reproduction (*e.g.*, courtship behaviour, mating and reproduction), and growth (larval and adult development, diapause, longevity) (Helfrich-Forster et al., 2011; Bloch et al., 2013; Rougvie and O'Connor, 2013; **Table 1**).

The neuromodulator PDF, important for transmitting clock information to downstream effectors, also acts as a circulating hormone (Bloch et al., 2013). There is anatomical and physiological evidence that the invertebrate circadian system influences circulating levels of endocrine signals, including juvenile hormone (JH), ecdysteroids, and "pheromone biosynthesis activating neuropeptide." JH plays key roles in regulating the reproductive physiology and behaviour in insects as well as in controlling the age-related division of labour in social insects. The levels of transcripts of JH biosynthetic enzymes in the *corpora allata* display strong daily rhythms in the bee, mosquito and fruit fly. In the haemolymph, the circulating levels of JH, JH-binding protein and JH-degrading enzymes also display strong circadian dependent variations (Bloch et al., 2013). It is believed that the JH oscillations mediate the circadian rhythms in the levels of neurotransmitters (pheromone biosynthesis activating neuropeptide), and hormones (octopamine; serotonin; dopamine) thought to be important for locomotor activity or reproduction (including the production of pheromones, courtship, mating, and gamete production) (Koutroumpa and Jacquin-Joly, 2014). Similarly, it is suspected that PDF controls the rhythmic production of the prothoracicotrophic hormone involved in the regulation of ecdysteroids, which control moulting (**Table 1**).

Finally, the electrical activity of invertebrates' eyes (electroretinogram) and of the entire visual system display circadian fluctuations (Hernandez and Fuentes-Pardo, 2001). In the Praying Mantis, *Hierodula patellifera*, rhythms are associated with cyclic changes in the colour of the eyes, neural control of eye movement, and gross locomotor activity (Schirmer et al., 2014).

## IMPACT OF ALAN AND LEDs ON LIVING ORGANISMS

> "*Nature is perfect. I keep a diary. I write on which day of the month the flowers bloom and on which day of the month the insects begin to sing. Year after year, these dates hardly vary. They are very regular, this is one of the laws of nature. What goes with the laws is nature. Nature is in accordance with the laws. That's why I believe people should live by imitating nature... Nature does the truth in silence.*"
>
> Master Ekiyo Miyazaki (1902 – 2008).

Folio Nº 2501

## The Generalization of LED Illumination

Initially motivated by the desire to provide more energy-efficient light sources for public lighting (Nair and Dhoble, 2015), the use of LED now concerns a wide range of technological, socio-economic and commercial applications. A variety of sources contributes directly or indirectly (glowing) to outdoors LED lighting: offices and homes, street lighting (**Figure 1**), vehicles, traffic signs, commercial advertising, tourism (architectural and landscaping enhancement), industry (factories, greenhouses), or recreational (outdoor and indoor sports) areas. Aquatic environments are also affected (shorelines and coastlines in urban and suburban areas, offshore platforms, commercial routes or fishing areas, especially night fishing). From such considerations it can be argued that investigations on the effects of outdoors LED are closely associated to those of ALAN, a situation clearly unfavourable to the preservation of the night sky.

Artificial lighting in general, and LEDs in particular, add to the list of numerous anthropogenic pressures that, decade after decade, are changing an equilibrium that has resulted from millions of years of evolution, affecting the tree of life, of which man is only one branch among thousands of others. In the vast majority of cases, studies investigating the impacts of a given factor consider mainly the effects on human health, while impacts on the animal and plant kingdoms are considered mainly within the context of improving productivity in order to satisfy growing human needs of livestock and derived products. This egocentric view is currently directing most of the research on LED; furthermore, the majority of studies are conducted in a controlled environment, while the impact on non-domesticated species and ecosystems are rarely taken into account.

We have given above an overview of the incredibly wide range of strategies that have been developed by unicellular and multicellular organisms (i) to capture and transduce light information into messages conveyed to appropriate targets, (ii) to orientate in space and time and ultimately (iii) to accomplish their essential biological needs. The development of internal clocks reflects adaptation to the highly predictable and reliable variations of the photic environment allowing anticipation and harmonization of the myriad of biological functions to the daily and annual changes of photoperiod. It is therefore not surprising that disturbances of this photic environment, whether in quality, quantity or duration, have more or less marked impacts on living organisms. Below we review, through a few representative examples, how human activities and ALAN, alone or in combination with other anthropogenic factors, alter individuals, species and communities.

## Economical Purposes

### Cultivation of Microorganisms and Plants

Many studies highlight the interest of LEDs for the greenhouse cultivation of plants (Yeh et al., 2014; Nair and Dhoble, 2015; Singh et al., 2015; Dueck et al., 2016; Urrestarazu et al., 2016; Rehman et al., 2017), fungi (Wu et al., 2013; Kim et al., 2014), and unicellular microalgae (Schulze et al., 2014) of agronomic, ornamental or medicinal interest. One major focus resides in the possibility to choose a particular wavelength (of narrow spectral range) or a combination of wavelengths, targeting specific aspects of plant physiology in greenhouse environments (Rehman et al., 2017). In plants, day length, light intensity, and light quality affect morphology, growth and development. The effects of light (whether by LED or other sources) on fungi and plants depend on the range of frequencies they detect. **Table 2** summarizes the effects of different frequencies on the metabolism and physiology of plants. For example, far blue and UV lights are useful for eliminating bacterial and viral infections (Yeh et al., 2014; Kumar and Engle, 2016; Kim et al., 2017), while an adequate combination of blue and red/infrared wavelengths provides optimal effects in terms of metabolism (*e.g.*, photosynthesis, lipid synthesis, energy production), germination, cell division, budding, growth, flowering, nutritional value and taste, or production of compounds with high added value (ergosterol, carotene). Little information is available on the impact of green lights.

However, several factors need careful attention:

(1) The effects of a wavelength or cocktail of wavelengths depend on the species and, within the same species, on sex and stage of development; they also depend on intensity, positioning, periodicity or frequency of exposure (Dueck et al., 2016; Hernandez and Kubota, 2016). For example, cyanobacteria grow preferentially under green, yellow and red light, whereas microalgae preferentially grow under blue ($420 < \lambda < 470$ nm) or red ($\lambda = 660$ nm) light.
(2) Potentially toxic compounds might be produced. For example, studies on Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta*) indicate the plants can accumulate beneficial (polyphenols) as well as unwanted (nitrates) compounds depending on the proportions of red and blue light used (Dlugosz-Grochowska et al., 2016; Wojciechowska et al., 2016). In contrast, in *Brassica alboglabra* nitrate concentration in shoots increased significantly when grown in the shade compared to lit areas, while it was reduced after red- and blue-LED lighting (He et al., 2019).
(3) The importance of plant and microbiome interactions, rarely taken into account, need more careful investigation, as light can affect both plant physiology and surrounding microbiome density and composition (including pathogenic species) differently (Alsanius et al., 2019).

**TABLE 2 |** Effects of wavelengths on plants (from Xu et al., 2016).

| λ (nm) | Impact |
|---|---|
| 280-315 | minimal impact on morphology and physiology |
| 315-400 | Weaker chlorophyll absorption, impacts on cyclical activity & growth (tissues & stem) |
| 400-520 | Chlorophyll and carotenoid absorption proportion is the largest, the biggest influence on photosynthesis |
| 520-610 | Decreased absorption by pigments |
| 610-720 | Chlorophyll absorption rate is low, significant effects on photosynthesis and cyclical activity |
| 720-1000 | Minimal absorption, effects on photosynthesis, blooming and seed germination |
| >1000 | Convert to heat |

Folio Nº 2502

Thus, while the use of LED in the food industry is promising, it is still at an experimental stage, and studies must be conducted on a case-by-case basis, as the physiological processes involved in the responses to light are incompletely understood (Delabbio, 2015) "*For practice, more research is needed to optimize plant distances, light strategies and light intensities to make the technology more profitable and sustainable*" (Nair and Dhoble, 2015; Moerkens et al., 2016).

### Breeding

As mentioned above, the quality (λ), quantity (intensity), and duration (photoperiod) of the light phase play a major role in the regulation of metabolism, physiology and behaviour in the animal kingdom (Maisse and Breton, 1996; Malpaux et al., 1996; Falcón et al., 2007b, 2010; Rocha et al., 2013; Espigares et al., 2017). During decades, manipulation of the surrounding light conditions has been part of the protocols used to control food intake, larval development, growth rate and reproduction in farm animals (Delabbio, 2015). For a given lighting condition, the response is species-specific; differences may also exist within the same species as a function of age, sex, or geographical location (Pan et al., 2015).

The use of LEDs to substitute for "conventional" lighting in aquaculture farms, poultry and mammal housing is the subject of an intensive promotional campaign, which emphasizes the advantages provided by LEDs (controlled choice of wavelength and lower running costs) (Delabbio, 2015). Field applications are still scarce (Pan et al., 2015; Yang et al., 2016). Studies aim to compare the effects of LEDs to conventional lighting on growth, food intake and conversion efficiency, weight gain, egg production or behaviour (aggressiveness, exploration) (Huber-Eicher et al., 2013; Pan et al., 2015). In spite of a noticeable increase in the number of publications, the data remain too scarce for definitive conclusions to be drawn. Some examples are reported below.

#### *Insects*

Light-emitting diodes have been used to select wavelengths that favour reproduction of the Black Soldier fly *Hermetia illucens*, a tropical fly species with great potential for the processing of several types of organic waste and by-products (Oonincx et al., 2016), or for trapping pests like the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* (Miyatake et al., 2016) and other harmful species (Cohnstaedt et al., 2008).

#### *Corals*

A positive impact of LEDs compared to other light sources has been reported on the growth of the ornamental corals *Stylophora pistillata* and *Galaxea fascicularis,* but not of *Acropora formosa* (Wijgerde et al., 2012; Rocha et al., 2013). In *A. Formosa* and *S. pistillata,* wavelength affects macro- and micro-morphology (Rocha et al., 2014).

#### *Molluscs*

The predatory Dog Whelk *Nucella lapillus* exerts strong top-down control on biodiversity in intertidal coastal regions. Under nocturnal white LED illumination mimicking street lighting (∼22 lx), individuals displayed higher activity, disregarded the presence of other predators, and increased feeding on mussels (Underwood et al., 2017). The effects of LEDs of different wavelengths were also examined in the abalone *Haliotis discus* (Gao et al., 2016). It was found that under blue or green light, the survival and growth rates, food intake, and food conversion efficiency were lower than in groups exposed to red or orange light; the former displayed enhanced anaerobic metabolism and energy loss, while the latter showed higher amylase and cellulose activity.

#### *Fish*

Several studies reported the impact of different wavelengths on growth, hormonal control of reproduction, stress and pigmentation, biological rhythms (clock gene expression, melatonin secretion), thyroid activity (T3, T4) and expression of opsin genes (Rh, melanopsin) (Jung S. J. et al., 2016; Takahashi et al., 2016). They emphasized the interest and the potential use of white, mono or dichromatic LEDs in aquaculture and breeding, but underline the necessity of rigorous experimentation. Blue LEDs have the potential to kill unwanted pathogens in aquaculture plants. For example, LED light at 405 and 465 nm were efficient in Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Carp (*Cyprinus carpio*) culture farms to eliminate *Miamiensis avidus* and *Edwardsiella piscicida* respectively (Roh et al., 2018). However, at 405 nm the dorsal part of the retina was damaged after 14 days in *P. olivaceus*, outlining the possibility that these treatments might have deleterious side effects on the fish itself. In the fisheries industry, there is evidence that LEDs are being used by fishermen to attract species of interest (Park J. A. et al., 2015; Kehayias et al., 2016).

#### *Birds*

The use of LEDs in avian farms has increased dramatically in recent years, with the aim to reduce production costs combined with improving reproduction and growth and reducing stress (Huber-Eicher et al., 2013; Parvin et al., 2014a,b; Yang et al., 2018; Arowolo et al., 2019). A huge variety of protocols have been used that take into account age and sex of animals, as well as light quality, intensity, periodicity and duration. For example, red LEDs advance sexual maturation while decreasing aggression compared to green or white LEDs in hens *Gallus domesticus* (Gongruttananun, 2011; Huber-Eicher et al., 2013); the effects were due to quality and not the amount of light provided. Green LEDs promote egg growth, and blue, green or yellow LEDs, used alone or in combination, promote immune defence and improve meat quality (Parvin et al., 2014a,b). The authors stated that more research on these aspects is needed in order to standardize intensities, durations, and exposure wavelength.

## Impact on Species in Their Environment

### Microorganisms and Plants

Artificial nocturnal illumination with white LED can influence biomass and community composition of terrestrial photoautotrophs[1]. In diatoms and sedimentary *Cyanobacteria* white LED (6300 K) induce quantitative population remodelling, loss of annual variations in population composition, decreased

[1]which use light as a source of energy and $CO_2$ as a source of carbon.

Folio Nº 2503

respiratory activity and redistribution of sedimentary microbial populations; these modifications are likely to change the $CO_2$ cycle and induce carbon accumulation in sediments (Hölker et al., 2010). Similarly, in freshwater ecosystems, three weeks of exposure to ALAN (white LED, 20 lx) decreased periphyton (the mixture of algae, microbes, cyanobacteria and detritus) biomass and the proportion of Cyanobacteria, while increasing the proportion of Diatoms (Grubisic et al., 2017, 2018a,b). In addition, it was shown that the replacement of high-pressure sodium (HPS) lamps by white LED at intensities commonly found in urban waters (∼20 lx), induced similar but stronger effects (Grubisic et al., 2018b). Autotrophs within periphyton communities form the base of aquatic food webs and as such constitute a fundamental element in aquatic ecosystems. More studies are needed that should include the marine environment in which ALAN disturbs synchronized diel vertical migrations of zooplankton and where the vast majority of the zooplankton pelagic community exhibits a strong light-escape response in the presence of artificial light (Ludvigsen et al., 2018).

In plants, the intensity of lighting used in urban and suburban districts as well as on highways is sufficient to affect their physiology (Bennie et al., 2016; Massetti, 2018). The described effects of night lighting (including by LEDs) include tree leaf colouring, retention/abscission (on deciduous trees), budding, flowering, growth, or defence against pathogens. In the case of fungi involved in litter decomposition of streams, and which play a key role in the carbon and nutrient dynamics of stream ecosystems, ALAN can alter community structure and composition, resulting in inhibition of litter decomposition (Liu et al., 2020).

## Animals

There is no longer any doubt that ALAN affects phototaxis and circadian rhythms, and consequently any ensuing functions and behaviours. It is beyond the scope of the present review to discuss the impacts of ALAN on human health and related studies (Attia et al., 2019). Rather, we focus on the available data that can aid understanding its impacts in the wild.

### *Invertebrates*

One of the major problems with ALAN is the attraction of insect communities by nocturnal lights, and most of the studies on invertebrates focus on this (Honnen et al., 2019). In general, these studies indicate the observed effects depend on the species and quality of light (Longcore et al., 2015; Park J. H. et al., 2015; Silva et al., 2015; Wakefield et al., 2015; Acharya et al., 2016). In Ohio (United States) LED lamps attract a large number of insects, all species combined (Knop et al., 2017), but only half as much as incandescent lamps at an equivalent energy (Justice and Justice, 2016). In the Netherlands the number of Fog Moths (*Operophtera brumata*) caught outdoors was higher in the areas directly lit by LEDs than in the shadow, and the effect depended on the wavelength (in the following order of potency: green > white > red) (Geffen et al., 2015). Inhibition of food intake has also been observed regardless of light wavelength (Van Langevelde et al., 2017). In contrast, foraging activity was increased in spiders (*Eriophora biapicata*) (Willmott et al., 2018). Reproductive success and growth of moths and spiders are also compromised by ALAN: sexual activity of females and attraction of males to females were disrupted by LED lighting of different wavelengths (red > white > green) in *Operophtera brumata* (Geffen et al., 2015). In *E. biapicata,* a 20 lx white LED at night accelerated maturation but reduced the number and size of juveniles (Willmott et al., 2018). In the mosquito *Culex pipiens f. molestus* (familiar in urban areas), ALAN (cool-white LED, 100-300 lx) applied during the first 3 h of the night phase resulted in females producing fewer and smaller eggs (Honnen et al., 2019); in addition, males and females were less active during the ALAN phase but females became more active thereafter. The sex-dependent differences were also seen in clock genes because the same ALAN conditions induced upregulation of *Cycle* in females and down regulation of *Clock* in males, with consequences on the median relative expression of clock genes and activity cycles (Honnen et al., 2019).

In fireflies ALAN has been rated as the second most serious threat after habitat loss, showing adverse effects on populations (Lewis et al., 2020). ALAN interferes with the production and perception of courtship messages, glowing (*e.g.*, *Lampyris noctiluca*) or flash dialogues (*Pteroptyx maipo, Photuris pyralis*). Ultimately, such effects impinge upon reproduction of the species (Bird and Parker, 2014; Owens et al., 2020).

In coastal areas of Chile the sandy beach isopod *Tylos spinulosus* is active at night. ALAN (120 lx; white LED) disrupted isopod locomotor activity and circadian rhythms, resulting in a dramatic avoidance of lit areas at night (Duarte et al., 2019).

### *Fish*

*Reproduction.* Night lighting affects reproduction of fish in several ways, and in a complex manner (**Figure 11**). White LEDs of low intensity inhibited gonadotrophin expression (FSH, folliculo-stimulating hormone; LH, luteinizing hormone) in female Perch *Perca fluviatilis*, whereas monochromatic wavelengths (blue, green, or red) had no effect (Brüning et al., 2016). In the same study ALAN of different intensities (0.1 to 100 lx) inhibited secretion of the time-keeping hormone melatonin regardless of the LED wavelength used (Brüning et al., 2016). Under similar conditions melatonin levels were also affected in Roach *Rutilus*, whereas no effect was seen on gonadotrophin expression (Brüning et al., 2018a). However, in field experiments using HPS lamps, abundance of sex steroids (17β-estradiol; 11-ketotestosterone) and FSH and LH mRNA was reduced in both *P. fluviatilis* and *R. rutilus*, while melatonin levels were not significantly affected (Brüning et al., 2018b). In dwarf fish, *Chrysiptera parasema* and *C. cyanea*, nocturnal exposure to monochromatic, but not white, LEDs promoted gonadal maturation (Shin et al., 2013; Yeh et al., 2014), the most effective wavelengths being green and blue in *C. parasema*, and red in *C. cyanea*. Oestradiol production was also stimulated in *C. parasema* (Shin et al., 2013), and gonadotrophins were stimulated in goldfish, *Carassius auratus*, when daytime illumination was replaced by monochromatic LEDs; green light, which also increased the expression of VAL-opsin, was the most potent (Song et al., 2015). White LED light at night (∼23 lx illuminance) totally inhibited hatching in the Clownfish

Folio Nº 2504

*Amphiprion ocellaris,* although no impact was found on the frequency of spawning or fertilization success (Fobert et al., 2019). The authors speculated that fish with similar spawning strategies might respond similarly to ALAN.

Altogether, it is apparent that ALAN can interfere with components of the reproductive axis in fish (**Figure 11**). These conclusions are supported by long term laboratory experiments in zebrafish *D. rerio*. After 1 year under LL (fluorescent bulbs, 300 lx) the molecular clock was disrupted in the ovary, oestrogen levels were increased (∼50%) while progesterone levels were decreased (∼25%), and plasma, retina and brain melatonin rhythms were abolished (Khan et al., 2018). More importantly perhaps, there was molecular and histological evidence of tumorigenesis in the ovaries of the ALAN group. ALAN also affected the whole transcriptome, including genes involved in tumorigenesis and other physiological disorders (Khan et al., 2018).

*Behaviour*. Behaviour is also affected in coastal and fresh water fish (**Figure 12A**). In two lakes of Ontario (Canada), locomotor activity, and thus energy expenditure, of Black Bass *Micropterus dolomieu*, which nests and protects its offspring, was abnormally high in the presence of continuous or intermittent night lighting (White LEDs, 40 lx at the water surface) mimicking traffic lights (Foster et al., 2016). Intermittent lighting was the most aggressive. The effects were observed both during day and night phases and rendered offspring survival more random. Parental care occurs in 60% of freshwater fish families; ALAN could thus have negative consequences on many species that build nests in lake and river littoral zones. An escape behaviour has also been reported in the Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*, in response to LED lights (green, yellow, orange, and red) pulses applied during the day time (Sullivan et al., 2016). This may be related to the observation that street lighting acted as a light barrier in Atlantic salmon, *Salmo salar,* fry (Riley et al., 2013) (and section "The Migrating Atlantic Salmon - A Case Study"). Light disrupted the daily rhythm in fry dispersion and delayed downstream migration. These changes in migratory behaviour may impact on fish fitness and increase predation risk.

Altogether, the available studies, although scarce, suggest that ALAN is "*an unpredictable threat for light sensitive species, communities, and consequently biodiversity*" (Brüning et al., 2018a,b), a danger potentiated by the observations that responses depend on the species and their life strategies (Fobert et al., 2019).

### *Frogs*

Only a few studies explored the physiological consequences of ALAN on amphibians, all indicating it is likely to have negative effects on populations. Thus, white LED lighting (equivalent to that produced by street lighting) affects the nocturnal distribution as well as choice of preferred substrate of the unisexual Blue-Spotted Salamander (*Ambystoma lateral jeffersonianum*), but had no such effect on the frog *Rana sylvaticus* (Feuka et al., 2017). The authors concluded that these choices are likely to affect the survival of both species as salamanders must choose a substrate of lower nutritional quality while frogs become more exposed to nocturnal predators. In field experiments, nocturnal LED light (Blue/green spectrum and intensities consistent with those found under street light) reduced larvae metamorphosis duration and juvenile growth in the American toad *Anaxyrus americanus* (Dananay and Benard, 2018). In addition ALAN also affected periphyton biomass, as mentioned before (section "Breeding"). In the Pennsylvanian wood frog *Lithobates sylvaticus* tadpoles, ALAN (indoors white LED) did not change metamorphosis duration but reduced hatching success (May et al., 2019). Furthermore, while *A. americanus* larvae kept a high rate of activity under illuminated night (comparing to daytime), *L. sylvaticus* tadpoles moved less, and after metamorphosis individuals exposed to ALAN were more susceptible to NaCl challenge and trematodes. Reduced activity and altered metabolism were also reported in male common toads, *Bufo* exposed for 20 days to ALAN (white LED; 0.1, 5, or 20 lx illuminance) (Touzot et al., 2019). As the effects were observed at the onset of the breeding period the authors suggested that ALAN could be a serious threat for many nocturnal amphibian species.

### *Reptiles*

Although scarce, studies on reptiles indicate ALAN is a major threat. Many studies focussed on sea turtles of coastal areas all around the world; the impact of ALAN on nesting and hatchlings has been documented since the early 80's (Witherington and Martin, 2003). Sea turtle nesting and hatching occur at night, generally eggs from one nest hatch together, though sometimes a main group of hatchlings may be preceded or followed by smaller groups (Witherington and Martin, 2003; Robertson et al., 2016). Coastal light at night causes spawning at sea and abandonment of nests or alteration of the choice of nesting site in several species of the Caribbean islands (Green Turtle, *Chelonia mydas;* Hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricate*; Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*). Modelling studies predict light pollution will substantially accelerate the extinction of these species (Brei et al., 2016). Similar data were obtained along Australian shores: *C. mydas* hatchlings were disoriented in the presence of shore lights, and those that reached and entered the sea returned to shore if reaching an area lit by shore-based artificial lights (Truscott et al., 2017). Low-pressure sodium-vapor (LPS) yellow lights were believed to provide a more "turtle-friendly" environment in Loggerheads and Green Turtles, as UV-blue and green wavelengths were the most attractive to hatchlings, while the red ones were not (Witherington and Martin, 2003; **Figure 12B**). However, more recent investigations indicated LEDs emitting in the red (narrow band, 600-670 nm, $\lambda_{max}$ 640 nm) and yellow (wide band, 600-750 nm, $\lambda_{max}$ 620 nm) induced total disorientation of Loggerhead hatchlings in their race towards the sea at equal intensities (Robertson et al., 2016). The maximum effect depended on the number of lighting spots with amber coloured emissions being the most potent in the absence of moonlight. According to the authors, coastal lighting is a dramatic threat to the species.

Little information is available concerning terrestrial reptiles, although a long list of species, likely to be affected by ALAN in urban and suburban locations, has been documented (Perry et al., 2008). Recent observations on the nocturnal behaviour and activity patterns of two species of diurnal anole

Folio Nº 2505

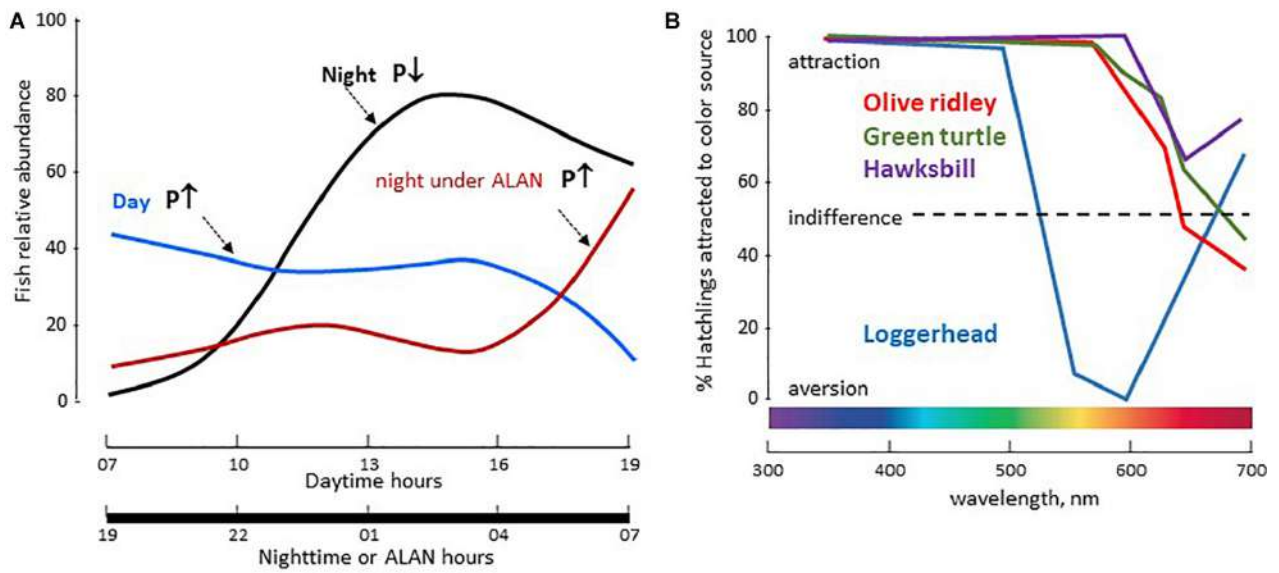



**FIGURE 12 |** (**A**) Observed abundances in fish populations from the harbour of Sydney (Australia) under a 12L/12D cycle plotted in 15 min bins. Under the natural LD cycle the number of fish is higher during night (black line) than during day (blue line); they were sedentary at night with low predation activity (**P↓**), while displaying a predatory behaviour during day (**P↑**). ALAN (40-50 lx, warm LED light), transformed the nocturnal pattern into a diurnal one. Modified and adapted from Bolton et al. (2017). (**B**) Orientation response of 4 species of sea turtles hatchlings to coloured light sources. Olive Ridley Sea Turtle *Lepidochelys olivacea,* Green Sea Turtle *Chelonia mydas*, Hawksbill Sea Turtle *Eretmochelys imbricata*, were attracted when illuminated with UV-A to yellow wavelengths. The Loggerhead Sea Turtle *Caretta* differed in that UV-A to green lights were attractive, but yellow wavelengths were repulsive, an effect reversed by red illumination. For details see (Witherington and Martin, 2003) from which the figure was modified and adapted.

from Antigua (West Indies; Leach's Anole *Anolis leachii* and Watts's Anole, *A. wattsi*), describe an increased activity under ALAN, albeit restricted to males and primarily related to the increase in the number of arthropods attracted by light (Maurer et al., 2019).

### *Birds*

There is abundance of data on the impact of ALAN on birds with dozens of publications over the last five years (Dominoni et al., 2013a, 2016; Zhao et al., 2014; Ronconi et al., 2015; de Jong et al., 2016b; Krüger et al., 2017; Raap, 2018; Jiang et al., 2020). Overall, ALAN disrupts the circadian system in both sedentary and migratory birds, affecting phototaxis and altering endogenous daily and annual rhythms. These effects are observed both inland and above the sea where lights emitted by drilling and extraction platforms, as well as vessels, have significant effects. Birds are attracted by light and become disoriented. Collisions with solid structures (or contact with flames from chimneys) have dramatic effects, causing the death of hundreds or even thousands of individuals (Ronconi et al., 2015; Krüger et al., 2017; Rodriguez et al., 2017). These effects may vary depending on the quality and intensity of the light source, LPS and LED being less harmful than metal halide lamps (Ronconi et al., 2015). In addition, when collision is avoided, the migratory birds may end up turning in circles around the platforms, negatively impacting the trajectory and migration time, energy expenditure and ultimately survival. In addition to collision, ALAN affects the stopover habitat use by inland migrating birds, which avoid bright areas (McLaren et al., 2018).

Artificial-light-at-night also induces indirect effects through the disorganization of the birds' circadian system. In a study comparing rural and urban tree sparrows *Passer montanus* of Mizoram (India) differences were found in the phase and/or amplitude of clock gene mRNA abundance in the retina, pineal gland and hypothalamus (Renthlei and Trivedi, 2019). Downstream ccg genes (including melatonin receptors) also differed in their rhythmic expression and abundance between rural and urban birds. In addition, the rhythm in melatonin production itself was also different. The mismatches between the rhythms of different components of *P. montanus* circadian system and effectors seen in urban birds are likely to have consequences on circadian controlled processes. Indeed, indoors experiments with *P. montanus* of the Beijing area (China) have shown that ALAN alters the whole neuroendocrine reproductive axis (Zhang X. J.et al., 2019); mRNA abundance corresponding to FSH, THS (thyroid stimulating hormone) and Dio2 (deiodinase II) were upregulated with low illuminance levels (85 lx; cold white) and down regulated with high illuminance levels (150 and 300 lx) of ALAN. The rise and amount of plasma LH and oestradiol were earlier and higher in the 85 lx group, and later and lower in the other groups, indicating reproduction timing and efficiency were altered.

Light-emitting diodes covering a wide spectrum ($450 < \lambda < 700$ nm) affect daily rhythms of locomotor activity, body temperature, singing and sleep (duration and quality), night-time production of melatonin, proliferation of brain stem cells, immunity and oxidative stress markers, as reported in several species, including the Great Tit *Parus*

Folio Nº 2506

*major* (Ouyang et al., 2015; Raap et al., 2015, 2016a,c; de Jong et al., 2016a, 2017; Raap, 2018), Blackbird *Turdus merula* (Dominoni et al., 2013b), Indian Weaver Bird *Ploceus philippinus* (Kumar et al., 2018), Japanese Quail *Coturnix japonica*, chicken *G. domesticus* and King Quail *Excalfactoria chinesis* (Saini C. et al., 2019), Zebra Finches *Taeniopygia guttata* (Moaraf et al., 2020), and Weaver *Ploceus philippinus* (Singh et al., 2012). In laboratory experiments the effects were dose-dependent (0.05 to 5 lx) and varied with the spectral composition (de Jong et al., 2016a, 2017). In urban areas with conventional street lighting, whenever possible tits avoided night-time illumination (de Jong et al., 2016b). ALAN did not affect markers of oxidative stress (Casasole et al., 2017), but corticosterone levels were higher in chicks under white, red, blue or green LEDs (8 lx) (Ouyang et al., 2015). The effects depended on wavelength and distance between the nests and light source. The number of chicks was also decreased in nests under ALAN. Finally, a negative correlation was found between the number of chicks and corticosterone levels (Ouyang et al., 2015), as well as the distance to the light source (de Jong et al., 2015). Under similar conditions no effect was observed on the Black Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*).

Artificial-light-at-night also has impacts on reproduction, and affects the annual breeding rate (Le Tallec, 2014; Longcore et al., 2015). In the Blackbird *T. merula*, a 0.3 lx white light induced a one-month phase advance in the annual rhythm of reproduction (monitoring size and functionality of testes and steroid levels) and moulting (Dominoni et al., 2013b). Interestingly, these parameters differed depending on whether the blackbirds were captured in the city or forest, suggesting that habitat induced adaptive changes in the species. Similar data were obtained from the California Jay, *Aphelocoma californica*, in which testosterone, oestradiol, melatonin and LH plasma levels showed sex-specific alterations under low night-time (3.2 lx) illumination (*i.e.*, corresponding to that measured in suburban areas at Davis, CA, United States) (Schoech et al., 2013). In Mockingbirds *Mimus polyglottos* and American Blackbirds *T. migratorius*, ALAN induced dose-dependent changes in the dawn onset of singing and courtship behaviour as well as the start of the breeding season (Longcore, 2010).

Finally, the impact of continuous or partial nocturnal illumination on avian circadian clocks is believed to be responsible for ametropia (abnormal refractive condition) (Nickla and Totonelly, 2016) and developmental delays observed in the visual system and eye of young birds, as is the case in primates (Attia et al., 2019).

Altogether, it appears that the avian responses to ALAN are complex, depending very much on the species, sex and age, geographical area as well as on the experimental conditions. In general, the data obtained under laboratory conditions agree with those obtained on site, using measures of urban lighting (Raap et al., 2016b).

### *Mammals*

The potential influence of ALAN and LEDs on mammals has not been investigated in depth and concerns only a limited number of species, despite the fact that 69% of mammalian species are nocturnal. ALAN affects nocturnal activity in terrestrial vertebrates: an inverse correlation has been found between surfaces lit by ALAN and mammalian species richness (Duffy et al., 2015; Ciach and Frohlich, 2019). Mice (Rotics et al., 2011a,b) and small tropical forest mammals (Bengsen et al., 2010) are less active under ALAN to minimize the risk of predation. The opposite holds true with diurnal and crepuscular species, more active under ALAN, particularly those feeding on insects (Lacoeuilhe et al., 2014; Minnaar et al., 2015; Russ et al., 2015). A study compared the impact of LPS and white LED lighting during the day (equal intensity, but with a stronger blue component for LEDs) in rats (*Rattus norvegicus*): LED-lit individuals had higher nocturnal melatonin levels (seven-fold increase), increased food intake, drinking, growth and lipid levels (in several tissues), while protein levels were lower (Dauchy et al., 2016). In the blood, arterial $O_2$ and $CO_2$ rhythms were not altered, but titres were higher under LEDs. Conversely, glucose, leptin, lactate and corticosterone levels were decreased in the LED-lit rats, with either a phase delay (leptin) or a phase advance (glucose and lactate) under LEDs compared to LPS lights.

In the normal life cycle of the Siberian hamster (*Phodopus sungorus)*, gonads, body mass, and number of spermatogonia are reduced in winter (short photoperiod), fur becomes thicker and white (**Table 1**), all changes being adaptations to rigorous winter conditions. Under ALAN (5 lx, white light) these changes were no longer observed; hamsters maintained summer characteristics (long photoperiod) (Ikeno et al., 2014). In addition, a number of genes displayed altered expression, including Per1 (clock function), Mel1a (melatonin receptor), eya3 (involved in development), or TSH, Gonadotrophin Inhibiting Hormone or Gonadotrophin Releasing Hormone (GnRH) (reproduction). Finally, locomotor activity and immune responses were altered, also observed in mice *Mus musculus* exposed to similar conditions (Fonken and Nelson, 2014). Mice also displayed altered body temperature. Changes in body temperature and locomotor activity were also observed in the Gray Mouse Lemur *Microcebus murinus* exposed during 2 weeks to either artificial moonlight (of the same irradiance as natural full moonlight) or to ALAN (HPS street lamps, Le Tallec et al., 2016). The daily rhythm profiles of locomotor activity were altered between the two paradigms in both phase and amplitude, in both males and females, irrespective of the season. Other changes in ALAN-exposed animals included the frequency and duration of torpor phases (decreased), urinary oestradiol (higher in post oestrus and pre-oestrus females), testosterone levels, and testes size (progressively increased in males). Finally, it is worth mentioning that in rats, non-human primates and sheep, disruption induced by ALAN results in major changes in foetal development (shorter pregnancy, low weight), with long-term impacts on offspring at different metabolic and physiological levels (Torres-Farfan et al., 2020).

The most abundant documentation in mammals relates to the family of bats, which account for 30% of existing mammals; 17% of the 1232 bat species are in danger of extinction. Their nocturnal activity is by far the greatest of all known nocturnal mammals. They make short-distance (for foraging and feeding of offspring) and long-distance (search for hibernation sites or at transition sexual/rest phases) trips. Bats show a great wealth

Folio Nº 2507

and diversity of habitats (caves, cellars, trees, etc.) and eating habits, some being carnivorous (insectivores for the majority) others vegetarian (fruits, flowers, or nectar). They occupy all stages of the food chain, and play a particularly important role in regulating insect populations (including pests), pollination or seed dispersal (Boyles et al., 2011; Kunz et al., 2011). The duration, beginning and end of the nocturnal activity is specific to each species. Thus, lactating females start early at dusk compared to other individuals, while pregnant females or slow-flying species start later at night. Insectivores (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus* spp.) have activity peaks at evening twilight, and it is the presence of prey rather than levels of light that regulates these behaviours (although *Pipistrellus* avoid flying under bright light, Mathews et al., 2015). In contrast, slow fliers (gleaners) or nocturnal butterfly eaters (*e.g., Barbastella barbastellus, Myotis nattereri, M. bechsteinii*) are more sensitive to lighting and prefer complete darkness.

Bats have been classified in two groups depending on their tolerance or intolerance to ALAN (Lacoeuilhe et al., 2014). Field studies indicate that ALAN has a greater impact than land loss (due to urban extension and agriculture) on the distribution of different species of bats (*Pipistrellus pipistrellus, Eptesicus serotinus, P. kuhlii, P. nathusius, Nyctalus leisleri*) (Azam, 2016). In natural and urban environments ALAN (LPS or white LED) affects bat behaviour (Polak et al., 2011; Stone et al., 2012; Lewanzik and Voigt, 2014, 2017; Leliavski et al., 2015; Mathews et al., 2015; Minnaar et al., 2015; Azam, 2016; Rowse et al., 2016). Among the most notable effects are a delay to leave the nest, decreased sexual activity, changes in flight speed and paths (trajectory, height) as well as significant increases in collisions (∼25%) in the presence of lit obstacles (indicating that echolocation is not the only navigation tool for some species). The effects are species dependent. Gleaners or bats relying 100% on echolocation (*Rhinolophus* spp., *Plecotus* spp., *Myotis* spp.) emerge more rarely and modify their routes in a midnight light environment, while large fast-flying insectivorous species (*Lasiurus* spp., *Eptesicus* spp., *Nyctalus* spp., *Pipistrellus* spp.) are attracted by ALAN (Lewanzik and Voigt, 2014; Mathews et al., 2015; Azam, 2016). Others like *Eptesicus bottae* accelerate flight speed and stop hunting insects (Polak et al., 2011).

In Southern England and Wales, population richness and activity of *P. pipistrellus*, *Nyctalus* spp., *P. pygmaeus* and *Myotis* spp. did not change after replacement of LPS by white LED in the street lamps (Rowse et al., 2016). Another investigation found no change in activity of the fast-flying *P. pipistrellus, P. pygmaeus and Nyctalus/Eptesicus* spp. (even at the highest illuminance of 49.8 lx), but observed a significant reduction in activity of slow-flying bats, *Rhinolophus hipposideros* and *Myotis* spp. (even at low light levels of 3.6 lx) (Stone et al., 2012). In another field study close to Nurnberg (Germany) it was found that replacing conventional mercury vapour street lamps with white LEDs changed the impact of ALAN on urban bats: some species showed a clear reduction in their activity (by 45% in *P. pipistrellus*) while others did the opposite (*Myotis* spp.) (Lewanzik and Voigt, 2017). This indicates that replacement of conventional street lighting by LEDs produces complex and species-specific responses in bats.

## LEDs AND ECOSYSTEMS

While experiments studying the impacts of ALAN on living organisms are on the increase, two aspects that need greater consideration have been only poorly investigated. One aspect is the impact on whole ecosystems, both aquatic and terrestrial. Indeed, species are linked by trophic or symbiotic interactions, and any type of impact of any anthropogenic pressure on one component of an ecosystem has consequences on the whole community, which may lead to remodelling or collapse of the entire system (Bennie et al., 2015a,b, 2016; Sanders et al., 2015; Zapata et al., 2019). Ascending and descending effects may be observed, depending on the trophic position of the species affected. Non-trophic interactions refer to the ALAN-induced impact on pollinating or seed dispersal species (more than 75% of global crops depend to varying degrees on animal pollination), or resource competition between species with diurnal, nocturnal or twilight activity and whose activity rhythms are altered by ALAN-induced photoperiod changes. The other aspect is the impact of concomitant or successive actions of a long list of anthropogenic factors, including physical (ALAN, noise, plastics. . .) and chemical (pesticides, herbicides, heavy metals, nanoparticles. . .) pollution, climate change (rise in temperatures, oceanic acidification, changing currents. . .), modification and reduction of natural spaces (urbanization, deforestation, and physical barriers), etc. Together they are likely to have more than additive effects, with severe implications on species and assemblages. These issues are discussed below.

### Aquatic Ecosystems: Grazing Fish and Sessile Invertebrates

Assessment of ALAN in coastal ecosystems, including estuaries, is limited (Zapata et al., 2019), although 60% of the world's largest cities are located within 100 km of the coast, and more than 20% of coastal areas are exposed to ALAN (Bolton et al., 2017). A study conducted in Sydney Harbour (Australia) investigated the effects of ALAN using warm light LED spotlights that provided similar or lower levels of ALAN as recorded in other urban coastal cities. Under a natural LD cycle, fish abundance, all species combined, varied over the 24-h cycle (**Figure 12A**): overall, fish were more abundant, but more sedentary at night than during daytime, and predation on sessile invertebrates was higher during daytime (Bolton et al., 2017). ALAN modified this pattern with night predation increasing to levels observed during the day. Although the abundance of fish (including predators) was markedly reduced, predation on sessile invertebrates was increased. As a consequence, the structure of the sessile assemblage was disrupted at night, which may have dramatic consequences: these assemblages perform essential activities (spawning, settlement, and feeding) at night when predation pressure is low. The authors concluded that ALAN had implications for the structure of the trophic web system that might lead to altered functioning (Bolton et al., 2017). These data agree with investigations showing cool white LED lighting (19 lx or 30 lx at water surface) affected colonization by sessile and mobile benthic species (13 quantified), inducing reduction or suppression in some species while leading

Folio Nº 2508

to increases in others (Davies, 2014). Imbalance of interspecific interactions were also shown from a study on Dog Whelks *Nucella lapillus*. *N. lapillus* are widely distributed across the North Atlantic (including illuminated coastal areas) and feed on barnacles and mussels; they were more likely to, respond to, and handle prey under, a white LED light (∼21 lx) compared to controls, irrespective of the presence of a snail predator (the common shore crab *Carcinus maenas*) (Underwood et al., 2017). Alterations of trophic interactions were also reported to occur under ALAN in studies performed along the Italian coast, where the population of grazing snails *Melarhaphe neritoides* has positive effects on the diversity of epilithic heterotrophic bacteria under a natural LD cycle (Maggi et al., 2020). ALAN (white LED, 27 lx) modified this by reducing the density of grazers (thus erasing the positive effects on heterotrophic bacteria) and increasing autotrophic Cyanobacteria. The authors concluded ALAN was likely to alter natural systems by annihilating positive interactions across trophic levels.

## Aquatic Ecosystems: Crossing Boundaries With Riparian Ecosystems

Artificial light at night, irrespective of the light source, induces redistribution of insect populations (Meyer and Sullivan, 2013; Davies et al., 2017), some species increase in number while others decrease. Globally, observations indicate significant alterations in the number of represented species and in the size and weight of individuals. For example, mimicking street lighting levels using wide spectrum LEDs at a few sites of the Ohio river (United States), resulted in a 44% decrease in the number of *tetragnathidae* spiders, a 16% decrease in biodiversity and a 76% decrease in the average body size of the species; conversely, the size of neighbouring terrestrial arthropods was increased by 309% (Meyer and Sullivan, 2013). The authors concluded ALAN altered the structure of communities in this system *via* changes in reciprocal aquatic–terrestrial fluxes of invertebrates. Another field study was conducted in the same area, studying the impact of ALAN (0 to 20 lx) provided by HPS and cool white LED lamps (Sullivan et al., 2019). At moderate to high levels of ALAN, the density of predatory orb-web spiders (*Tetragnathidae* and *Araneidae*) was particularly affected in riparian areas. At the community level, both density and family richness were affected, altering arthropod community structure; increasing ALAN induced larger proportions of predators wolf spiders, [*Lycosidae*]); rove beetles (*Staphylinidae*) and detritivores (*Oniscidae*), and smaller numbers of omnivores (ants [*Formicidae*]). In wetland systems, aquatic insect density increased and the composition of emergent insect families was different under LED or HPS or natural night lighting. ALAN also decreased the invertebrate food chain length and altered the flows of energy between aquatic and terrestrial systems (Sullivan et al., 2019).

## Terrestrial Ecosystems: Redistribution of Insect Populations

Attraction by light and redistribution of populations characterize the effects of ALAN on insects. Attraction of flying insects is a well-known phenomenon. At Hawkes Bay (New Zealand) the number of flying insects captured under street lighting sources was 48% higher when using white LED (2700 to 6500 K) than with HPS lamps (Pawson and Bader, 2014). The authors suggested that the replacement of sodium lamps by LEDs is likely to increase the deleterious effects of ALAN with unpredictable consequences, as harmful species (*e.g.*, the patchy Bombyx *Lymantria dispar* whose caterpillars attack forests) might develop at the expense of endemic species. Also, most moths attracted by street lamps abandon fields and open ground, leading to population decreases of 50%, while biodiversity is also reduced by ∼25% (Macgregor et al., 2015, 2017). Redistribution of surface terrestrial insect communities has been observed near light sources, regardless of the time of day or night (Davies et al., 2012, 2017; Bennie et al., 2015a). In a 3-year experiment, it was shown that nocturnal lighting by LEDs of different quality and intensity altered the distribution of arachnid and coleopteran species on the ground (Davies et al., 2017; **Figure 13A**). The effects were diminished, but not suppressed, upon reduction of intensity or duration of the light signal. Species of predators and scavengers were most represented near lighted areas, suggesting an alteration of the local ecosystem.

Street lighting also increased the activity of flying insects in the surroundings. They are thus likely to carry less pollen, with possible consequences on plant pollination. Such a phenomenon has been observed in a field study at sites that had never previously experienced ALAN and carried an identical variety of plants (*Cirsium oleraceum, Eupatorium cannabinum, Valeriana officinalis, Epilobium angustifolium, and Silene vulgaris*) (Knop et al., 2017). Half of the sites were illuminated at night using white LEDs (4000 K), the other half remained in the dark. Under these conditions ALAN reduced visits of pollinating nocturnal insects by 62%, with negative consequences on the reproduction of plants. In addition, the diurnal population of pollinating species was also negatively impacted. The result was a general reduction of plants as well as the insects that feed on them (**Figure 13B**; Knop et al., 2017). Direct and indirect effects have also been observed in a field study in the Denver area (CO, United States), investigating the impact of ALAN (HPS lamps) on the relationship between the Smooth Brome *Bromus inermis* and larvae of the moth *Apamea sordens* that feeds on seed heads and leaves (Grenis and Murphy, 2019). Plants growing under normal periodic darkness were hardier than those under street lamps, and the effects of street lighting on larvae were both direct (larvae were smaller when reared under streetlights) and indirect (plant traits led to reduced larval growth).

## Terrestrial Ecosystems: Plants, Insects and Their Parasites

Sanders and colleagues investigated the impact of white LED street lighting (30 lx) in a plant-aphid-parasitoid community. The first investigation included three aphid species, *Aphis fabae, Acyrthosiphon pisum* and *Megoura viciae*; their parasites, respectively *Lysiphlebus fabarum, Aphidius ervi*, and *A. megourae*; and the aphids' food source, the broad bean *Vicia faba* (Sanders et al., 2015, 2018). In the absence of anthropogenic pressure

Folio Nº 2509

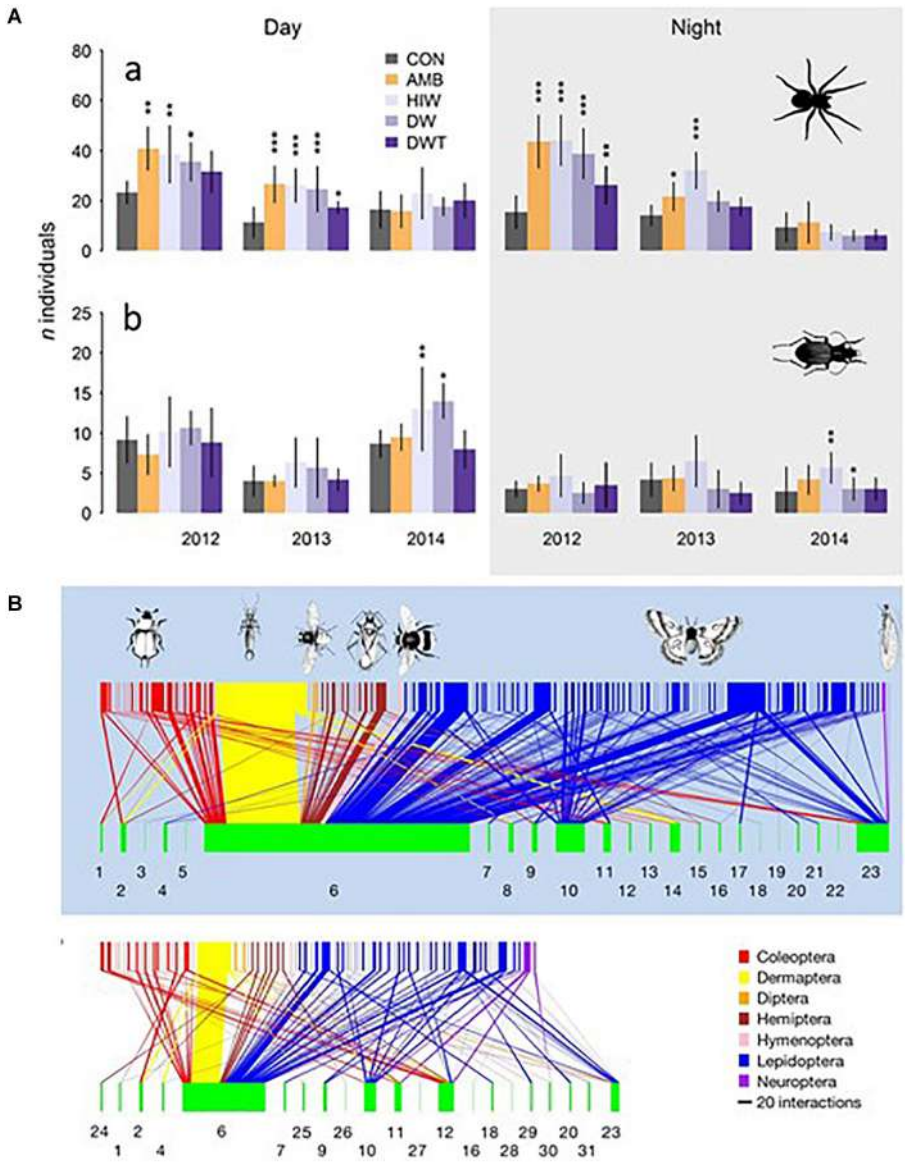



**FIGURE 13 | (A)** The impact of alternative LED lighting strategies on the total numbers of individual grassland spiders (*Araneae*) (a) and beetles (*Coleoptera*) (b) caught in each year, respectively. LED lighting was equivalent to that experienced at ground level under LED street lighting for HIW (high-intensity white 29.6 ± 1.2 lx), under dimmed street lighting for DW (dimmed white, 14.6 ± 0.3 lx), or under timed dimmed street lighting for DWT (14.4 ± 0.8 lx, switched off between 00:00 and 04:00 GMT). AMB was amber lighting (18.2 ± 1.3 lx, $\lambda_{max}$ = 588 nm). Controls (CON) experienced total darkness. Bar heights and error bars denote means 95% confidence intervals. Stars denote differences with the controls that were significant with 95% (*), 99% (**), and 99.9% or greater (***) confidence. From Davies et al. (2017). No special permission required. **(B)** Effects of artificial lighting on parameters of overall quantified nocturnal plant-flower visitor networks of seven dark sites (above) and seven experimentally illuminated sites (below). The rectangles represent insect species (top) and plant species (bottom), and the connecting lines represent interactions among species. Species codes for the plants and a list of insect species are given in Knop et al. (2017). The study was run in 14 sites of the Swiss Alps; illumination was using neutral white LED street lamps (4,000K) that provided 52.0 ± 4.2 lx on the ground. Adapted from Knop et al. (2017). More details in the original publication. With permission.

this community is very stable. ALAN reduced bean plant biomass and, most likely as a result of bottom-up effects, the abundance of two aphid species by 20% over five generations. For *M. viciae* the effect was reversed under autumnal conditions (ALAN promoting continuous reproduction of the species). All three parasitic species were negatively affected by ALAN, as a result of host number reduction (Sanders et al., 2015). The second investigation (greenhouse and field experiments) tested the effects of different illuminance levels (0.1 to 100 lx) on the same mesocosm that also included barley *Hordeum vulgare*, as a resource for the aphid *Sitobion avenae*, and *Praon dorsale*, which attacks the three aphids *S. avenae*, *A. pisum* and *M. viciae*. The lowest levels of ALAN (0.1 to 5 lx; equivalent to severe sky glow) induced the strongest effects, reducing

Folio Nº 2510

aphid densities by 45% as a result of parasite being twice more efficient in attacking aphids. The effects were reversed at higher light intensities because the parasites spent less time on their hosts (Sanders et al., 2018). *M. viciae* was the main aphid species affected, while *A. fabae* responded with a negative effect at 10 lx and a positive effect at lower or higher intensities; *S. avenae* was not affected. There was a positive relationship between plant biomass and light intensity in the greenhouse experiment, while in the field only *V. faba* responded (and only at 20 lx illuminance level). According to the authors, while not discarding a possible bottom-up effect through increased plant biomass (providing more resources for aphids under higher light intensities), the interaction between aphids and parasites was the critical driver for the responses observed in the field experiment (Sanders et al., 2018).

## Terrestrial Ecosystems: Bats, Moths, and Pollination

The impacts on bats (as reported in "Animals") have major consequences on insect populations, especially moths (Minnaar et al., 2015; Wakefield et al., 2015). The attraction that ALAN exerts on insects in general, and moths in particular, is one reason why their world population is steadily decreasing (Macgregor et al., 2015, 2017). Attraction of moths by ALAN induces alterations in behaviour (flight, foraging or searching for sexual partners) and reproductive function. In addition, ALAN also disturbs the ultrasound detection system that some moths (*Geometridae, Noctuidae,* or *Notodontidae*) use to detect bat predators (**Figure 14**; Wakefield et al., 2015). A major consequence is the widespread reduction in moth populations and a redistribution of insect populations in the local environment. Remodelling of this kind is likely to have consequences for the entire ecosystem, affecting both plants (because moths are among the largest pollinators across the globe; see section "Aquatic Ecosystems: Crossing Boundaries With Riparian Ecosystems" above) (Macgregor et al., 2015, 2017, 2019), and other predators (spiders and small vertebrates) that feed on these moths. Consequently, ALAN constitutes a short-term advantage for flying predators, while disadvantages appear in the medium- and long-term, with the risk of increased bat mortality (due to collision) and the scarcity of prey leading to negative population dynamics (Altringham and Kerth, 2015; Azam, 2016).

The survival of some plants is also likely to be affected by decreases of fruit-eating and nectar-eating bats (Lewanzik and Voigt, 2014). *Carollia sowelli* is an American tropical bat species important in seed dispersal of *Piperaceae* (pepper) and *Solanaceae* (potato, tomato, eggplant, chili pepper). Bats are repelled by light: in the presence of 4.5 lx HPS lighting their activity was reduced by 50%, fruit consumption by 20% and the hour of consumption

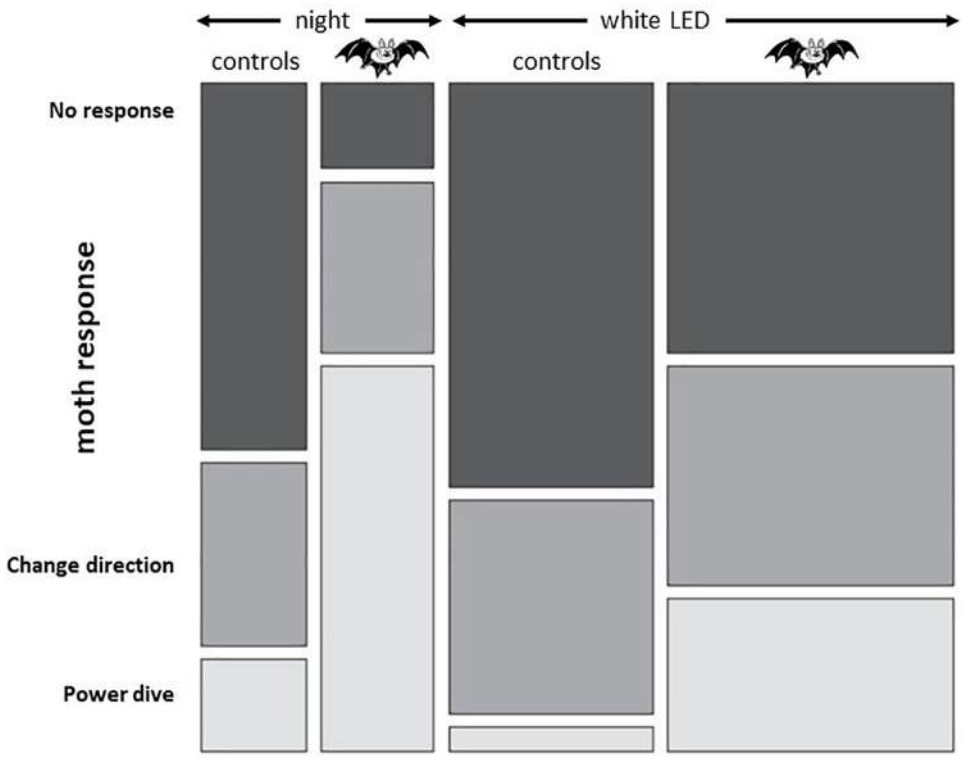



**FIGURE 14 |** The mosaic plot illustrates the proportion of moth flight responses under four different conditions: absence or presence of bats (*Nyctalus* sp.) under total darkness or white LED illumination, in the area of Bristol (United Kingdom). Moths respond to the presence of bats under unlit conditions at night by escape movements. This escape behaviour is markedly affected in the presence of white LED. Column width is proportional to sample size. From Wakefield et al. (2015). No special permission required.

Folio Nº 2511

delayed by more than 100%. Accordingly, this may have harmful consequences on plant reproduction (Macgregor et al., 2015, 2017). The authors concluded that more studies are needed to further elucidate the impact of ALAN on bats and the plants that rely on them for seed dispersal and pollination (including plants of agricultural importance such as tea).

## LEDs AND OTHER ANTHROPOGENIC FACTORS: SOME EXAMPLES

The continuous increase of human activities leads to permanent reorganization of spaces. The extension of urban and peri-urban areas, industrial and agricultural surfaces, communication routes (roads, railways, sea lanes), all lead to decreases in, and fragmentation of, natural habitats. With this come additional threats: obstacles (dams, pumps, and turbines), physical pollutants (light, noise, plastics and other trash), chemical pollutants (including endocrine disruptors [polychlorobiphenyls (PCBs), synthetic steroids, organochlorine pesticides, detergents, etc.], nanoparticles, heavy metals, radioactive waste…) and climate change (rising temperatures, ocean acidification …). Thus, artificial light either during daytime or night-time, is not the only anthropogenic pressure on wildlife, and the question arises as to what is the impact of simultaneous and/or successive actions of these factors, since many of these targeting the same organs or associated and interconnected organs as is the case for the neuroendocrine system of vertebrates (**Figure 11**). In more than half the cases, simultaneous action of several of these factors resulted in synergistic or cooperative effects, while in other cases the effects were additive or even antagonistic (Mora et al., 2007; Darling and Côté, 2008; Côté et al., 2016). For example, overexploitation, temperature rise or habitat fragmentation, taken independently, all induce a decline in rotifer population; but taken together the rate of decline is increased by 50-fold (Mora et al., 2007). The number of studies reporting on the combined effects of ALAN and other anthropogenic factors remains scarce.

### Frogs and Midges

The singing behaviour of the male frog *Engystomops pustulosus* is intended to attract females at night. A parasite of *E. pustulosus*, the fly *Corethrella* spp., is also only attracted by the song of the male at night, as during the day they are eaten by the host. In urban areas, both noise and light affected the singing behaviour of the male; and both, noise (by acoustic interference) and light (by reducing locomotor activity) diminished the ability of the parasitic midge to locate and feed on its host (McMahon et al., 2017). The combination of the two anthropogenic factors was dramatic as it led to total disappearance of the midges. The authors highlight the need to consider the multiplicity of urban anthropogenic factors in community impact studies.

### Birds and Noise

The great tit *Parus major* is a diurnal species very sensitive to ALAN (see section "Birds"). Under a natural LD cycle tits display rhythmic diurnal activity patterns, which differ slightly between urban and forest birds (Dominoni et al., 2020). Both ALAN and noise affect this pattern in opposite ways: ALAN increased the overall activity while noise had the opposite effect. Both factors together had synergistic effects on night-time activities, but the effects were antagonistic for daytime activity. Moreover a significant difference was found between urban and forest birds as the interactive effects of light and noise on daytime, night-time, dusk-time and offset of activity were seen in urban but not forest birds (Dominoni et al., 2020).

### Bats and Roads

Roads destroy, fragment and reduce surface habitat, degrading habitat by introducing physical barriers, noise, light and chemical pollution, and inducing lethal injuries through collision with traffic. The effects on avian and mammalian populations (in decline) can be seen up to several km away from the roads. Bats are particularly affected by all the above-mentioned factors in a species-dependent manner (Altringham and Kerth, 2015). For example, populations of small and low-flying bats are more affected than those of large high-flying bats. Most importantly, the above-mentioned factors exert cumulative effects with dramatic consequences that may only appear after several generations (Altringham and Kerth, 2015).

### The Migrating Atlantic Salmon - A Case Study

Catches of Atlantic salmon, *Salmo salar*, from the Loire/Allier (France) basin have dropped from 30,000 at the end of the 19th century to less than 1500 nowadays (Marchand et al., 2017), without mentioning a dramatic reduction in the size of the captured animals. This population decay is due to a chain of cascading reactions (**Figure 15**): (i) natural predation; (ii) overfishing (recreational, industrial, and poaching), (iii) sporadic and continuous chemical pollution due to urban and agricultural activities (including endocrine and metabolic disruptors), (iv) physical pollution due to ALAN, which affects vision (because of the strongly illuminated bridges and buildings; see section "Fish"), rhythmic metabolism, and behaviour (locomotor activity, daily vertical migration as well as down-stream and upstream migration), noise and temperature (due to global warming as well as release of warm waters from nuclear run-off basins), (v) physical barriers (pumps, turbines [particularly from nuclear plants], dams and control of water flows) (**Figures 11**, **15**). These are multiple sources of nuisance affecting metabolism, physiology and behaviour (Scholz and Mayer, 2008; Casals-Casas and Desvergne, 2011; Lambert et al., 2015; Bedrosian et al., 2016). Salmon navigating long distance rivers are likely to be more affected than others, as they will face a concomitance and/or succession of these factors along a course of at least 700 km. Laboratory investigations have provided evidence that the effects of combining LED lights with endocrine disruptors or temperature changes depend on the wavelength (**Figure 11**). In the perciform *Oplegnathus fasciatus,* bisphenol A activated hepatic and plasma markers of oxidative and lipid stress, increased DNA degradation and cell apoptosis and decreased melatonin and circulating immunoglobulins; these effects were

Folio Nº 2512

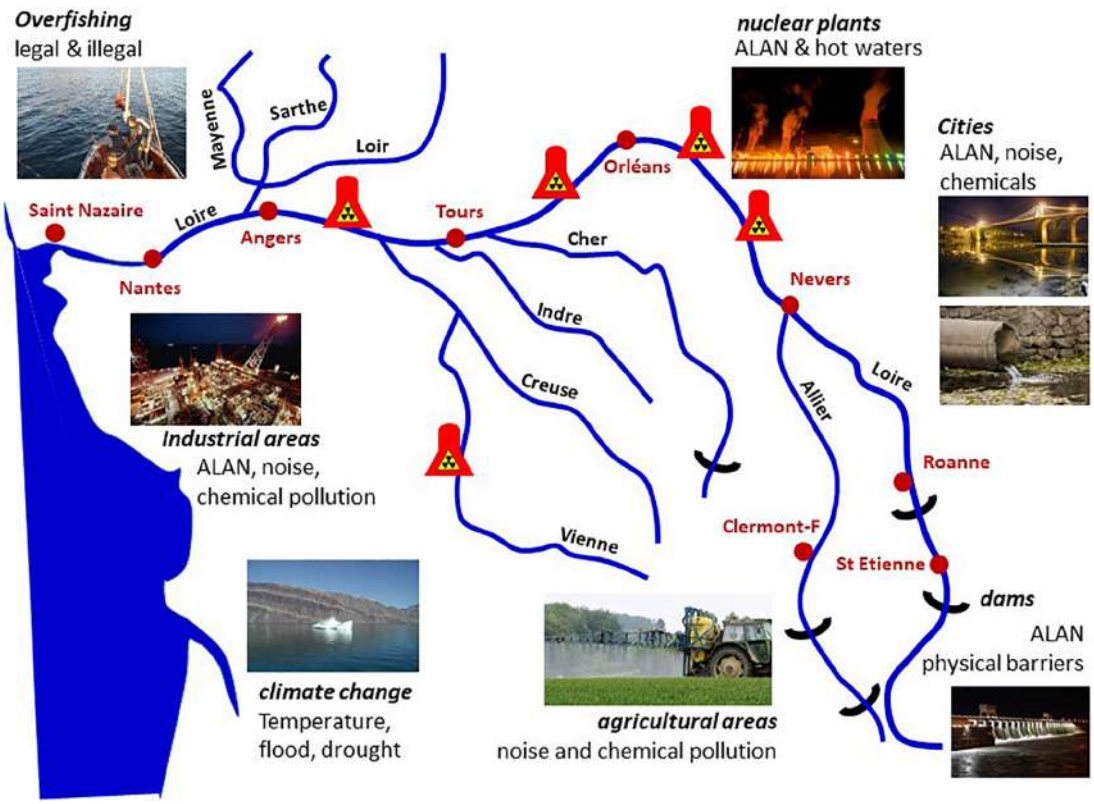



**FIGURE 15 |** Migration is a crucial event in the Atlantic salmon, *Salmo salar*. In the Loire/Allier basin a ~800 km downstream migration brings young smolts from their hatching area to the sea, where they feed and mature. In the journey they have to face light pollution (ALAN) when crossing cities or areas of active human activities (nuclear plants, industrial areas, harbours) as well as a series of other threats of anthropogenic origin, including physical barriers, overfishing, water temperature rise, physical (noise) and chemical (*e.g.*, endocrine disruptors) pollution. They must run another 800 km back when returning to the spawning grounds. Altogether this addition of threats impacts on metabolic reactions and physiological regulation, including their rhythmic components, which have put the species in danger of extinction.

mitigated by green (530 nm) but not red (620 nm) LED light of 0.3 and 0.5 W/m$^2$ (Choi et al., 2016). Similar results were obtained in *C. auratus* (Jung M. M.et al., 2016). In addition, in the latter a rise in temperature of 22 to 30°C induced (1) an increase in glucose, cortisol, T3 and T4 thyroid hormones in the blood and (2) T3 and T4 receptors in the brain, but (3) a decrease in hepatic and plasma immunoglobulins. Green LED lighting or the administration of melatonin, reversed these effects (Jung S. J. et al., 2016). **Figure 11** provides a schematic presentation of how many of these factors are likely to affect the fish neuroendocrine system.

## CONCLUSION

Recent years have seen a growing global awareness of the potential negative consequences of exposure to ALAN. Over the last 20 years both the number of light-emitting sources, and the intensity of radiated light, have increased dramatically across the surface of the globe, not only within vast tracts of urbanized land but also along coastal areas and even in relatively isolated regions like deserts, mountain ranges and open ocean. A fierce debate has arisen in many countries as documented scientific evidence has begun to suggest that prolonged exposure to ALAN can have adverse effects on human health, with a substantial number of studies indicating links between ALAN and sleep loss and fatigue on the short term, and cancer, metabolic syndrome, mental health and cognitive disturbances on the long term (Lunn et al., 2017). Much of the scientific rationale underpinning these effects concerns the disruptive effects of ALAN upon the proper synchronization of the circadian clock, a fundamental regulatory system, which exists in virtually all living organisms and originated at the beginning of evolution. The over-riding principle of circadian networks is that they align inner physiology with the natural day-night cycle, in order to optimize energy expenditure. It is hence obvious that exposure to ALAN creates a temporal disturbance leading to misalignment of physiology and metabolism with the fluctuating day-night cycle. The paramount importance of this system is now recognized in subjects as diverse as agriculture and medicine, and was recently highlighted by the attribution the 2018 Nobel Prize in Medicine and Physiology to the three pioneers in the field of chronobiology.

In vertebrates including humans, a key clock-mediated process involves altered secretion of melatonin, a neurohormone involved in the regulation of many rhythmic processes but also

Folio Nº 2513

as promoting antioxidant protection in the brain and elsewhere. Melatonin has strong impact on the neuroendocrine system. Normally secreted only during the dark, nocturnal light exposure diminishes or even suppresses melatonin secretion, which if occurring over a long period leads to overall deprivation in melatonin, with consequent problems (*e.g.*, sleep) and potentially longer-term effects (*e.g.*, on cognition, metabolism (diabetes), fertility and heart disease). It has been argued that ALAN can be considered as a source of endocrine disruption in human, since so many hormones, pheromones and metabolites are under circadian control (Russart and Nelson, 2018). This is strengthen by the observation that ALAN together with other external cues and disruptors often target the same neuroendocrine areas in vertebrates (**Figure 11**).

While the scientific literature is beginning to report many studies showing possible detrimental side-effects of ALAN upon human health and well-being, the effects of ALAN on the natural world, both flora and fauna, has been less talked about and is less prominent in the public consciousness. The constant increase in ALAN through anthropogenic activity means that nowadays large areas of the earth's surface (even including oceans) are permanently bathed in light, obscuring the natural order of alternating periods of light and darkness. The day-night cycle, and also that of seasonal changes, is a critical aspect of the adaptive responses of living organisms to their shifting environment, and a correct « reading » of these cycles is essential to the correct timing of such processes as flowering, reproduction and foraging, among many others. Living organisms have developed a huge variety of strategies to integrate the visual information and to decode time. It is not surprising therefore that ALAN impacts natural systems at all levels of organization, from unicellular to eukaryotes, from systems physiology to community structures, from population behaviour to trophic interactions.

The mechanisms of light capture and of adaptation to the daily and annual changes in photoperiod started at the origin of life, and have become increasingly complex over billions of years of evolution. ALAN is now challenging this in a time scale of decades only. The ongoing extension of urban areas contributes to the cumulative effects of ALAN together with a range of anthropogenic pressures on wildlife and ecosystems (demography, over-exploitation of resources, physical obstacles, reduction of natural spaces, pollution, climate change, etc.). The result is a dramatic acceleration in extinction of species, followed by disorganization and collapse of ecosystems. The great majority of species is unable to overcome such additive stress factors and to develop new strategies in such a short period of time. Reversing or even slowing down this process will need a profound reconsideration of our environmental policies, which implies re-examination of our modern life style. With regard to ALAN the international political decision to replace pre-existing lighting systems with LED may further complicate the current scenario, due primarily to a wider emission spectrum and an enriched emission of short wavelength light to which circadian clocks are particularly sensitive. We propose that efforts should be made to limit night-time illumination to more essential purposes (*e.g.*, road safety), within more narrowly defined areas and at more restricted hours. The use of directed lighting to minimize wasted un-useful radiation and with carefully selected spectral emissions should permit human activity to continue unhindered while significantly reducing the impact on species.

"*What we conserve defines what we are or pretend to be. We must establish and promote comprehensive dialogs among social scientists, ecologists, and evolutionary biologists to explore the biological and cultural roots of our interactions with nonhumans and to understand the origins of our inertia in the face of the urgency of biodiversity erosion. Addressing this major challenge for humanity may also enhance our ability to respect each other in our societies*" (Sarrazin and Lecomte, 2016).

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

JF coordinated the work and wrote the manuscript. AT, CG, CM, DA, FB-C, FV, and DH contributed to discussions and reading of the manuscript. DH contributed to English editing. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

## FUNDING

This review is the result of a work performed within the framework of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES; https://www.anses.fr/en) on demand of the French Government Ministry of Ecology: "Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire" (https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/).

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge Samuel Carré (CSTB, Nantes, France), Olivier Enouf (Laboratoire National de Métrologie & d'Essais, Trappes, France), and Arnaud Metlaine (Université de Paris, Paris, France) for their contributions to the discussions at the ANSES.

## REFERENCES

Acharya, J., Rechner, O., Neugart, S., Schreiner, M., and Poehling, H. M. (2016). Effects of light-emitting diode treatments on *Brevicoryne brassicae* performance mediated by secondary metabolites in Brussels sprouts. *J. Plant Dis. Protec.* 123, 321–330. doi: 10.1007/s41348-016-0029-9

Alsanius, B. W., Karlsson, M., Rosberg, A. K., Dorais, M., Naznin, M. T., Khalil, S., et al. (2019). Light and microbial lifestyle: the impact of light quality on plant-microbe interactions in horticultural production systems-a review. *Horticulturae* 5:41. doi: 10.3390/horticulturae5020041

Altringham, J., and Kerth, G. (2015). "Bats and Roads," in *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, eds C. Voigt and T. Kingston (Cham: Springer), 35–62.

Arboleda, E., Zurl, M., Waldherr, M., and Tessmar-Raible, K. (2019). Differential impacts of the head on *Platynereis dumerilii* peripheral circadian rhythms. *Front. Physiol.* 10:900. doi: 10.3389/fphys.2019.00900

Folio Nº 2514


Arikawa, K., Iwanaga, T., Wakakuwa, M., and Kinoshita, M. (2017). Unique temporal expression of triplicated long-wavelength opsins in developing butterfly eyes. *Front. Neural Circ.* 11:96. doi: 10.3389/fncir.2017.00096

Arowolo, M., He, J., He, S., and Adebowale, T. (2019). The implication of lighting programmes in intensive broiler production system. *Worlds Poult. Sci. J.* 75, 17–28.

Attia, D., Behar-Cohen, F., Carré, S., Enouf, O., Falcón, J., Gronfier, C., et al. (2019). *Effets sur la Santé Humaine et sur L'environnement (faune et flore) des Diodes Électroluminescentes (LED)*. Available online at: https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2014SA0253Ra.pdf

Autrum, H., Bennet, M., Diehn, B., Hamdorf, K., Heisenberg, M., Järviletho, M., et al. (2012). *Comparative Physiology and Evolution of Vision in Invertebrates: A: Invertebrate Photoreceptors*. Berlin: Springer.

Azam, C. (2016). *Impacts of Light Pollution on Bat Spatiotemporal Dynamics in France: Implications for Sustainable Outdoor Lighting Planning*. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle, 129.

Baker, G. E., de Grip, W. J., Turton, M., Wagner, H. J., Foster, R. G., and Douglas, R. H. (2015). Light sensitivity in a vertebrate mechanoreceptor? *J. Exp. Biol.* 218, 2826–2829. doi: 10.1242/jeb.125203

Barak, S., Tobin, E. M., Andronis, C., Sugano, S., and Green, R. M. (2000). All in good time: the *Arabidopsis* circadian clock. *Trends Plant Sci.* 5, 517–522. doi: 10.1016/s1360-1385(00)01785-4

Baudelot, E. (1883). *Recherches sur le Système Nerveux des Poissons*. Paris: G. Masson.

Bazalova, O., Kvicalova, M., Valkova, T., Slaby, P., Bartos, P., Netusil, R., et al. (2016). Cryptochrome 2 mediates directional magnetoreception in cockroaches. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 1660–1665. doi: 10.1073/pnas.1518622113

Bedrosian, T. A., Fonken, L. K., and Nelson, R. J. (2016). Endocrine effects of circadian disruption. *Annu. Rev. Physiol.* 78, 109–131.

Bell-Pedersen, D., Cassone, V. M., Earnest, D. J., Golden, S. S., Paul, E., Hardin, P. E., et al. (2005). Circadian rhythms from multiple oscillators: lessons from diverse organisms. *Nat. Rev. Genet.* 6, 544–556. doi: 10.1038/nrd1633

Bengsen, A. J., Leung, L. K.-P., Lapidge, S. J., and Gordon, I. J. (2010). Artificial illumination reduces bait-take by small rainforest mammals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 127, 66–72. doi: 10.1016/j.applanim.2010.08.006

Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., and Gaston, K. J. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *J. Ecol.* 104, 611–620. doi: 10.1111/1365-2745.12551

Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., Inger, R., and Gaston, K. J. (2015a). Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 370:20140131. doi: 10.1098/rstb.2014.0131

Bennie, J., Duffy, J. P., Davies, T. W., Correa-Cano, M. E., and Gaston, K. J. (2015b). Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sens.* 7, 2715–2730. doi: 10.3390/rs70302715

Benoit, J. (1935). Stimulation par la lumiere artificielle du developpement testiculaire chez des canards aveugles par section du nerf optique. *CR Soc. Biol.* 120, 133–136.

Benoit, J., and Assenmacher, I. (1954). Sensibilité comparée des récepteurs superficiels et profonds dans le réflexe photo-sexuel chez le canard. *C. R. Acad. Sci.* 239, 105–107.

Berry, R. P., Wcislo, W. T., and Warrant, E. J. (2011). Ocellar adaptations for dim light vision in a nocturnal bee. *J. Exp. Biol.* 214, 1283–1293. doi: 10.1242/jeb.050427

Bhadra, U., Thakkar, N., Das, P., and Bhadra, M. P. (2017). Evolution of circadian rhythms: from bacteria to human. *Sleep Med.* 35, 49–61.

Bhoo, S.-H., Davis, S. J., Walker, J., Karniol, B., and Vierstra, R. D. (2001). Bacteriophytochromes are photochromic histidine kinases using a biliverdin chromophore. *Nature* 414, 776–779.

Binder, T. R., and McDonald, D. G. (2008). The role of dermal photoreceptors during the sea lamprey (*Petromyzon marinus*) spawning migration. *J. Comp. Physiol. A* 194, 921–928. doi: 10.1007/s00359-008-0364-9

Bird, S., and Parker, J. (2014). Low levels of light pollution may block the ability of male glow-worms (*Lampyris noctiluca* L.) to locate females. *J. Insect Conserv.* 18, 737–743. doi: 10.1007/s10841-014-9664-2

Blackshaw, S., and Snyder, S. H. (1997). Developmental expression pattern of phototransduction components in mammalian pineal implies a light-sensing function. *J. Neurosci.* 17, 8074–8082.

Bloch, G., Hazan, E., and Rafaeli, A. (2013). Circadian rhythms and endocrine functions in adult insects. *J. Insect Physiol.* 59, 56–69. doi: 10.1016/j.jinsphys.2012.10.012

Boissin, J., and Canguilhem, B. (1998). *Les rythmes du Vivant. Origine et Contrôle des Rythmes Biologiques*. Paris: CNRS/Nathan, 320.

Bolliet, V., Begay, V., Taragnat, C., Ravault, J. P., Collin, J. P., and Falcon, J. (1997). Photoreceptor cells of the pike pineal organ as cellular circadian oscillators. *Eur. J. Neurosci.* 9, 643–653. doi: 10.1111/j.1460-9568.1997.tb01413.x

Bolton, D., Mayer-Pinto, M., Clark, G., Dafforn, K., Brassil, W., Becker, A., et al. (2017). Coastal urban lighting has ecological consequences for multiple trophic levels under the sea. *Sci. Total Envriron.* 576, 1–9. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.037

Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., and Kunz, T. H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332, 41–42. doi: 10.1126/science.1201366

Brei, M., Perez-Barahona, A., and Strobl, E. (2016). Environmental pollution and biodiversity: light pollution and sea turtles in the Caribbean. *J. Environ. Eco. Manag.* 77, 95–116. doi: 10.1016/j.jeem.2016.02.003

Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Kleiner, W., and Kloas, W. (2016). Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. *Sci. Total Envriron.* 543, 214–222. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.023

Brüning, A., Holker, F., Franke, S., Kleiner, W., and Kloas, W. (2018a). Influence of light intensity and spectral composition of artificial light at night on melatonin rhythm and mRNA expression of gonadotropins in roach *Rutilus rutilus*. *Fish Physiol. Biochem.* 44, 1–12. doi: 10.1007/s10695-017-0408-6

Brüning, A., Kloas, W., Preuer, T., and Holker, F. (2018b). Influence of artificially induced light pollution on the hormone system of two common fish species, perch and roach, in a rural habitat. *Conserv. Physiol.* 6:coy016. doi: 10.1093/conphys/coy016

Buhr, E. D., Vemaraju, S., Diaz, N., Lang, R. A., and Van Gelder, R. N. (2019). Neuropsin (OPN5) mediates local light-dependent induction of circadian clock genes and circadian photoentrainment in exposed murine skin. *Curr. Biol.* 29, 3478–3487. doi: 10.1016/j.cub.2019.08.063

Cameron, M. A., and Lucas, R. J. (2009). Influence of the rod photoresponse on light adaptation and circadian rhythmicity in the cone ERG. *Mol. Vis.* 15, 2209–2216.

Cancho-Candela, R., Andres-de Llano, J. M., and Ardura-Fernandez, J. (2007). Decline and loss of birth seasonality in Spain: analysis of 33 421 731 births over 60 years. *J. Epidemiol. Commun. Health* 61, 713–718. doi: 10.1136/jech.2006.050211

Casals-Casas, C., and Desvergne, B. (2011). Endocrine disruptors: from endocrine to metabolic disruption. *Annu. Rev. Physiol* 73, 135–162.

Casasole, G., Raap, T., Costantini, D., AbdElgawad, H., Asard, H., Pinxten, R., et al. (2017). Neither artificial light at night, anthropogenic noise nor distance from roads are associated with oxidative status of nestlings in an urban population of songbirds. *Comp. Biochem. Physiol. A* 210, 14–21. doi: 10.1016/j.cbpa.2017.05.003

Cassone, V. M. (2014). Avian circadian organization: a chorus of clocks. *Front. Neuroendocrinol.* 35:76–88. doi: 10.1016/j.yfrne.2013.10.002

Cavey, M., Collins, B., Bertet, C., and Blau, J. (2016). Circadian rhythms in neuronal activity propagate through output circuits. *Nat. Neurosci.* 19, 587–595. doi: 10.1038/nn.4263

Challet, E. (2015). Keeping circadian time with hormones. *Diabetes Obes. Metab.* 17, 76–83. doi: 10.1111/dom.12516

Chau, R. M. W., Bhaya, D., and Huang, K. C. (2017). Emergent phototactic responses of cyanobacteria under complex light regimes. *Am. Soc. Microbiol.* 8:e02330-16. doi: 10.1128/mBio.02330-16

Chaves, I., Pokorny, R., Byrdin, M., Hoang, N., Ritz, T., Brettel, K., et al. (2011). The cryptochromes: blue light photoreceptors in plants and animals. *Annu. Rev. Plant Biol.* 62, 335–364.

Folio Nº 2515

Chen, M., Chory, J., and Fankhauser, C. (2004). Light signal transduction in higher plants. *Annu. Rev. Genet.* 38, 87–117. doi: 10.1146/annurev.genet.38.072902.092259

Chen, S. C., Robertson, R. M., and Hawryshyn, C. W. (2014). Ontogeny of melanophore photosensitivity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biol. Open* 3, 1032–1036. doi: 10.1242/bio.201410058

Choi, J. Y., Kim, T. H., Choi, Y. J., Kim, N. N., Oh, S. Y., and Choi, C. Y. (2016). Effects of various LED light spectra on antioxidant and immune response in juvenile rock bream, *Oplegnathus fasciatus* exposed to bisphenol A. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 45, 140–149. doi: 10.1016/j.etap.2016.05.026

Ciach, M., and Frohlich, A. (2019). Ungulates in the city: light pollution and open habitats predict the probability of roe deer occurring in an urban environment. *Urban Ecosyst.* 22, 513–523. doi: 10.1007/s11252-019-00840-2

Cohnstaedt, L., Gillen, J. I., and Munstermann, L. E. (2008). Light-emitting diode technology improves insect trapping. *J. Am. Mosquito Control Assoc.* 24, 331. doi: 10.2987/5619.1

Collin, J. P., Arendt, J., and Gern, W. A. (1988). The third eye. *La Recherche* 19, 1154–1165.

Correa, A., and Bell-Pedersen, D. (2002). Distinct signaling pathways from the circadian clock participate in regulation of rhythmic conidiospore development in *Neurospora crassa*. *Eukaryot. Cell* 1, 273–280. doi: 10.1128/ec.1.2.273-280.2002

Côté, I. M., Darling, E. S., and Brown, C. J. (2016). Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. *Proc. R. Soc. B.* 283:20152592.

Currie, S. P., Doherty, G. H., and Sillar, K. T. (2016). Deep-brain photoreception links luminance detection to motor output in *Xenopus* frog tadpoles. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 6053–6058. doi: 10.1073/pnas.1515516113

Dananay, K. L., and Benard, M. F. (2018). Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian. *Proc. R. Soc. B.* 285:20180367. doi: 10.1098/rspb.2018.0367

Darling, E. S., and Côté, I. M. (2008). Quantifying the evidence for ecological synergies. *Ecol. Lett.* 11, 1278–1286. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01243.x

Dauchy, R. T., Wren-Dail, M. A., Hoffman, A. E., Hanifin, J. P., Warfield, B., Brainard, G. C., et al. (2016). Effects of daytime exposure to light from blue-enriched light-emitting diodes on the nighttime melatonin amplitude and circadian regulation of rodent metabolism and physiology. *Comp. Med.* 66, 373–383.

Davies, T. W. (2014). Nighttime lighting alters the composition of marine epifaunal communities. *Biol. Lett.* 11:20150080. doi: 10.1098/rsbl.2015.0080

Davies, T. W., Bennie, J., Cruse, D., Blumgart, D., Inger, R., and Gaston, K. J. (2017). Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages. *Glob. Change Biol.* 23, 2641–2648. doi: 10.1111/gcb.13615

Davies, W. I. L., Collin, S. P., and Hunt, D. M. (2012). Molecular ecology and adaptation of visual photopigments in craniates. *Mol. Ecol.* 21, 3121–3158. doi: 10.1111/j.1365-294X.2012.05617.x

de Jong, M., Caro, S. P., Gienapp, P., Spoelstra, K., and Visser, M. E. (2017). Early birds by light at night: effects of light color and intensity on daily activity patterns in blue tits. *J. Biol. Rhythms* 32, 323–333. doi: 10.1177/0748730417719168

de Jong, M., Jeninga, L., Ouyang, J. Q., van Oers, K., Spoelstra, K., and Visser, M. E. (2016a). Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. *Physiol. Behav.* 155, 172–179. doi: 10.1016/j.physbeh.2015.12.012

de Jong, M., Ouyang, J. Q., da Silva, A., van Grunsven, R. H. A., Kempenaers, B., Visser, M. E., et al. (2015). Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 370:20140128. doi: 10.1098/rstb.2014.0128

de Jong, M., Ouyang, J. Q., van Grunsven, R. H. A., Visser, M. E., and Spoelstra, K. (2016b). Do wild great tits avoid exposure to light at night? *PLoS One* 11:e0157357. doi: 10.1371/journal.pone.0157357

Delabbio, J. (2015). *The Importance of Environmental Light to the Culture of Marine Fish Larvae*. Plymouth, MN: ONCE, Inc.

Delahunty, G., Olcese, J., and Devlaming, V. (1980). Photoperiod effects on carbohydrate metabolites in the goldfish, carassius-auratus - Role of the pineal and retinal pathways. *Rev. Can. Biol.* 39, 173–180.

Delroisse, J., Duchatelet, L., Flammang, P., and Mallefet, J. (2018). *De novo* transcriptome analyses provide insights into opsin-based photoreception in the lanternshark *Etmopterus spinax*. PLoS One 13:e0209767. doi: 10.1371/journal.pone.0209767

Demotes-Mainard, S., Peron, T., Corot, A., Bertheloot, J., Le Gourrierec, J., Pelleschi-Travier, S., et al. (2016). Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environ. Exp. Bot.* 121, 4–21. doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.05.010

Dendy, A. (1911). VI. On the structure, development and morphological interpretation of the pineal organs and adjacent parts of the brain in the tuatara (*Sphenodon punctatus*). *Philos. Trans. R. Soc. B.* 201, 227–331.

Dibner, C., Schibler, U., and Albrecht, U. (2010). The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annu. Rev. Physiol.* 72, 517–549. doi: 10.1146/annurev-physiol-021909-135821

Dlugosz-Grochowska, O., Oton, A., and Wojciechowska, R. (2016). Modifying folate and polyphenol concentrations in Lamb's lettuce by the use of LED supplemental lighting during cultivation in greenhouses. *J. Funct. Foods* 26, 228–237. doi: 10.1016/j.jff.2016.07.020

Do, M. T. H. (2019). Melanopsin and the intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: biophysics to behavior. *Neuron* 104, 205–226. doi: 10.1016/j.neuron.2019.07.016

Dodd, A. N., Bebin, F. E., Frank, A., and Webb, A. A. R. (2015). Interactions between circadian clocks and photosynthesis for the temporal and spatial coordination of metabolism. *Front. Plant Sci.* 6:245. doi: 10.3389/fpls.2015.00245

Dominoni, D. M., Borniger, J. C., and Nelson, R. J. (2016). Light at night, clocks and health: from humans to wild organisms. *Biol. Lett.* 12:20160015. doi: 10.1098/rsbl.2016.0015

Dominoni, D. M., Goymann, W., Helm, B., and Partecke, J. (2013a). Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (Turdus merula): implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Front. Zool.* 10:60. doi: 10.1186/1742-9994-10-60

Dominoni, D. M., Quetting, M., and Partecke, J. (2013b). Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proc. R. Soc. B* 280:20123017. doi: 10.1098/rspb.2012.3017

Dominoni, D. M., Smit, J. A. H., Visser, M. E., and Halfwerk, W. (2020). Multisensory pollution: artificial light at night and anthropogenic noise have interactive effects on activity patterns of great tits (Parus major). *Environ. Pollut.* 256:113314. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113314

Donohue, M. W., Cohen, J. H., and Cronin, T. W. (2018). Cerebral photoreception in mantis shrimp. *Sci. Rep.* 8:9689. doi: 10.1038/s41598-018-28004-w

Du, X. L., Wang, J., Pan, W. S., Liu, Q. J., Wang, X. J., and Wu, W. J. (2014). Observation of magnetic field effects on transient fluorescence spectra of cryptochrome 1 from homing pigeons. *Photochem. Photobiol.* 90, 989–996. doi: 10.1111/php.12276

Duarte, C., Quintanilla-Ahumada, D., Anguita, C., Manriquez, P. H., Widdicombe, S., Pulgar, J., et al. (2019). Artificial light pollution at night (ALAN) disrupts the distribution and circadian rhythm of a sandy beach isopod. *Environ. Pollut.* 248, 565–573. doi: 10.1016/j.envpol.2019.02.037

Dueck, T., van Ieperen, W., and Taulavuori, K. (2016). Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. *Environ. Exp. Bot.* 121, 1–3. doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.06.012

Duffy, J. P., Bennie, J., Durán, A. P., and Gaston, K. J. (2015). Mammalian ranges are experiencing erosion of natural darkness. *Sci. Rep.* 5:12042. doi: 10.1038/srep12042

Edmunds, L. N. (1984). *Cell Cycle Clocks*. New York, NY: M. Dekker Inc.

Edmunds, L. N. (1988). *Cellular and Molecular Bases of Biological Clocks: Models and Mechanisms for Circadian Timekeeping*. New York, NY: Springer Verlag.

Ekström, P., and Meissl, H. (2003). Evolution of photosensory pineal organs in new light: the fate of neurodocrine photoreceptors. *Philos. Trans. R. Soc. B* 358, 1679–1700. doi: 10.1098/rstb.2003.1303

Endo, M. (2016). Tissue-specific circadian clocks in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 29, 44–49. doi: 10.1016/j.pbi.2015.09.008

Espigares, F., Rocha, A., Gómez, A., Carrillo, M., and Zanuy, S. (2017). Photoperiod modulates the reproductive axis of European sea bass through regulation of

Folio Nº 2516

kiss1 and gnrh2 neuronal expression. *Gen. Comp. Endocrinol.* 240, 35–45. doi: 10.1016/j.ygcen.2016.09.007

Fain, G. L., Hardie, R., and Laughlin, S. B. (2010). Phototransduction and the evolution of photoreceptors. *Curr. Biol.* 20, R114–R124. doi: 10.1016/j.cub.2009.12.006

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., et al. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Sci. Adv.* 2:e1600377. doi: 10.1126/sciadv.1600377

Falcón, J. (1999). Cellular circadian clocks in the pineal. *Prog. Neurobiol.* 58, 121–162. doi: 10.1016/s0301-0082(98)00078-1

Falcón, J., Besseau, L., and Boeuf, G. (2007a). "Molecular and cellular regulation of pineal organ responses," in *Sensory Systems Neuroscience - Fish Physiology*, eds T. Hara and B. Zielinski (Cambridge, MA: Academic Press), 243–306. doi: 10.1016/S1546-5098(06)25006-4

Falcón, J., Besseau, L., Sauzet, S., and Boeuf, G. (2007b). Melatonin effects on the hypothalamo-pituitary axis in fish. *Trends Endocrinol. Metab.* 18, 81–88. doi: 10.1016/j.tem.2007.01.002

Falcón, J., Migaud, H., Muñoz-Cueto, J. A., and Carrillo, M. (2010). Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165, 469–482. doi: 10.1016/j.ygcen.2009.04.026

Fankhauser, C., and Christie, J. M. (2015). Plant phototropic growth. *Curr. Biol.* 25, 384–389. doi: 10.1016/j.cub.2015.03.020

Fernandes, A. M., Fero, K., Arrenberg, A. B., Bergeron, S. A., Driever, W., and Burgess, H. A. (2012). Deep brain photoreceptors control light-seeking behavior in zebrafish larvae. *Curr. Biol.* 22, 2042–2047. doi: 10.1016/j.cub.2012.08.016

Ferrari, C., Proost, S., Janowski, M., Becker, J., Nikoloski, Z., Bhattacharya, D., et al. (2019). Kingdom-wide comparison reveals the evolution of diurnal gene expression in Archaeplastida. *Nature Commun.* 10:737. doi: 10.1038/s41467-019-08703-2

Feuda, R., Hamilton, S. C., McInerney, J. O., and Pisani, D. (2012). Metazoan opsin evolution reveals a simple route to animal vision. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 18868–18872. doi: 10.1073/pnas.1204609109

Feuka, A. B., Hoffmann, K. E., Hunter, M. L., and Calhoun, A. J. K. (2017). Effects of light pollution on habitat selection in post-metamorphic wood frogs (*Rana sylvaticus*) and unisexual blue-spotted salamanders (*Ambystoma laterale* x *jeffersonianum*). *Herpetol. Conserv. Biol.* 12, 470–476.

Fobert, E. K., da Silva, K. B., and Swearer, S. E. (2019). Artificial light at night causes reproductive failure in clownfish. *Biol. Lett.* 15:20190272. doi: 10.1098/rsbl.2019.0272

Fonken, L. K., and Nelson, R. J. (2014). The effects of light at night on circadian clocks and metabolism. *Endocr. Rev.* 35, 648–670. doi: 10.1210/er.2013-1051

Foster, J. G., Algera, D. A., Brownscombe, J. W., Zolderdo, A. J., and Cooke, S. J. (2016). Consequences of different types of littoral zone light pollution on the parental care behaviour of a freshwater teleost fish. *Water Air Soil Pollut.* 227:404. doi: 10.1007/s11270-016-3106-6

Foster, R. G., and Roenneberg, T. (2008). Human responses to the geophysical daily, annual and lunar cycles. *Curr. Biol.* 18, R784–R794. doi: 10.1016/j.cub.2008.07.003

Friedrich, M. (2006). Ancient mechanisms of visual sense organ development based on comparison of the gene networks controlling larval eye, ocellus, and compound eye specification in Drosophila. *Arthropod. Struct. Dev.* 35, 357–378. doi: 10.1016/j.asd.2006.08.010

Fuller, R. C., and Claricoates, K. M. (2011). Rapid light-induced shifts in opsin expression: finding new opsins, discerning mechanisms of change, and implications for visual sensitivity. *Mol. Ecol.* 20, 3321–3335. doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05180.x

Fusani, L., Bertolucci, C., Frigato, E., and Foa, A. (2014). Cryptochrome expression in the eye of migratory birds depends on their migratory status. *J. Exp. Biol.* 217, 918–923. doi: 10.1242/jeb.096479

Gao, X. L., Zhang, M., Li, X., Shi, C., Song, C. B., and Liu, Y. (2016). Effects of LED light quality on the growth, metabolism, and energy budgets of *Haliotis discus discus*. *Aquaculture* 453, 31–39. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.11.033

Gavelis, G. S., Hayakawa, S., White, R. A., Gojobori, T., Suttle, C. A., Keeling, P. J., et al. (2015). Eye-like ocelloids are built from different endosymbiotically acquired components. *Nature* 523, 204–207. doi: 10.1038/nature14593

Geffen, K. G., Eck, E., Boer, R. A., Grunsven, R. H., Salis, L., Berendse, F., et al. (2015). Artificial light at night inhibits mating in a Geometrid moth. *Insect Conserv. Divers.* 8, 282–287. doi: 10.1111/icad.12116

Gehring, W. J. (2005). New perspectives on eye development and the evolution of eyes and photoreceptors. *J. Hered.* 96, 171–184. doi: 10.1093/jhered/esi027

Gehring, W. J. (2011). Chance and necessity in eye evolution. *Genome Biol. Evol.* 3, 1053–1066. doi: 10.1093/gbe/evr061

Gehring, W. J. (2012). The animal body plan, the prototypic body segment, and eye evolution. *Evol. Dev.* 14, 34–46. doi: 10.1111/j.1525-142X.2011.00528.x

Gehring, W. J. (2014). The evolution of vision. *Wiley Int. Rev. Dev. Biol.* 3, 1–40. doi: 10.1002/wdev.96

Gil, K. E., and Park, C. M. (2019). Thermal adaptation and plasticity of the plant circadian clock. *New Phytol.* 221, 1215–1229. doi: 10.1111/nph.15518

Glukhova, L. B., Sokolyanskaya, L. O., Plotnikov, E. V., Gerasimchuk, A. L., Karnachuk, O. V., Solioz, M., et al. (2014). Increased mycelial biomass production by Lentinula edodes intermittently illuminated by green light emitting diodes. *Biotechnol. Lett.* 36, 2283–2289. doi: 10.1007/s10529-014-1605-3

Gongruttananun, N. (2011). Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poult. Sci.* 90, 2855–2863. doi: 10.3382/ps.2011-01652

Gothilf, Y., Coon, S. L., Toyama, R., Chitnis, A., Namboodiri, M., and Klein, D. C. (1999). Zebrafish serotonin *N*-acetyltransferase-2: marker for development of pineal photoreceptors and circadian clock function. *Endocrinology* 140, 4895–4903. doi: 10.1210/endo.140.10.6975

Goyal, A., Szarzynska, B., and Fankhauser, C. (2013). Phototropism: at the crossroads of light-signaling pathways. *Trends Plant Sci.* 18, 393–401. doi: 10.1016/j.tplants.2013.03.002

Grenis, K., and Murphy, S. M. (2019). Direct and indirect effects of light pollution on the performance of an herbivorous insect. *Insect Sci.* 26, 770–776. doi: 10.1111/1744-7917.12574

Grubisic, M., Singer, G., Bruno, M. C., van Grunsven, R. H., Manfrin, A., Monaghan, M. T., et al. (2018a). A pigment composition analysis reveals community changes in pre-established stream periphyton under low-level artificial light at night. *Limnologica* 69, 55–58. doi: 10.1016/j.limno.2017.10.004

Grubisic, M., Singer, G., Bruno, M. C., van Grunsven, R. H. A., Manfrin, A., Monaghan, M. T., et al. (2017). Artificial light at night decreases biomass and alters community composition of benthic primary producers in a sub-alpine stream. *Limnol. Oceanogr.* 62, 2799–2810. doi: 10.1002/lno.10607

Grubisic, M., van Grunsven, R. H. A., Manfrin, A., Monaghan, M. T., and Holker, F. (2018b). A transition to white LED increases ecological impacts of nocturnal illumination on aquatic primary producers in a lowland agricultural drainage ditch. *Environ. Pollut.* 240, 630–638.

Haas, R., Alenciks, E., Meddle, S., and Fraley, G. (2017). Expression of deep brain photoreceptors in the Pekin drake: a possible role in the maintenance of testicular function. *Poult. Sci.* 96, 2908–2919. doi: 10.3382/ps/pex037

Hang, C. Y., Kitahashi, T., and Parhar, I. S. (2014). Localization and characterization of val-opsin isoform-expressing cells in the brain of adult zebrafish. *J. Comp. Neurol.* 522, 3847–3860. doi: 10.1002/cne.23645

Hang, C. Y., Kitahashi, T., and Parhar, I. S. (2016). Neuronal organization of deep brain opsin photoreceptors in adult teleosts. *Front. Neuroanat.* 10:48. doi: 10.3389/fnana.2016.00048

Harder, L., and Oster, H. (2020). The tissue clock network: driver and gatekeeper of circadian physiology circadian rhythms are integrated outputs of central and peripheral tissue clocks interacting in a complex manner - from drivers to gatekeepers. *Bioessays* 42:1900158. doi: 10.1002/bies.201900158

Hartmann, S., Vogt, R., Kunze, J., Rauschert, A., Kuhnert, K.-D., Wanzenböck, J., et al. (2018). Zebrafish larvae show negative phototaxis to near-infrared light. *PLoS One* 13:e0207264. doi: 10.1371/journal.pone.0207264

He, J., Qin, L., Teo, L. J. L., and Wei, C. T. (2019). Nitrate accumulation, productivity and photosynthesis of *Brassica alboglabra* grown under low light with supplemental LED lighting in the tropical greenhouse. *J. Plant Nutr.* 42, 1740–1749. doi: 10.1080/01904167.2019.1643367

Helfrich-Förster, C., Edwards, T., Yasuyama, K., Wisotzki, B., Schneuwly, S., Stanewsky, R., et al. (2002). The extraretinal eyelet of *Drosophila*: development, ultrastructure, and putative circadian function. *J. Neurosci.* 22, 9255–9266. doi: 10.1523/jneurosci.22-21-09255.2002

Folio Nº 2517

Helfrich-Forster, C., Nitabach, M. N., and Holmes, T. C. (2011). "Insect circadian clock outputs," in *Essays in Biochemistry: Chronobiology*, eds H. D. Piggins and C. Guilding (London: Portland Press Ltd), 87–101. doi: 10.1042/bse0490087

Hermann, C., Saccon, R., Senthilan, P. R., Domnik, L., Dircksen, H., Yoshii, T., et al. (2013). The circadian clock network in the brain of different Drosophila species. *J. Comp. Neurol.* 521, 367–388. doi: 10.1002/cne.23178

Hermann-Luibl, C., and Helfrich-Foerster, C. (2015). Clock network in *Drosophila*. *Curr. Opin. Insect Sci.* 7, 65–70. doi: 10.1016/j.cois.2014.11.003

Hernandez, O. H., and Fuentes-Pardo, B. (2001). Cerebroid ganglion is the presumptive pacemaker of the circadian rhythm of electrical response to light in the crayfish. *Biol. Rhythm Res.* 32, 125–144. doi: 10.1076/brhm.32.2.125.1360

Hernandez, R., and Kubota, C. (2016). Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. *Environ. Exp. Bot.* 121, 66–74. doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.04.001

Hernandez-Perez, J., Miguez, J. M., Libran-Perez, M., Otero-Rodino, C., Naderi, F., Soengas, J. L., et al. (2015). Daily rhythms in activity and mRNA abundance of enzymes involved in glucose and lipid metabolism in liver of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Influence of light and food availability. *Chronobiol. Int.* 32, 1391–1408. doi: 10.3109/07420528.2015.1100633

Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., and Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends Ecol. Evol.* 25, 681–682. doi: 10.1016/j.tree.2010.09.007

Hong, C. I., Zámborszky, J., Baek, M., Labiscsak, L., Ju, K., Lee, H., et al. (2014). Circadian rhythms synchronize mitosis in *Neurospora crassa*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 1397–1402. doi: 10.1073/pnas.1508432112

Honnen, A.-C., Kypke, J. L., Hölker, F., and Monaghan, M. T. (2019). Artificial light at night influences clock-gene expression, activity, and fecundity in the mosquito *Culex pipiens f. molestus*. *Sustainability* 11:6220. doi: 10.3390/su11226220

Huber-Eicher, B., Suter, A., and Spring-Stähli, P. (2013). Effects of colored light-emitting diode illumination on behavior and performance of laying hens. *Poult. Sci* 92, 869–873. doi: 10.3382/ps.2012-02679

Huche-Thelier, L., Crespel, L., Le Gourrierec, J., Morel, P., Sakr, S., and Leduc, N. (2016). Light signaling and plant responses to blue and UV radiations-Perspectives for applications in horticulture. *Environ. Exp. Bot.* 121, 22–38. doi: 10.1016/j.envexpbot.2015.06.009

Humberg, T.-H., and Sprecher, S. G. (2017). Age-and wavelength-dependency of Drosophila larval phototaxis and behavioral responses to natural lighting conditions. *Front. Behav. Neurosci.* 11:66. doi: 10.3389/fnbeh.2017.00066

Hurley, J., Loros, J. J., and Dunlap, J. C. (2015). Dissecting the mechanisms of the clock in *Neurospora*. *Methods Enzymol.* 551, 29–52. doi: 10.1016/bs.mie.2014.10.009

Ikeno, T., Weil, Z. M., and Nelson, R. J. (2014). Dim light at night disrupts the short-day response in Siberian hamsters. *Gen. Comp. Endocrinol.* 197, 56–64. doi: 10.1016/j.ygcen.2013.12.005

Imaizumi, T., Tran, H. G., Swartz, T. E., Briggs, W. R., and Kay, S. A. (2003). FKF1 is essential for photoperiodic-specific light signalling in Arabidopsis. *Nature* 426, 302–306. doi: 10.1038/nature02090

Imamoto, Y., and Shichida, Y. (2014). Cone visual pigments. *Biochim. Biophys. Acta* 1837, 664–673. doi: 10.1016/j.bbabio.2013.08.009

Isayama, T., Chen, Y., Kono, M., Fabre, E., Slavsky, M., DeGrip, W. J., et al. (2014). Coexpression of three opsins in cone photoreceptors of the salamander *Ambystoma tigrinum*. *J. Comp. Neurol.* 522, 2249–2265. doi: 10.1002/cne.23531

Ito, C., and Tomioka, K. (2016). Heterogeneity of the peripheral circadian systems in *Drosophila melanogaster*: a review. *Front. Physiol.* 7:8. doi: 10.3389/fphys.2016.00008

Jacobs, G. H. (2018). Photopigments and the dimensionality of animal color vision. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 86, 108–130. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.12.006

Jaubert, M., Bouly, J.-P., Ribera d'Alcala, M., and Falciatore, A. (2017). Light sensing and responses in marine microalgae. *Curr. Opin. Plant Biol.* 37, 70–77. doi: 10.1016/j.pbi.2017.03.005

Jiang, J. X., He, Y., Kou, H. H., Ju, Z. Q., Gao, X. B., and Zhao, H. F. (2020). The effects of artificial light at night on Eurasian tree sparrow (*Passer montanus*): behavioral rhythm disruption, melatonin suppression and intestinal microbiota alterations. *Ecol. Indic.* 108:105702. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105702

Jiang, W., He, G. J., Long, T. F., Wang, C., Ni, Y., and Ma, R. Q. (2017). Assessing light pollution in China based on nighttime light imagery. *Remote Sens.* 9:135. doi: 10.3390/rs9020135

Jiang, Z., Yue, W. W., Chen, L., Sheng, Y., and Yau, K.-W. (2018). Cyclic-nucleotide-and HCN-channel-mediated phototransduction in intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Cell* 175:652. doi: 10.1016/j.cell.2018.08.055

Jung, M. M., Kim, T. H., Choi, Y. J., Kim, N. N., Choi, J. Y., Oh, S. Y., et al. (2016). Variations in the antioxidant system and circadian rhythms of goldfish, Carassius auratus, exposed to ammonia: profile of the effects of green LED spectra. *Biol. Rhythm Res.* 47, 583–596. doi: 10.1080/09291016.2016.1173355

Jung, S. J., Kim, N. N., Choi, Y. J., Choi, J. Y., Choi, Y. U., Heo, Y. S., et al. (2016). Effects of melatonin and green-wavelength LED light on the physiological stress and immunity of goldfish, *Carassius auratus*, exposed to high water temperature. *Fish Physiol. Biochem.* 42, 1335–1346. doi: 10.1007/s10695-016-0221-7

Justice, M. J., and Justice, T. C. (2016). Attraction of insects to incandescent, compact fluorescent, halogen, and led lamps in a light trap: implications for light pollution and urban ecologies. *Entomol. News* 125, 315–326. doi: 10.3157/021.125.0502

Kandori, H. (2015). "History and perspectives of light-sensing proteins," in *Optogenetics: Light-Sensing Proteins and Their Applications*, eds H. Yawo, H. Kandori, and A. Koizumi (Tokyo: Springer), 3–16. doi: 10.1007/978-4-431-55516-2

Kantermann, T., Juda, M., Merrow, M., and Roenneberg, T. (2007). The human circadian clock's seasonal adjustment is disrupted by daylight saving time. *Curr. Biol.* 17, 1996–2000. doi: 10.1016/j.cub.2007.10.025

Kehayias, G., Bouliopoulos, D., Chiotis, N., and Koutra, P. (2016). A photovoltaic-battery-LED lamp raft design for purse seine fishery: application in a large Mediterranean lake. *Fish. Res.* 177, 18–23. doi: 10.1016/j.fishres.2016.01.003

Khan, Z. A., Labala, R. K., Yumnamcha, T., Devi, S. D., Mondal, G., Devi, H. S., et al. (2018). Artificial Light at Night (ALAN), an alarm to ovarian physiology: a study of possible chronodisruption on zebrafish (*Danio rerio*). *Sci. Total Envirion.* 628-629, 1407–1421. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.101

Kim, M. J., Bang, W. S., and Yuk, H. G. (2017). 405+/-5 nm light emitting diode illumination causes photodynamic inactivation of *Salmonella* spp. on fresh-cut papaya without deterioration. *Food Microbiol.* 62, 124–132. doi: 10.1016/j.fm.2016.10.002

Kim, S. Y., Son, J., Lo, Y. M., Lee, C., and Moon, B. (2014). Effects of light-emitting diode (LED) lighting on the ergosterol content of beech mushrooms (*Lyophyllum ulmarium*). *J. Food Process. Preserv.* 38, 1926–1931. doi: 10.1111/jfpp.12165

Kim, T. W., Jeong, J. H., and Hong, S. C. (2015). The impact of sleep and circadian disturbance on hormones and metabolism. *Int. J. Endocrinol.* 2015:591729. doi: 10.1155/2015/591729

Kirchhoff, H. (2019). Chloroplast ultrastructure in plants. *New Phytol.* 223, 565–574. doi: 10.1111/nph.15730

Klein, D. C., Coon, S. L., Roseboom, P. H., Weller, J. L., Bernard, M., Gastel, J. A., et al. (1997). The melatonin rhythm-generating enzyme: molecular regulation of serotonin *N*-acetyltransferase in the pineal gland. *Rec. Prog. Hormone Res.* 52, 307–358.

Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Erpe, C. G., Horler, M., and Fontaine, C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548, 206–209. doi: 10.1038/nature23288

Koritala, B. S. C., and Lee, K. (2017). Natural variation of the circadian clock in *Neurospora*. *Adv. Genet.* 99, 1–37. doi: 10.1016/bs.adgen.2017.09.001

Koutroumpa, F. A., and Jacquin-Joly, E. (2014). Sex in the night: fatty acid-derived sex pheromones and corresponding membrane pheromone receptors in insects. *Biochimie* 107, 15–21. doi: 10.1016/j.biochi.2014.07.018

Krüger, L., Paiva, V. H., Petry, M. V., and Ramos, J. A. (2017). Strange lights in the night: using abnormal peaks of light in geolocator data to infer interaction of seabirds with nocturnal fishing vessels. *Polar Biol.* 40, 221–226. doi: 10.1007/s00300-016-1933-y

Kulczykowska, E., Popek, W., and Kapoor, B. (2010). *Biological Clock in Fish*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Folio Nº 2518

Kumar, G., and Engle, C. R. (2016). Technological advances that led to growth of shrimp, salmon, and tilapia farming. *Rev. Fish. Sci. Aquacult.* 24, 136–152. doi: 10.1080/23308249.2015.1112357

Kumar, J., Malik, S., Bhardwaj, S. K., and Rani, S. (2018). Bright light at night alters the perception of daylength in Indian weaver bird (*Ploceus philippinus*). *J. Exp. Zool. A* 329, 488–496. doi: 10.1002/jez.2201

Kunz, T. H., de Torrez, E. B., Bauer, D., Lobova, T., and Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1223, 1–38.

Kwan, J. W., Lee, M. J., Mack, A. F., Chiu, J. F., and Fernald, R. D. (1996). Nonuniform distribution of cell proliferation in the adult teleost retina. *Brain Res.* 712, 40–44. doi: 10.1016/0006-8993(95)01426-8

Lacoeuilhe, A., Machon, N., Julien, J.-F., Le Bocq, A., and Kerbiriou, C. (2014). The influence of low intensities of light pollution on bat communities in a semi-natural context. *PLoS One* 9:e103042. doi: 10.1371/journal.pone.0103042

Lamb, T. D. (2013). Evolution of phototransduction, vertebrate photoreceptors and retina. *Prog. Retin Eye Res.* 36, 52–119. doi: 10.1016/j.preteyeres.2013.06.001

Lamb, T. D., Collin, S. P., and Pugh, E. N. (2007). Evolution of the vertebrate eye: opsins, photoreceptors, retina and eye cup. *Nat. Rev. Neurosci.* 8, 960–975. doi: 10.1038/nrn2283

Lambert, M. R., Giller, G. S., Barber, L. B., Fitzgerald, K. C., and Skelly, D. K. (2015). Suburbanization, estrogen contamination, and sex ratio in wild amphibian populations. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112, 11881–11886. doi: 10.1073/pnas.1501065112

Le Tallec, T. (2014). *Impacts de la Pollution Lumineuse sur les Comportements, les Rythmes Biologiques et les Fonctions Physiologiques d'un Primate Non-Humain, Microcebus murinus*. Ph.D. theses, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 228.

Le Tallec, T., Théry, M., and Perret, M. (2016). Melatonin concentrations and timing of seasonal reproduction in male mouse lemurs (*Microcebus murinus*) exposed to light pollution. *J. Mamal.* 97, 753–760. doi: 10.1093/jmammal/gyw003

Leliavski, A., Dumbell, R., Ott, V., and Oster, H. (2015). Adrenal clocks and the role of adrenal hormones in the regulation of circadian physiology. *J. Biol. Rhythms* 30, 20–34. doi: 10.1177/0748730414553971

Leung, N. Y., and Montell, C. (2017). Unconventional roles of opsins. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 33, 241–264. doi: 10.1146/annurev-cellbio-100616-060432

Lewanzik, D., and Voigt, C. C. (2014). Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. *J. Appl. Ecol.* 51, 388–394. doi: 10.1111/1365-2664.12206

Lewanzik, D., and Voigt, C. C. (2017). Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *J. Appl. Ecol.* 54, 264–271. doi: 10.1111/1365-2664.12758

Lewis, S. M., Wong, C. H., Owens, A., Fallon, C., Jepsen, S., Thancharoen, A., et al. (2020). A global perspective on firefly extinction threats. *Bioscience* 70, 157–167. doi: 10.1093/biosci/biz157

Lichtenstein, L., Grubel, K., and Spaethe, J. (2018). Opsin expression patterns coincide with photoreceptor development during pupal development in the honey bee, *Apis mellifera*. *BMC Dev. Biol.* 18:1. doi: 10.1186/s12861-018-0162-8

Lincoln, G. A. (2019). A brief history of circannual time. *J. Neuroendocrinol.* 31, 1–12. doi: 10.1111/jne.12694

Lincoln, G. A., Clarke, I. J., Hut, R. A., and Hazlerigg, D. G. (2006). Characterizing a mammalian circannual pacemaker. *Science* 314, 1941–1944. doi: 10.1126/science.1132009

Liu, H., Fu, Y. M., Yu, J., and Liu, H. (2016). Accumulation and primary metabolism of nitrate in lettuce *(Lactuca sativa* l. Var. *Youmaicai*) grown under three different light sources. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 47, 1994–2002. doi: 10.1080/00103624.2016.1225076

Liu, Z. Z., Lv, Y. N., Ding, R. C., Chen, X. X., and Pu, G. Z. (2020). Light pollution changes the toxicological effects of cadmium on microbial community structure and function associated with leaf litter decomposition. *Int. J. Mol Sci.* 21:422. doi: 10.3390/ijms21020422

Longcore, T. (2010). Sensory ecology: night lights alter reproductive behavior of blue tits. *Curr. Biol.* 20, R893–R895. doi: 10.1016/j.cub.2010.09.011

Longcore, T., Aldern, H. L., Eggers, J. F., Flores, S., Franco, L., Hirshfield-Yamanishi, E., et al. (2015). Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philos. Trans. R. Soc. B* 370:20140125. doi: 10.1098/rstb.2014.0125

Ludvigsen, M., Berge, J., Geoffroy, M., Cohen, J. H., De La Torre, P. R., Nornes, S. M., et al. (2018). Use of an Autonomous Surface Vehicle reveals small-scale diel vertical migrations of zooplankton and susceptibility to light pollution under low solar irradiance. *Sci. Adv.* 4:eaa9887. doi: 10.1126/sciadv.aap9887

Lunn, R. M., Blask, D. E., Coogan, A. N., Figueiro, M., Gorman, M. R., Hall, J. E., et al. (2017). Health consequences of electric lighting practices in the modern world: a report on the National Toxicology Program's workshop on shift work at night, artificial light at night, and circadian disruption. *Sci. Total Envirion.* 607, 1073–1084. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.056

Macgregor, C. J., Evans, D. M., Fox, R., and Pocock, M. J. (2017). The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Glob. Change Biol.* 23, 697–707. doi: 10.1111/gcb.13371

Macgregor, C. J., Pocock, M. J. O., Fox, R., and Evans, D. M. (2015). Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecol. Entomol.* 40, 187–198. doi: 10.1111/een.12174

Macgregor, C. J., Pocock, M. J. O., Fox, R., and Evans, D. M. (2019). Effects of street lighting technologies on the success and quality of pollination in a nocturnally pollinated plant. *Ecosphere* 10, 1–16. doi: 10.1002/ecs2.2550

Maggi, E., Bongiorni, L., Fontanini, D., Capocchi, A., Dal Bello, M., Giacomelli, A., et al. (2020). Artificial light at night erases positive interactions across trophic levels. *Funct. Ecol.* 34, 694–706. doi: 10.1111/1365-2435.13485

Maisse, G., and Breton, B. (1996). Contrôle photopériodique de la saison de reproduction chez les salmonidés. *INRA Prod. Anim.* 9, 71–77.

Malpaux, B., Viguié, C., Thiery, J. C., and Chemineau, P. (1996). Contrôle photopériodique de la reproduction. *INRA Prod. Anim.* 9, 9–23.

Marchand, F., Beaulaton, L., Prevost, E., Delanoe, R., Destouches, J. P., Gueraud, F., et al. (2017). Abundance indices and biological traits of juvenile salmon (*Salmo salar*) sampled in three rivers on the Atlantic and Channel coasts (France). *Biodivers. Data J.* 5:e15125. doi: 10.3897/BDJ.5.e15125

Marshall, J. (2017). Vision and lack of vision in the ocean. *Curr. Biol.* 27, R494–R502. doi: 10.1016/j.cub.2017.03.012

Massetti, L. (2018). Assessing the impact of street lighting on *Platanus acerifolia* phenology. *Urban For. Urb. Green.* 34, 71–77. doi: 10.1016/j.ufug.2018.05.015

Mathews, F., Roche, N., Aughney, T., Jones, N., Day, J., Baker, J., et al. (2015). Barriers and benefits: implications of artificial night-lighting for the distribution of common bats in Britain and Ireland. *Philos. Trans. R. Soc. B* 370:20140124. doi: 10.1098/rstb.2014.0124

Maurer, A. S., Thawley, C. J., Firema, A. L., Giery, S. T., and Stroud, J. T. (2019). Nocturnal activity of antiguan lizards under artificial light. *Herpetol. Cons. Biol.* 14, 105–110.

May, D., Shidemantle, G., Melnick-Kelley, Q., Crane, K., and Hua, J. (2019). The effect of intensified illuminance and artificial light at night on fitness and susceptibility to abiotic and biotic stressors. *Environ. Pollut.* 251, 600–608. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.016

McClung, C. R. (2006). Plant circadian rhythms. *Plant Cell* 18, 792–803. doi: 10.1105/tpc.106.040980

McLaren, J. D., Buler, J. J., Schreckengost, T., Smolinsky, J. A., Boone, M., Emiel van Loon, E., et al. (2018). Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds. *Ecol. Lett.* 21, 356–364. doi: 10.1111/ele.12902

McMahon, T. A., Rohr, J. R., and Bernal, X. E. (2017). Light and noise pollution interact to disrupt interspecific interactions. *Ecology* 98, 1290–1299. doi: 10.1002/ecy.1770

Mendoza, J., and Challet, E. (2014). Circadian insights into dopamine mechanisms. *Neuroscience* 282, 230–242. doi: 10.1016/j.neuroscience.2014.07.081

Meyer, L. A., and Sullivan, S. M. P. (2013). Bright lights, big city: influences of ecological light pollution on reciprocal stream–riparian invertebrate fluxes. *Ecol. Appl.* 23, 1322–1330. doi: 10.1890/12-2007.1

Millius, A., Ode, K. L., and Ueda, H. R. (2019). A period without PER: understanding 24-hour rhythms without classic transcription and translation feedback loops. *F1000 Res.* 8:F1000 Faculty Rev-499. doi: 10.12688/f1000research.18158.1

Minnaar, C., Boyles, J. G., Minnaar, I. A., Sole, C. L., and McKechnie, A. E. (2015). Stacking the odds: light pollution may shift the balance in an ancient predator–prey arms race. *J. Appl. Ecol.* 52, 522–531. doi: 10.1111/1365-2664.12381

Miyatake, T., Yokoi, T., Fuchikawa, T., Korehisa, N., Kamura, T., Nanba, K., et al. (2016). Monitoring and detecting the cigarette beetle (*Coleoptera: Anobiidae*) Using ultraviolet (LED) direct and reflected lights and/or pheromone traps in

Folio Nº 2519

a laboratory and a storehouse. *J. Econ. Entomol.* 109, 2551–2560. doi: 10.1093/jee/tow225

Moaraf, S., Vistoropsky, Y., Pozner, T., Heiblum, R., Okuliarova, M., Zeman, M., et al. (2020). Artificial light at night affects brain plasticity and melatonin in birds. *Neurosci. Lett.* 716:134639. doi: 10.1016/j.neulet.2019.134639

Moerkens, R., Vanlommel, W., Vanderbruggen, R., and Van Delm, T. (2016). "The added value of LED assimilation light in combination with high pressure sodium lamps in protected tomato crops in Belgium," in *Proceedings of the VIII International Symposium on Light in Horticulture*, Vol. 1134 (East Lansing, MI), 119–124.

Mora, C., Metzger, R., Rollo, A., and Myers, R. A. (2007). Experimental simulations about the effects of overexploitation and habitat fragmentation on populations facing environmental warming. *Proc. R. Soc. B* 274, 1023–1028. doi: 10.1098/rspb.2006.0338

Moriya, T., Miyashita, Y., Arai, J. I., Kusunoki, S., Abe, M., and Asami, K. (1996). Light-sensitive response in melanophores of *Xenopus laevis* .1. Spectral characteristics of melanophore response in isolated tail fin of Xenopus tadpole. *J. Exp. Zool.* 276, 11–18.

Mouritsen, H., Feenders, G., Liedvogel, M., and Kropp, W. (2004a). Migratory birds use head scans to detect the direction of the Earth's magnetic field. *Curr. Biol.* 14, 1946–1949. doi: 10.1016/j.cub.2004.10.025

Mouritsen, H., Janssen-Bienhold, U., Liedvogel, M., Feenders, G., Stalleicken, J., Dirks, P., et al. (2004b). Cryptochromes and neuronal-activity markers colocalize in the retina of migratory birds during magnetic orientation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101, 14294–14299. doi: 10.1073/pnas.0405968101

Mure, L. S., Le, H. D., Benegiamo, G., Chang, M. W., Rios, L., Jillani, N., et al. (2018). Diurnal transcriptome atlas of a primate across major neural and peripheral tissues. *Science* 359, 1232–1241. doi: 10.1126/science.aao0318

Murphy, B. A. (2019). Circadian and circannual regulation in the horse: internal timing in an elite athlete. *J. Equine Vet. Sci.* 76, 14–24. doi: 10.1016/j.jevs.2019.02.026

Nair, G. B., and Dhoble, S. (2015). A perspective perception on the applications of light-emitting diodes. *Luminescence* 30, 1167–1175. doi: 10.1002/bio.2919

Nakamichi, N. (2011). Molecular mechanisms underlying the *Arabidopsis* circadian clock. *Plant Cell Physiol.* 52, 1709–1718. doi: 10.1093/pcp/pcr118

Nakane, Y., Ikegami, K., Iigo, M., Ono, H., Takeda, K., Takahashi, D., et al. (2013). The *saccus vasculosus* of fish is a sensor of seasonal changes in day length. *Nat. Commun.* 4:2108. doi: 10.1038/ncomms3108

Nakane, Y., Ikegami, K., Ono, H., Yamamoto, N., Yoshida, S., Hirunagi, K., et al. (2010). A mammalian neural tissue opsin (Opsin 5) is a deep brain photoreceptor in birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 15264–15268. doi: 10.1073/pnas.1006393107

. NASA Earth Observatory. Available online at: https://earthobservatory.nasa.gov/features/NightLights/page3.php

Nayak, G., Zhang, K. X., Vemaraju, S., Odaka, Y., Buhr, E. D., Holt-Jones, A., et al. (2020). Adaptive thermogenesis in mice is enhanced by opsin 3-dependent adipocyte light sensing. *Cell Rep.* 30, 672–686. doi: 10.1016/j.celrep.2019.12.043

Nickla, D. L., and Totonelly, K. (2016). Brief light exposure at night disrupts the circadian rhythms in eye growth and choroidal thickness in chicks. *Exp. Eye Res.* 146, 189–195. doi: 10.1016/j.exer.2016.03.003

Niessner, C., Denzau, S., Gross, J. C., Peichl, L., Bischof, H. J., Fleissner, G., et al. (2011). Avian ultraviolet/violet cones identified as probable magnetoreceptors. *PLoS One* 6:e20091. doi: 10.1371/journal.pone.0020091

Nissilä, J., Mänttäri, S., Särkioja, T., Tuominen, H., Takala, T., Timonen, M., et al. (2012a). Encephalopsin (OPN3) protein abundance in the adult mouse brain. *J. Comp. Physiol. A* 198, 833–839. doi: 10.1007/s00359-012-0754-x

Nissilä, J., Manttari, S., Tuominen, H., Sarkioja, T., Takala, T., Saarela, S., et al. (2012b). The abundance and distribution of melanopsin (OPN4) protein in human brain. *Eur. Psychiatry* 27, 1–8.

Niwa, Y., Matsuo, T., Onai, K., Kato, D., Tachikawa, M., and Ishiura, M. (2013). Phase-resetting mechanism of the circadian clock in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110, 13666–13671. doi: 10.1073/pnas.1220004110

Numata, H., Miyazaki, Y., and Ikeno, T. (2015). Common features in diverse insect clocks. *Zool. Lett.* 1:10. doi: 10.1186/s40851-014-0003-y

Oakley, T. H., and Speiser, D. I. (2015). How complexity originates: the evolution of animal eyes. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 46, 237–260. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135907

Olcese, J. M., Hall, T. R., Figueroa, H. R., and Devlaming, V. L. (1981). Pinealectomy and melatonin effects on daily variations of the hypothalamic serotonergic system in the goldfish. *Comp. Biochem. Physiol. A* 70, 69–72. doi: 10.1016/0300-9629(81)90396-0

Olsson, P., Lind, O., and Kelber, A. (2017). Chromatic and achromatic vision: parameter choice and limitations for reliable model predictions. *Behav. Ecol.* 29, 273–282. doi: 10.1093/beheco/arx133

Oonincx, D., Volk, N., Diehl, J. J. E., van Loon, J. J. A., and Belusic, G. (2016). Photoreceptor spectral sensitivity of the compound eyes of black soldier fly (*Hermetia illucens*) informing the design of LED-based illumination to enhance indoor reproduction. *J. Insect Physiol.* 95, 133–139. doi: 10.1016/j.jinsphys.2016.10.006

Ouyang, J. Q., de Jong, M., Hau, M., Visser, M. E., van Grunsven, R. H. A., and Spoelstra, K. (2015). Stressful colours: corticosterone concentrations in a free-living songbird vary with the spectral composition of experimental illumination. *Biol. Lett.* 11:20150517. doi: 10.1098/rsbl.2015.0517

Owens, A. C., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K., and Seymoure, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biol. Conserv.* 241:108259. doi: 10.1016/j.biocon.2019.108259

Pan, J. M., Yang, Y. F., Yang, B., Dai, W. H., and Yu, Y. H. (2015). Human-friendly light-emitting diode source stimulates broiler growth. *PLoS One* 10:e0135330. doi: 10.1371/journal.pone.0135330

Pankey, S., Sunada, H., Horikoshi, T., and Sakakibara, M. (2010). Cyclic nucleotide-gated channels are involved in phototransduction of dermal photoreceptors in *Lymnaea stagnalis*. *J. Comp. Physiol. B* 180, 1205–1211. doi: 10.1007/s00360-010-0490-x

Paris, T., Allan, S., Udell, B., and Stansly, P. (2017). Wavelength and polarization affect phototaxis of the Asian citrus psyllid. *Insects* 8, 88–100. doi: 10.3390/insects8030088

Park, J. A., Gardner, C., Jang, Y. S., Chang, M. I., Seo, Y. I., and Kim, D. H. (2015). The economic feasibility of light-emitting diode (LED) lights for the Korean offshore squid-jigging fishery. *Ocean Coast. Manage.* 116, 311–317. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.08.012

Park, J. H., Sung, B. K., and Lee, H. S. (2015). Phototactic behavior 7: phototactic response of the maize weevil, Sitotroga zeamais motsch (Coleopter: Curculionidae), to light-emitting diodes. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 58, 373–376. doi: 10.1007/s13765-015-0056-4

Parvin, R., Mushtaq, M., Kim, M., and Choi, H. (2014a). Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. *World Poult. Sci. J.* 70, 543–556. doi: 10.1017/S0043933914000592

Parvin, R., Mushtaq, M., Kim, M., and Choi, H. (2014b). Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for immunity and meat quality of poultry. *World Poult. Sci. J.* 70, 557–562. doi: 10.1017/S0043933914000609

Paul, J. R., DeWoskin, D., McMeekin, L. J., Cowell, R. M., Forger, D. B., and Gamble, K. L. (2016). Regulation of persistent sodium currents by glycogen synthase kinase 3 encodes daily rhythms of neuronal excitability. *Nat. Commun.* 7:13470. doi: 10.1038/ncomms13470

Pawson, S. M., and Bader, M. K. F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecol. Appl.* 24, 1561–1568. doi: 10.1890/14-0468.1

Pegoraro, M., and Tauber, E. (2011). Animal clocks: a multitude of molecular mechanisms for circadian timekeeping. *Wiley Int. Rev. RNA* 2, 312–320. doi: 10.1002/wrna.58

Pérez, J. H., Tolla, E., Dunn, I. C., Meddle, S. L., and Stevenson, T. J. (2019). A comparative perspective on extra-retinal photoreception. *Trends Endocrinol. Metab.* 30, 39–53. doi: 10.1016/j.tem.2018.10.005

Perry, G., Buchanan, B. W., Fisher, R. N., Salmon, M., and Wise, S. E. (2008). "Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments," in *Urban Herpetology: Ecology, Conservation and Management of Amphibians and Reptiles in Urban and Suburban*

Folio Nº 2520

*Environments*, eds J. C. Mitchell, R. E. J. Brown, and B. Bartholomew (Salt Lake City, UT: Society for the Study of Amphibians and Reptiles), 239–256.

Peschel, N., and Helfrich-Forster, C. (2011). Setting the clock - by nature: circadian rhythm in the fruitfly *Drosophila melanogaster*. *FEBS Lett.* 585, 1435–1442. doi: 10.1016/j.febslet.2011.02.028

Peters, J. L., and Cassone, V. M. (2005). Melatonin regulates circadian electroretinogram rhythms in a dose- and time-dependent fashion. *J. Pineal Res.* 38, 209–215. doi: 10.1111/j.1600-079X.2004.00195.x

Petsakou, A., Sapsis, T. P., and Blau, J. (2015). Circadian rhythms in Rho1 activity regulate neuronal plasticity and network hierarchy. *Cell* 162, 823–835. doi: 10.1016/j.cell.2015.07.010

Pickard, G. E., and Tang, W. X. (1994). Pineal photoreceptors rhythmically secrete melatonin. *Neurosci. Lett.* 171, 109–112. doi: 10.1016/0304-3940(94)90617-3

Polak, T., Korine, C., Yair, S., and Holderied, M. (2011). Differential effects of artificial lighting on flight and foraging behaviour of two sympatric bat species in a desert. *J. Zool.* 285, 21–27. doi: 10.1111/j.1469-7998.2011.00808.x

Porter, M. L., Blasic, J. R., Bok, M. J., Cameron, E. G., Pringle, T., Cronin, T. W., et al. (2012). Shedding new light on opsin evolution. *Proc. R. Soc. B* 279, 3–14. doi: 10.1098/rspb.2011.1819

Prayag, A. S., Münch, M., Aeschbach, D., Chellappa, S. L., and Gronfier, C. (2019). Light modulation of human clocks, wake, and sleep. *Clocks Sleep* 1, 193–208. doi: 10.3390/clockssleep1010017

Raap, T. (2018). "Effects of artificial light at night on the behaviour and physiology of free-living songbirds," in *Faculteit Wetenschappen Departement Biologie* (Antwerpen: Universiteit Antwerpen), 275.

Raap, T., Casasole, G., Costantini, D., AbdElgawad, H., Asard, H., Pinxten, R., et al. (2016a). Artificial light at night affects body mass but not oxidative status in free-living nestling songbirds: an experimental study. *Sci. Rep.* 6:35626. doi: 10.1038/srep35626

Raap, T., Casasole, G., Pinxten, R., and Eens, M. (2016b). Early life exposure to artificial light at night affects the physiological condition: an experimental study on the ecophysiology of free-living nestling songbirds. *Environ. Pollut.* 218, 909–914. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.024

Raap, T., Pinxten, R., and Eens, M. (2015). Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Sci. Rep.* 5:13557. doi: 10.1038/srep13557

Raap, T., Pinxten, R., and Eens, M. (2016c). Artificial light at night disrupts sleep in female great tits (*Parus major*) during the nestling period, and is followed by a sleep rebound. *Environ. Pollut.* 215, 125–134. doi: 10.1016/j.envpol.2016.04.100

Ramos, B. C. R., Moraes, M., Poletini, M. O., Lima, L. H. R. G., and Castrucci, A. M. L. (2014). From blue light to clock genes in zebrafish ZEM-2S cells. *PLoS One* 9:e106252. doi: 10.1371/journal.pone.0106252

Randel, N., and Jekely, G. (2016). Phototaxis and the origin of visual eyes. *Philos. Trans. R. Soc. B* 371:20150042. doi: 10.1098/rstb.2015.0042

Rehman, M., Ullah, S., Bao, Y., Wang, B., Peng, D., and Liu, L. (2017). Light-emitting diodes: Whether an efficient source of light for indoor plants? *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 24743–24752. doi: 10.1007/s11356-017-0333-3

Reiter, R. J. (1991). Melatonin: the chemical expression of darkness. *Mol. Cell. Endocrinol.* 79, 153–158. doi: 10.1016/0303-7207(91)90087-9

Reiter, R. J., Ortiz, G. G., Monti, M. G., and Carneiro, R. C. (1997). "Cellular and molecular actions of melatonin as an antioxidant," in *Therapeutic Potential of Melatonin*, eds G. J. M. Maestroni, A. Conti, and R. J. Reiter (Basel: Karger), 81–88.

Renthlei, Z., and Trivedi, A. K. (2019). Effect of urban environment on pineal machinery and clock genes expression of tree sparrow (*Passer montanus*). *Environ. Pollut.* 255:113278. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113278

Riley, W. D., Davison, P. I., Maxwell, D. L., and Bendall, B. (2013). Street lighting delays and disrupts the dispersal of Atlantic salmon (Salmo salar) fry. *Biol. Conserv.* 158, 140–146. doi: 10.1016/j.biocon.2012.09.022

Robertson, K., Booth, D. T., and Limpus, C. J. (2016). An assessment of 'turtle-friendly'lights on the sea-finding behaviour of loggerhead turtle hatchlings (*Caretta caretta*). *Wildl. Res.* 43, 27–37. doi: 10.1071/WR15138

Rocha, R. J., Silva, A. M., Fernandes, M. H. V., Cruz, I. C., Rosa, R., and Calado, R. (2014). Contrasting light spectra constrain the macro and microstructures of scleractinian corals. *PLoS One* 9:e105863. doi: 10.1371/journal.pone.0105863

Rocha, R. J. M., Pimentel, T., Serodio, J., Rosa, R., and Calado, R. (2013). Comparative performance of light emitting plasma (LEP) and light emitting diode (LED) in *ex situ* aquaculture of scleractinian corals. *Aquaculture* 402, 38–45. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.03.028

Rodriguez, A., Dann, P., and Chiaradia, A. (2017). Reducing light-induced mortality of seabirds: high pressure sodium lights decrease the fatal attraction of shearwaters. *J. Nat. Conserv.* 39, 68–72. doi: 10.1016/j.jnc.2017.07.001

Roh, H. J., Kim, A., Kang, G. S., Kim, B. S., and Kim, D. H. (2018). Blue light-emitting diode light at 405 and 465 nm can inhibit a *Miamiensis avidus* infection in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 493, 176–185. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.04.045

Ronconi, R. A., Allard, K. A., and Taylor, P. D. (2015). Bird interactions with offshore oil and gas platforms: review of impacts and monitoring techniques. *J. Environ. Manag.* 147, 34–45. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.07.031

Rotics, S., Dayan, T., and Kronfeld-Schor, N. (2011a). Effect of artificial night lighting on temporally partitioned spiny mice. *J. Mammal.* 92, 159–168. doi: 10.1644/10-mamm-A-112.1

Rotics, S., Dayan, T., Levy, O., and Kronfeld-Schor, N. (2011b). Light masking in the field: an experiment with nocturnal and diurnal spiny mice under semi-natural field conditions. *Chronobiol. Int.* 28, 70–75. doi: 10.3109/07420528.2010.525674

Rougvie, A. E., and O'Connor, M. B. (2013). *Developmental Timing*, Vol. 105. Amsterdam: Academic Press.

Rowe, M. H. (2002). Trichromatic color vision in primates. *News Physiol. Sci.* 17, 93–98. doi: 10.1152/nips.01376.2001

Rowse, E. G., Harris, S., and Jones, G. (2016). The switch from low-pressure sodium to light emitting diodes does not affect bat activity at street lights. *PLoS One* 11:e0150884. doi: 10.1371/journal.pone.0150884

Ruf, T., and Geiser, F. (2015). Daily torpor and hibernation in birds and mammals. *Biol. Rev.* 90, 891–926. doi: 10.1111/brv.12137

Russ, A., Rüger, A., and Klenke, R. (2015). Seize the night: European Blackbirds (*Turdus merula*) extend their foraging activity under artificial illumination. *J. Ornithol.* 156, 123–131. doi: 10.1111/jav.01210

Russart, K. L., and Nelson, R. J. (2018). Light at night as an environmental endocrine disruptor. *Physiol. Behav.* 190, 82–89. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.08.029

Ryo, M., Matsuo, T., Yamashino, T., Ichinose, M., Sugita, M., and Aoki, S. (2016). Diversity of plant circadian clocks: insights from studies of *Chlamydomonas reinhardtii* and *Physcomitrella patens*. *Plant Signal. Behav.* 11:e1116661. doi: 10.1080/15592324.2015.1116661

Saini, C., Hutton, P., Gao, S., Simpson, R. K., Giraudeau, M., Sepp, T., et al. (2019). Exposure to artificial light at night increases innate immune activity during development in a precocial bird. *Comp. Biochem. Physiol. A* 233, 84–88. doi: 10.1016/j.cbpa.2019.04.002

Saini, R., Jaskolski, M., and Davis, S. J. (2019). Circadian oscillator proteins across the kingdoms of life: structural aspects. *BMC Biol.* 17:13. doi: 10.1186/s12915-018-0623-3

Sanders, D., Kehoe, R., Cruse, D., van Veen, F. J. F., and Gaston, K. J. (2018). Low levels of artificial light at night strengthen top-down control in insect food web. *Curr. Biol.* 28, 2474–2478. doi: 10.1016/j.cub.2018.05.078

Sanders, D., Kehoe, R., Tiley, K., Bennie, J., Cruse, D., Davies, T. W., et al. (2015). Artificial nighttime light changes aphid-parasitoid population dynamics. *Sci. Rep.* 5:15232. doi: 10.1038/srep15232

Sarrazin, F., and Lecomte, J. (2016). Invasive species shape evolution response. *Science* 352, 922–923. doi: 10.1126/science.aad6756

Saunders, D. S. (2012). Insect photoperiodism: seeing the light. *Physiol. Entomol.* 37, 207–218. doi: 10.1111/j.1365-3032.2012.00837.x

Schirmer, A. E., Prete, F. R., Mantes, E. S., Urdiales, A. F., and Bogue, W. (2014). Circadian rhythms affect electroretinogram, compound eye color, striking behavior and locomotion of the praying mantis *Hierodula patellifera*. *J. Exp. Biol.* 217, 3853–3861. doi: 10.1242/jeb.102947

Schoech, S. J., Bowman, R., Hahn, T. P., Goymann, W., Schwabl, I., and Bridge, E. S. (2013). The effects of low levels of light at night upon the endocrine physiology of western scrub-jays (*Aphelocoma californica*). *J. Exp. Zool. A* 319, 527–538. doi: 10.1002/jez.1816

Scholz, S., and Mayer, I. (2008). Molecular biomarkers of endocrine disruption in small model fish. *Mol. Cell. Endocrinol.* 293, 57–70. doi: 10.1016/j.mce.2008.06.008

Folio Nº 2521

Schulze, P. S., Barreira, L. A., Pereira, H. G., Perales, J. A., and Varela, J. C. (2014). Light emitting diodes (LEDs) applied to microalgal production. *Trends Biotech.* 32, 422–430. doi: 10.1016/j.tibtech.2014.06.001

Schumacher, J. (2017). How light affects the life of *Botrytis*. *Fungal Gen. Biol.* 106, 26–41. doi: 10.1016/j.fgb.2017.06.002

Shichida, Y., and Matsuyama, T. (2009). Evolution of opsins and phototransduction. *Philos. Trans. R. Soc. B* 364, 2881–2895. doi: 10.1098/rstb.2009.0051

Shiga, S. (2013). Photoperiodic plasticity in circadian clock neurons in insects. *Front. Physiol.* 4:69. doi: 10.3389/fphys.2013.00069

Shiga, S., and Numata, H. (2007). Neuroanatomical approaches to the study of insect photoperiodism. *Photochem. Photobiol.* 83, 76–86. doi: 10.1562/2006-03-31-ir-863

Shin, H. S., Kim, N. N., Choi, Y. J., Habibi, H. R., Kim, J. W., and Choi, C. Y. (2013). Light-emitting diode spectral sensitivity relationship with reproductive parameters and ovarian maturation in yellowtail damselfish, *Chrysiptera parasema*. *J. Photochem. Photobiol. B* 127, 108–113. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2013.07.026

Shubin, N., Tabin, C., and Carroll, S. (2009). Deep homology and the origins of evolutionary novelty. *Nature* 457, 818–823. doi: 10.1038/nature07891

Silva, F. S., Brito, J. M., Costa-Neta, B. M., and Lobo, S. E. P. (2015). Evaluation of light-emitting diodes as attractant for sandflies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in northeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 110, 801–803. doi: 10.1590/0074-02760150132

Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., and Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renew. Sustain. Environ. Rev.* 49, 139–147. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.117

Singh, J., Rani, S., and Kumar, V. (2012). Functional similarity in relation to the external environment between circadian behavioral and melatonin rhythms in the subtropical Indian weaver bird. *Horm. Behav.* 61, 527–534. doi: 10.1016/j.yhbeh.2012.01.015

Solov'yov, I. A., Mouritsen, H., and Schulten, K. (2010). Acuity of a cryptochrome and vision-based magnetoreception system in birds. *Biophys. J.* 99, 40–49. doi: 10.1016/j.bpj.2010.03.053

Song, H., Wang, D. F., Perez, F. D., Xie, R. R., Liu, Z. P., Chen, C. C., et al. (2017). Rhythmic expressed clock regulates the transcription of proliferating cellular nuclear antigen in teleost retina. *Exp. Eye Res.* 160, 21–30. doi: 10.1016/j.exer.2017.04.004

Song, J. A., Choi, J. Y., Kim, N. N., Choi, Y. J., Park, M. A., and Choi, C. Y. (2015). Effect of LED light spectra on exogenous prolactin-regulated circadian rhythm in goldfish, *Carassius auratus*. *Biol. Rhythm Res.* 46, 121–135. doi: 10.1080/09291016.2014.963947

Spaethe, J., and Briscoe, A. D. (2005). Molecular characterization and expression of the UV opsin in bumblebees: three ommatidial subtypes in the retina and a new photoreceptor organ in the lamina. *J. Exp. Biol.* 208, 2347–2361. doi: 10.1242/jeb.01634

Spitschan, M., Lucas, R. J., and Brown, T. M. (2017). Chromatic clocks: color opponency in non-image-forming visual function. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 78, 24–33. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.04.016

Steindal, I. A. F., and Whitmore, D. (2019). Circadian clocks in fish - What have we learned so far? *Biol. Basel* 8:17. doi: 10.3390/biology8010017

Stöckl, A. L., and Kelber, A. (2019). Fuelling on the wing: sensory ecology of hawkmoth foraging. *J. Comp. Physiol. A* 205, 399–413. doi: 10.1007/s00359-019-01328-2

Stone, E. L., Jones, G., and Harris, S. (2012). Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. *Glob. Change Biol.* 18, 2458–2465. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02705.x

Studnicka, F. (1905). *Die Parietalorgane*, Vol. 5. Jena: Gustav Fischer, 1–254.

Suetsugu, N., and Wada, M. (2013). Evolution of three LOV blue light receptor families in green plants and photosynthetic stramenopiles: phototropin, ZTL/FKF1/LKP2 and aureochrome. *Plant Cell Physiol.* 54, 8–23. doi: 10.1093/pcp/pcs165

Sullivan, B. G., Wilson, A. D. M., Gutowsky, L. F. G., Patrick, P. H., Sills, M., and Cooke, S. J. (2016). The behavioral responses of a warmwater teleost to different spectra of light-emitting diodes. *N. Am. J. Fish. Manag.* 36, 1000–1005. doi: 10.1080/02755947.2016.1141123d

Sullivan, S. M. P., Hossler, K., and Meyer, L. A. (2019). Artificial lighting at night alters aquatic-riparian invertebrate food webs. *Ecol. Appl.* 29, e01821. doi: 10.1002/eap.1821

Svrcek, C., and Smith, D. W. (2004). Cyanobacteria toxins and the current state of knowledge on water treatment options: a review. *J. Environ. Eng. Sci.* 3, 155–185. doi: 10.1139/s04-010

Tagua, V. G., Pausch, M., Eckel, M., Gutierrez, G., Miralles-Duran, A., Sanz, C., et al. (2015). Fungal cryptochrome with DNA repair activity reveals an early stage in cryptochrome evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112, 15130–15135. doi: 10.1073/pnas.1514637112

Takahashi, A., Kasagi, S., Murakami, N., Furufuji, S., Kikuchi, S., Mizusawa, K., et al. (2016). Chronic effects of light irradiated from LED on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder *Verasper moseri*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 232, 101–108. doi: 10.1016/j.ygcen.2016.01.008

Takahashi, J. S. (1996). Circadian rhythms - Ion channels get the message. *Nature* 382, 117–118. doi: 10.1038/382117a0

Talathi, S. S., Hwang, D. U., Ditto, W. L., Mareci, T., Sepulveda, H., Spano, M., et al. (2009). Circadian control of neural excitability in an animal model of temporal lobe epilepsy. *Neurosci. Lett.* 455, 145–149. doi: 10.1016/j.neulet.2009.03.057

Tamir, R., Lerner, A., Haspel, C., Dubinsky, Z., and Iluz, D. (2017). The spectral and spatial distribution of light pollution in the waters of the northern Gulf of Aqaba (Eilat). *Sci. Rep.* 7:42329. doi: 10.1038/srep42329

Temple, S. E., Veldhoen, K. M., Phelan, J. T., Veldhoen, N. J., and Hawryshyn, C. W. (2008). Ontogenetic changes in photoreceptor opsin gene expression in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*, Walbaum). *J. Exp. Biol.* 211, 3879–3888. doi: 10.1242/jeb.020289

Terakita, A., Nagata, T., Sugihara, T., and Koyanagi, M. (2015). "Optogenetic potentials of diverse animal opsins," in *Optogenetics: Light-Sensing Proteins and their Applications*, eds H. Yawo, H. Kandori, and A. Koizumi (Osaka: Springer), 77–88.

Tomioka, K., and Matsumoto, A. (2010). A comparative view of insect circadian clock systems. *Cell. Mol. Life Sci.* 67, 1397–1406. doi: 10.1007/s00018-009-0232-y

Tomioka, K., and Matsumoto, A. (2015). Circadian molecular clockworks in non-model insects. *Curr. Opin. Insect Sci.* 7, 58–64. doi: 10.1016/j.cois.2014.12.006

Tomioka, K., Uryu, O., Kamae, Y., Umezaki, Y., and Yoshii, T. (2012). Peripheral circadian rhythms and their regulatory mechanism in insects and some other arthropods: a review. *J. Comp. Physiol. B* 182, 729–740. doi: 10.1007/s00360-012-0651-1

Tong, M. Q., Watanabe, E., Yamamoto, N., Nagahata-Ishiguro, M., Maemura, K., Takeda, N., et al. (2013). Circadian expressions of cardiac ion channel genes in mouse might be associated with the central clock in the SCN but not the peripheral clock in the heart. *Biol. Rhythm Res.* 44, 519–530. doi: 10.1080/09291016.2012.704801

Tonsfeldt, K. J., and Chappell, P. E. (2012). Clocks on top: the role of the circadian clock in the hypothalamic and pituitary regulation of endocrine physiology. *Mol. Cell. Endocrinol.* 349, 3–12. doi: 10.1016/j.mce.2011.07.003

Torres-Farfan, C., Mendez, N., Ehrenfeld, P., and Seron-Ferre, M. (2020). *In utero* circadian changes; facing light pollution. *Curr. Opin. Physiol.* 13, 128–134. doi: 10.1016/j.cophys.2019.11.005

Tosini, G., and Avery, R. (1996). Spectral composition of light influences thermoregulatory behaviour in a lacertid lizard (*Podarcis muralis*). *J. Thermal Biol.* 21, 191–195. doi: 10.1016/0306-4565(96)00002-2

Tosini, G., Bertolucci, C., and Foa, A. (2001). The circadian system of reptiles: a multioscillatory and multiphotoreceptive system. *Physiol. Behav.* 72, 461–471. doi: 10.1016/S0031-9384(00)00423-6

Touzot, M., Teulier, L., Lengagne, T., Secondi, J., Thery, M., Libourel, P. A., et al. (2019). Artificial light at night disturbs the activity and energy allocation of the common toad during the breeding period. *Conserv. Physiol.* 7:coz002. doi: 10.1093/conphys/coz002

Truscott, Z., Booth, D. T., and Limpus, C. J. (2017). The effect of on-shore light pollution on sea-turtle hatchlings commencing their off-shore swim. *Wildl. Res.* 44, 127–134. doi: 10.1071/WR16143

Ukai, H., and Ueda, H. R. (2010). Systems biology of mammalian circadian clocks. *Annu. Rev. Physiol.* 72, 579–603. doi: 10.1146/annurev-physiol-073109-130051

Folio Nº 2522

Underwood, C. N., Davies, T. W., and Queiros, A. M. (2017). Artificial light at night alters trophic interactions of intertidal invertebrates. *J. Anim. Ecol.* 86, 781–789. doi: 10.1111/1365-2656.12670

Underwood, H. (1989). The pineal and melatonin: regulators of circadian function in lower vertebrates. *Experientia* 45, 914–922. doi: 10.1007/BF01953048

Urrestarazu, M., Najera, C., and Gea, M. D. (2016). Effect of the spectral quality and intensity of light-emitting diodes on several horticultural crops. *Hortscience* 51, 268–271. doi: 10.21273/HORTSCI.51.3.268

Van Langevelde, F., Van Grunsven, R. H., Veenendaal, E. M., and Fijen, T. P. (2017). Artificial night lighting inhibits feeding in moths. *Biol. Lett.* 13:20160874. doi: 10.1098/rsbl.2016.0874

Vancura, P., Wolloscheck, T., Baba, K., Tosini, G., Luvone, P. M., and Spessert, R. (2016). Circadian and dopaminergic regulation of fatty acid oxidation pathway genes in retina and photoreceptor cells. *PLoS One* 11:e0164665. doi: 10.1371/journal.pone.0164665

Vatine, G., Vallone, D., Gothilf, Y., and Foulkes, N. S. (2011). It's time to swim! Zebrafish and the circadian clock. *FEBS Lett.* 585, 1485–1494. doi: 10.1016/j.febslet.2011.04.007

Verra, D. M., Contín, M. A., Hicks, D., and Guido, M. E. (2011). Early onset and differential temporospatial expression of melanopsin isoforms in the developing chicken retina. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 52, 5111–5120. doi: 10.1167/iovs.11-75301

Viets, K., Eldred, K. C., and Johnston, R. J. (2016). Mechanisms of photoreceptor patterning in vertebrates and invertebrates. *Trends Genet.* 32, 638–659. doi: 10.1016/j.tig.2016.07.004

Voigt, C. C., Roeleke, M., Marggraf, L., Pçtersons, G., and Voigt-Heucke, S. L. (2017). Migratory bats respond to artificial green light with positive phototaxis. *PLoS One* 12:e0177748. doi: 10.1371/journal.pone.0177748

Von Frisch, K. (1911). Beiträge zur physiologie der pigmentzellen in der fischhaut Ges. *Pflügers Arch.* 138, 319–387.

Votsi, N. E. P., Kallimanis, A. S., and Pantis, I. D. (2017). An environmental index of noise and light pollution at EU by spatial correlation of quiet and unlit areas. *Environ. Pollut.* 221, 459–469. doi: 10.1016/j.envpol.2016.12.015

Wakefield, A., Stone, E. L., Jones, G., and Harris, S. (2015). Light-emitting diode street lights reduce last-ditch evasive manoeuvres by moths to bat echolocation calls. *R. Soc. Open Sci.* 2:150291. doi: 10.1098/rsos.150291

Warrant, E. (2019). "Invertebrates vision," in *Encyclopedia of Animal Behaviour*, 2nd Edn, ed. J. C. Choe (Amsterdam: Elsevier), 64–79. doi: 10.1016/B978-0-12-809633-8.01303-0

Welkie, D. G., Rubin, B. E., Diamond, S., Hood, R. D., Savage, D. F., and Golden, S. S. (2019). A hard day's night: cyanobacteria in diel cycles. *Trends Microbiol.* 27, 231–242. doi: 10.1016/j.tim.2018.11.002

West, A. C., and Wood, S. H. (2018). Seasonal physiology: making the future a thing of the past. *Curr. Opin. Physiol.* 5, 1–8. doi: 10.1016/j.cophys.2018.04.006

Whitmore, D., Foulkes, N. S., Strahle, U., and Sassone-Corsi, P. (1998). Zebrafish Clock rhythmic expression reveals independent peripheral circadian oscillators. *Nat. Neurosci.* 1, 701–707. doi: 10.1038/3703

Wijgerde, T., Henkemans, P., and Osinga, R. (2012). Effects of irradiance and light spectrum on growth of the scleractinian coral *Galaxea fascicularis* - Applicability of LEP and LED lighting to coral aquaculture. *Aquaculture* 344, 188–193. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.025

Wilde, A., and Mullineaux, C. W. (2017). Light-controlled motility in prokaryotes and the problem of directional light perception. *FEMS Microbiol. Rev.* 41, 900–922. doi: 10.1093/femsre/fux045

Willmott, N. J., Henneken, J., Selleck, C. J., and Jones, T. M. (2018). Artificial light at night alters life history in a nocturnal orb-web spider. *Peerj* 6:e5599. doi: 10.7717/peerj.5599

Witherington, B. E., and Martin, R. E. (2003). "Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches," in *Florida Marine Research Institute Technical Reports*, eds B. Crowder, J. G. Colvocoresses, and L. C. French (St. Petersburg, FL: Florida Fish and Wildlife Conservation Commission), 1–73.

Wojciechowska, R., Kolton, A., Dlugosz-Grochowska, O., and Knop, E. (2016). Nitrate content in *Valerianella locusta* L. plants is affected by supplemental LED lighting. *Sci. Horticult.* 211, 179–186. doi: 10.1016/j.scienta.2016.08.021

Wood, S., and Loudon, A. (2014). Clocks for all seasons: unwinding the roles and mechanisms of circadian and interval timers in the hypothalamus and pituitary. *J. Endocrinol.* 222, R39–R59. doi: 10.1530/JOE-14-0141

Wood, S., and Loudon, A. (2018). The pars tuberalis: The site of the circannual clock in mammals? *Gen. Comp. Endocrinol.* 258, 222–235. doi: 10.1016/j.ygcen.2017.06.029

Wu, J. Y., Chen, H. B., Chen, M. J., Kan, S. C., Shieh, C. J., and Liu, Y. C. (2013). Quantitative analysis of LED effects on edible mushroom *Pleurotus eryngii* in solid and submerged cultures. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 88, 1841–1846. doi: 10.1002/jctb.4038

Xu, Y., Chang, Y., Chen, G., and Lin, H. (2016). The research on LED supplementary lighting system for plants. *Optik Int. J. Light Electron Optics* 127, 7193–7201.

Yang, Y. F., Pan, C. C., Zhong, R. H., and Pan, J. M. (2018). The quantitative models for broiler chicken response to monochromatic, combined, and mixed light-emitting diode light: a meta-analysis. *Poult. Sci.* 97, 1980–1989. doi: 10.3382/ps/pey065

Yang, Y. F., Yu, Y. H., Pan, J. M., Ying, Y. B., and Zhou, H. (2016). A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: response to mixed LED light system. *Sci. Rep.* 6:25972. doi: 10.1038/srep25972

Yeh, N., Yeh, P., Sh'ih, N., Byadgi, O., and Cheng, T. C. (2014). Applications of light-emitting diodes in researches conducted in aquatic environment. *Renew. Sustain. Environ. Rev.* 32, 611–618. doi: 10.1016/j.rser.2014.01.047

Yon, F., Joo, Y., Llorca, L. C., Rothe, E., Baldwin, I. T., and Kim, S. G. (2016). Silencing Nicotiana attenuata LHY and ZTL alters circadian rhythms in flowers. *New Phytol.* 209, 1058–1066. doi: 10.1111/nph.13681

Yu, Z., and Fischer, R. (2018). Light sensing and responses in fungi. *Nat. Rev. Microbiol.* 17, 25–36. doi: 10.1038/s41579-018-0109-x

Zachmann, A., Ali, M. A., and Falcón, J. (1992). "Melatonin and its effects in fishes: an overview," in *Rhythms in Fishes*, ed. M. A. Ali (New York, NY: Plenum Press), 149–166.

Zámborszky, J., Csikász-Nagy, A., and Hong, C. I. (2014). *Neurospora crassa* as a model organism to explore the interconnected network of the cell cycle and the circadian clock. *Fungal Genet. Biol.* 71, 52–57.

Zapata, M. J., Sullivan, S. M. P., and Gray, S. M. (2019). Artificial lighting at night in estuaries - implications from individuals to ecosystems. *Estuaries Coasts* 42, 309–330. doi: 10.1007/s12237-018-0479-3

Zhang, Q. L., Wang, H., Zhu, Q. H., Wang, X. X., Li, Y. M., Chen, J. Y., et al. (2019). Genome-wide identification and transcriptomic analysis of micrornas across various *Amphioxus* organs using deep sequencing. *Front. Genet.* 10:877. doi: 10.3389/fgene.2019.00877

Zhang, X. J., Yang, W. Y., Liang, W., Wang, Y., and Zhang, S. P. (2019). Intensity dependent disruptive effects of light at night on activation of the HPG axis of tree sparrows (*Passer montanus*). *Environ. Pollut.* 249, 904–909. doi: 10.1016/j.envpol.2019.03.008

Zhao, X. B., Chen, M. Y., Wu, Z. L., and Wang, Z. J. (2014). Factors influencing phototaxis in nocturnal migrating birds. *Zool. Sci.* 31, 781–788. doi: 10.2108/zs130237

**Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

The handling editor declared a shared affiliation with one of the authors DH at the time of review.

*Copyright © 2020 Falcón, Torriglia, Attia, Viénot, Gronfier, Behar-Cohen, Martinsons and Hicks. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.*