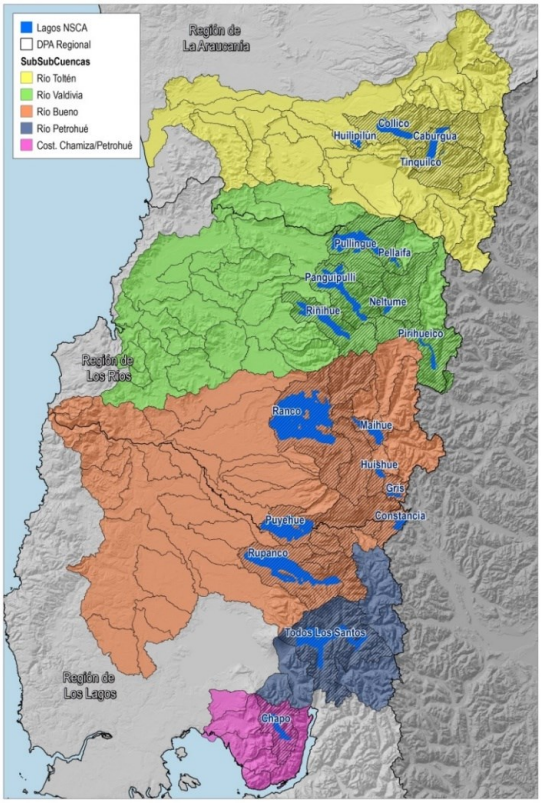
CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA-CHILE

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

INFORME FINAL

RECOPILACIÓN, SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LA ELABORACIÓN DE NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DE LOS LAGOS NOR-PATAGÓNICOS DE CHILE



Departamento de Sistemas Acuáticos

Centro EULA-Chile

Concepción, julio de 2021

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 2
2.1 Objetivo General 2
2.2 Objetivos Específicos 2
3. ACTIVIDADES 3
3.1 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico a): 3
3.2 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico b): 3
3.3 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico c): 4
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES 6
4.1 Sistematización de la información relacionada con fuentes de emisiones (puntuales y difusas) 6
4.1.1 Actualización de la delimitación de las áreas aportantes. 6
4.1.2 Identificación y recopilación de fuentes de información temáticas específicas 10
4.1.3 Normalización, integración a Base de Datos Espacial y desarrollo de principales productos. 15
4.1.4 Estructura del Anexo Digital Cartográfico 17
4.2 Revisión, sistematización y análisis de los estudios y publicaciones científicas relacionadas a amenazas e impactos actuales y potenciales. 18
4.2.1 Revisión bibliográfica 19
4.3 Elaboración y evaluación de una base de datos fisicoquímicos de datos de columna de agua 32
4.3.1 Origen y caracterización general de la base de datos (BBDD) 32
4.3.2 Problemas con BBDD DGA-Enlace SPA 38
4.3.3 Resumen de las observaciones más importantes a las BBDDs de cada lago 39
4.3.4 Clasificación trófica y bases de datos para cada lago 44
4.4 Elaboración base de datos fitoplancton 107
4.5 Elaboración base de datos sedimentos 108

4.6 Parámetros morfométricos 109
4.7 Parámetros hidrológicos 126
4.8 Elaboración del modelo conceptual “Forzantes-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas” (DPSIR). 129
4.8.1 Identificación de Forzantes 133
4.8.2 Identificación de Presiones 134
4.8.3 Estado Ambiental 140
4.8.4 Impactos 142
4.8.5 Respuestas 154
4.8.6 Relaciones 166
4.8.7 Modelos conceptuales 168
5. Recopilar y sistematizar metodologías internacionales de definición de estándares/normativas de calidad ambiental para la protección de lagos 168
5.1 Directiva Marco Europea del Agua (DMA) 168
5.2 Acuerdo de la Calidad del Agua de los Grandes Lagos 180
5.3 Criterios EPA para Nutrientes para lagos y embalses 181
5.4 Proyecto Lake Pulse (Canadá) 185
5.5 Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua de Nueva Zelanda 187
5.6 Índices de estado trófico 190
6. Identificar, proponer y justificar objetos de conservación y servicios ecosistémicos de los lagos Nor-patagónicos. 195
6.1 Características generales de los lagos Nor-patagónicos 195
6.2 Comunidades bióticas 197
6.3 Servicios ecosistémicos de los lagos en estudio 200
7. Proponer parámetros fisicoquímicos prioritarios a normar y justificar su elección. 240
8. Proponer tablas de clases de calidad, para los parámetros priorizados. 245
9. REFERENCIAS 250
10. ANEXOS 253

Índice de Tablas

Tabla 1. Equipo de trabajo consultor 5
Tabla 2. Equipo de trabajo contraparte técnica 6
Tabla 3**.** Número de publicaciones científicas e informes técnicos que hacen alusión específica y general a cada uno de los lagos en estudio. 23
Tabla 4. Resumen de la información contenida en las bases de datos físico-químicos de cada uno de los lagos. 32
Tabla 5. BBDD DGA: Laboratorios encargados de los análisis, método analítico utilizado y límite de detección para las diferentes fracciones de nitrógeno y fósforo. Todas las unidades en mg/L. no real.: análisis no realizado; sin info.: sin información 36
Tabla 6. Observaciones más importantes a las BBDD de 21 lagos del Sur de Chile 41
Tabla 7. Clasificación de lagos templados según Smith et al., 1999 (MMA, 2017). 45
Tabla 8. Valores límites para la clasificación trófica de lagos según diferentes autores: a) lagos templados hemisferio norte: OCDE, 1982, b) lagos Nueva Zelanda: Burns et al. 2006. c) datos de tabla 6 Guía NSCA MMA (corresponde a Smith 1999). Las celdas amarillas indican los valores orientadores tomados para la propuesta de clasificación de los lagos del Sur de Chile (Tabla 9). 45
Tabla 9. Clasificación del estado trófico propuesta para lagos Nor-patagónicos del Sur de Chile (elaboración propia). 46
Tabla 10. Resumen BBDD físicos/químicos disponibles en el lago Colico. 47
Tabla 11. Lago Colico: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2013-2018, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9 49
Tabla 12. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Caburgua. 51
Tabla 13. Lago Caburgua: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2011-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9 53
Tabla 14. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Tinquilco. 56
Tabla 15. Lago Tinquilco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2015-2016, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9 57
Tabla 16. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Calafquén 60
Tabla 17. Lago Calafquén: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2015, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9 62
Tabla 18. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Panguipulli. 64

Tabla 19. Lago Panguipulli: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 66
Tabla 20. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Neltume. 69
Tabla 21. Lago Neltume: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2012-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 70
Tabla 22. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Pirihueico..... 73
Tabla 23. Lago Pirihueico: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 1999-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 74
Tabla 24. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Riñihue. 77
Tabla 25. Lago Riñihue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2018, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 79
Tabla 26. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Ranco..... 81
Tabla 27. Lago Ranco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2014-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 83
Tabla 28. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Maihue..... 87
Tabla 29. Lago Maihue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2010-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 89
Tabla 30. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Puyehue. 91
Tabla 31. Lago Puyehue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2013-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 92
Tabla 32. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Rupanco..... 95
Tabla 33. Lago Rupanco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2012-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 97
Tabla 34. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Todos Los Santos. 99
Tabla 35. Lago Todos los Santos: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2007-2015, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para

transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9. 101
Tabla 36. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Chapo..... 103
Tabla 37. Lago Chapo: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2014-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9..... 105
Tabla 38. Número de datos de abundancia de taxones por lago y año incluidos en la planilla de datos. 107
Tabla 39. Resumen base de datos de sedimentos disponibles para cada uno de los siguientes lagos: Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue, Ranco y Puyehue. 108
Tabla 40. Parámetros morfométricos de los lagos Nor-patagónicos. 112
Tabla 41. Parámetros morfométricos de los lagos Nor-patagónicos (continuación)..... 113
Tabla 42. Información hidrológica de caudales medios mensuales (m^3/s) de los últimos 10 años disponible para los lagos Nor-patagónicos. Información extraída de la base de datos de la DGA, ver Anexo digital, carpeta "Base_Datos_Caudales_Precipitación_LNP" (Anexo 9). 127
Tabla 43. Información de la precipitación media anual (mm) de los últimos 10 años disponibles para los lagos Nor-patagónicos. Información extraída de la base de datos de la DGA, ver Anexo digital, carpeta "Base_Datos_Caudales_Precipitación_LNP" (Anexo 9). 128
Tabla 44. Principales forzantes identificados en las áreas de estudio. 134
Tabla 45. Principales presiones asociadas a los forzantes identificados en las áreas de estudio..... 136
Tabla 46. Condición trófica de los lagos en estudio de acuerdo con la información disponible. 140
Tabla 47. Principales impactos asociadas a las presiones identificadas en las áreas de estudio..... 144
Tabla 48. Lagos declarados como zonas libres de ISAv y otros HPR. 166
Tabla 49. Definiciones del estado ecológico muy bueno, bueno y aceptable en los lagos según la Directiva Marco del Agua. 171
Tabla 50. Periodicidad de control de los parámetros de calidad Biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos. 177
Tabla 51. Clasificación del estado ecológico y código de colores para su representación. 178
Tabla 52. Tipos de lagos, niveles tróficos y valores que definen los diferentes tipos de lagos (Burns et al. 2005). 189
Tabla 53. Sistema de Clasificación de tipología trófica basado en las características de los lagos (adaptado de Rast & Lee, 1987). 191
Tabla 54. Rangos de la OECD basado en las opiniones de científicos (después de Vollenweider & Carekes, 1980). 191
Tabla 55. Valores límites para la clasificación trófica de lagos (OCDE, 1982)..... 194

Tabla 56. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua según Carlson (1977). 194
Tabla 57. Lista de los taxa de zooplancton reportados para los lagos Nor-patagónicos. .. 197
Tabla 58. Lista de los taxa de peces reportados en las cuencas de los lagos Nor-patagónicos. 199
Tabla 59. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), que resume el n° de componentes (coberturas) por lago capaces de generar un determinado servicio ecosistémico (SE). 204
Tabla 60. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Caburgua. 206
Tabla 61. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Huilipilún. 207
Tabla 62. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Colico. 209
Tabla 63. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Tinquilco. 210
Tabla 64. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Calafquén. 212
Tabla 65. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Panguipulli. 214
Tabla 66. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Riñihue. 215
Tabla 67. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Neltume. 217
Tabla 68. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pirihueico. 219
Tabla 69. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pullinque. 220
Tabla 70. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pellaifa. 222
Tabla 71. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Ranco. 224
Tabla 72. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Maihue. 226
Tabla 73. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Constancia. 228
Tabla 74. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Gemelas. 229
Tabla 75. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Huishue. 231
Tabla 76. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Gris. 232

Tabla 77. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Puyehue. 234
Tabla 78. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Rupanco. 235
Tabla 79. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Todos Los Santos. 237
Tabla 80. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Chapo. 239
Tabla 81. Comunas presentes en cada socio ecosistema. 240
Tabla 82. Clases de calidad de agua para los parámetros priorizados. 247
Tabla 83. Valores del percentil 80 de los parámetros priorizados para cada uno de los lagos. 248
Tabla 84. Valores de calidad específicos por lago o grupo de lagos. 248

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo aplicado para la obtención de áreas aportantes **Fuente**: elaboración propia. 7
Figura 2. Diagrama de modelo de escorrentía asociado al sistema Lacar-Riñihue **Fuente**: elaboración propia. 8
Figura 3. Comparación área aportante al sistema Lacar-Riñihue. Centro.; inclusión de concepto de trampa, Derecha.; extensión del sistema completo **Fuente**: elaboración propia a partir de MDE Alos Palsar. 9
Figura 4. Representación, para el lago Pellaifa, de áreas aportantes ajustadas (limite morado), delimitación SSC DGA (achurado amarillo), y acumulación de flujo obtenida (blanco), en izqda. y centro. Representación color real sector desagüe del lago con punto de cierre y línea de escorrentía (línea roja), obtenida por MDE (dcha.). **Fuente**: elaboración propia a partir de MDE Alos Palsar. 10
Figura 5. Distribución de Áreas Silvestres protegidas, Reservas de la Biósfera e Iniciativas de Conservación Privada. **Fuente**: elaboración propia a partir de CONAF (2018), CONAF (2019) y MMA (2015). 12
Figura 6. Carta de Ocupación de Tierras. **Fuente**: elaboración propia (extracción y reclasificación de acuerdo a objetivos), a partir de MMA (2019). 13
Figura 7. Inventario Nacional de Humedales. **Fuente**: elaboración propia a partir de MMA (2020). 13
Figura 8. Unidades Fiscalizables. **Fuente**: elaboración propia a partir de SMA (2020). 14
Figura 9. RILes. **Fuente**: elaboración propia a partir de SMA (2018). 14
Figura 10. Registro de Emisiones. **Fuente**: elaboración propia a partir de MMA (2020). 15
Figura 11. Registro de proyectos en SEIA. **Fuente**: elaboración propia a partir de SEA (2021). 15

Figura 12. Registro de actividades de referencia para el área aportante del lago Panguipulli. Fuente: elaboración propia a partir de varios de los insumos detallados en la sección 4.1.2. 16
Figura 13. Estructura de organización el Anexo Digital cartográfico. **Fuente**: elaboración propia. 17
Figura 14. Componentes Base de Datos Espacial vectorial. **Fuente**: elaboración propia. . 18
Figura 15. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Colico 2013-2018. 50
Figura 16. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Caburgua 2011-2019. 55
Figura 17. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Tinquilco 2015-2016. 59
Figura 18. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Calafquén 2009-2015. 63
Figura 19. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Panguipulli 2009-2019. 68
Figura 20. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Neltume 2012-2019. 72
Figura 21. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Pirihueico 1999 - 2020. 76
Figura 22. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Riñihue 2009 - 2018. 80
Figura 23. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Ranco 2014-2020. 86
Figura 24. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Maihue 2010-2020. 90
Figura 25. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Puyehue 2013 - 2019. 94
Figura 26. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Rupanco 2012-2019. 98
Figura 27. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Todos Los Santos 2007-2015. 102
Figura 28. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Chapo 2014-2020. 106
Figura 29. Curva hipsométrica de los lagos Tinquilco, Pullinque, Calafquén y Neltume. **Fuente:** elaboración propia. 114
Figura 30. Curva hipsométrica de los lagos Pirihueico, Panguipulli, Riñihue y Maihue. **Fuente:** elaboración propia. 115
Figura 31. Curva hipsométrica de los lagos Puyehue, Ranco y Chapo. **Fuente:** elaboración propia. 116
Figura 32. Batimetría del lago Tinquilco. 117
Figura 33. Batimetría del lago Calafquén. 118
Figura 34. Batimetría del lago Pullinque. 118
Figura 35. Batimetría del lago Panguipulli. 119
Figura 36. Batimetría del lago Neltume. 120
Figura 37. Batimetría del lago Riñihue. 121
Figura 38. Batimetría del lago Pirihueico. 122
Figura 39. Batimetría del lago Ranco. 123
Figura 40. Batimetría del lago Maihue. 124
Figura 41. Batimetría del lago Puyehue. 124
Figura 42. Batimetría del lago Chapo. 125
Figura 43. a.Tendencia nutrientes Lago Riñihue b. Lago Panguipulli c. Lago Calafquén d. Lago Neltume (Extraído de Análisis y Reformulación de red de monitoreo de lagos región de los ríos" (DGA 2017)). 142
Figura 44. Modelo conceptual genérico para los lagos en estudio. **Fuente:** elaboración propia, realizado en Draw.io. 167

Figura 45. Curvas de distribución probabilística del fósforo total por clases de estado trófico. 192
Figura 46. Socio ecosistemas en estudio 202

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe da cuenta de lo relacionado con la recopilación, sistematización y análisis de: a) la información disponible sobre amenazas para la preservación de los lagos Nor-patagónicos, estado de la calidad de agua, sedimentos y biota, posibles impactos sobre los ecosistemas acuáticos y las funciones y servicios ecosistémicos asociados a ellos; b) la información hidromorfológica disponible sobre los lagos Nor-patagónicos; c) la elaboración de un modelo conceptual "Forzantes-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas" (DPSIR, por sus siglas en inglés) para cada uno de los lagos considerados en este estudio; d) la propuesta, como insumo para la elaboración de NSCA, de: objetos de conservación, parámetros prioritarios a normar en relación con las presiones identificadas y, tablas de clases de calidad para cada uno de los parámetros priorizados para cada uno de los 21 lagos Nor-patagónicos (Colico, Caburgua, Huilipilún, Tinquilco, Calafquén, Panguipulli, Neltume, Pirihueico, Riñihue, Pellaifa, Pullinque, Ranco, Maihue, Huishue, Gemelas, Gris, Puyehue, Rupanco, Constancia, Todos los Santos, Chapo).

Se describe un proceso de trabajo continuo, cuyo punto de partida es la actualización de las áreas aportantes vinculadas a cada uno de los 21 lagos, la recopilación y caracterización de información temática específica en materia de fuentes de contaminación puntuales y difusas (así como de actividades antrópicas traducibles en presiones sobre el reservorio hídrico), el análisis de esta data, y la construcción de un repositorio de información estable que centralice toda la información existente.

Cabe destacar la vasta extensión del área de interés, vinculada a una superficie superior a 1.250.000 ha, en la que, naturalmente resalta la presencia de una enorme y profusa red de reservorios hídricos (lagos, lagunas y ríos), los que, sumados suponen prácticamente un 14% (172.000 ha), de este territorio, siendo, en lo específico, la superficie efectiva suma, para el total de los 21 cuerpos de agua, 163.000 ha. Además, este territorio contiene una superficie de 390.000 ha normadas por instrumentos vinculados al Sistema de Áreas Protegidas del País (Parques Nacionales: Alerce Andino, Huerquehue, Puyehue, Vicente Pérez Rosales y Villarrica, y Reservas Nacionales: Llanquihue, Mocho Choshuenco y Villarrica). Adicionalmente el territorio de interés se encuentra definido, en poco más de un

80% de su superficie total, como Reserva de la Biosfera. No hay duda alguna al afirmar que se trata de un vasto enclave, de una relevancia ambiental innegable, y, por supuesto, con un papel decisorio en materia de generación de los recursos hídricos que sobre esta indómita geografía se generan.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Recopilar, sistematizar y analizar la información disponible para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de los lagos Nor-patagónicos de Chile.

2.2 Objetivos Específicos

a) Recopilar, sistematizar y analizar la información disponible sobre amenazas para la preservación de los lagos Nor-patagónicos, estado de la calidad de agua, sedimentos y biota, posibles impactos sobre los ecosistemas acuáticos y las funciones y servicios ecosistémicos asociados a ellos.

b) Recopilar, sistematizar y analizar la información hidromorfológica disponible sobre los lagos Nor-patagónicos.

c) Elaborar un modelo conceptual “Forzantes-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas” (DPSIR, por sus siglas en inglés) para cada uno de los lagos Nor-patagónicos considerados en este estudio.

d) Proponer, como insumo para la elaboración de NSCA, objetos de conservación, parámetros prioritarios a normar en relación con las presiones identificadas, y tablas de clases de calidad para cada uno de los parámetros priorizados, ya sea para cada lago o un conjunto de estos.

3. ACTIVIDADES

Se llevaron a cabo una serie de actividades que permitieron dar cumplimiento a los diferentes objetivos específicos detallados en el apartado anterior. Estas, fueron llevadas a cabo por el equipo de trabajo (Tabla 1) y consensuadas con la contraparte técnica (Tabla 2) a través de la realización de diferentes reuniones vía online (Anexo 1, carpeta "Actas_Reuniones_LNP").

3.1 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico a):

a) Sistematización de la información relacionada con fuentes de emisión (puntuales y difusas) presentes en cada una de las cuencas hidrográficas de los lagos Nor-patagónicos de Chile.

b) Revisión, sistematización y análisis de los estudios y publicaciones científicas relacionadas a amenazas e impactos actuales y potenciales que puedan afectar a los ecosistemas acuáticos de los lagos Nor-patagónicos de Chile y las funciones y servicios ecosistémicos que estos entregan.

c) Elaboración de bases de datos fisicoquímicos monitoreados en columna de agua y sedimentos, muestreos de biota, entre otros.

3.2 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico b):

a) Recopilación, sistematización y análisis de la información morfométrica disponible de los lagos Nor-patagónicos, tales como: batimetría, área de drenaje de la cuenca aportante, área superficial, volumen, profundidad máxima y media, relación profundidad media /profundidad máxima, desarrollo de línea de costa, entre otros.

b) Recopilación, sistematización y análisis de la información hidrológica disponible de los lagos Nor-patagónicos, tales como: caudal afluente, caudal efluente, tiempo de residencia hidráulico, precipitación, entre otros.

c) En base a la información recopilada se propondrán y evaluarán indicadores hidromorfológica que permitan caracterizar los lagos Nor-patagónicos analizados.

3.3 Actividades mínimas para para dar cumplimiento al Objetivo Específico c):

a) Presentación a la contraparte técnica la metodología a emplear para identificar las presiones, el estado ambiental, los impactos y establecer las relaciones entre estos. La metodología propuesta debe detallar las fuentes de información secundaria que se propone emplear.

b) Identificación de las forzantes que pueden producir impactos en la calidad de las aguas de los lagos Nor-patagónicos de Chile basado en la información sistematizada en el OE1.

c) Identificación de las presiones que pueden producir impactos en la calidad de las aguas de los lagos Nor-patagónicos de Chile, tanto a nivel general como particular, basado en la información sistematizada en el OE1.

d) Caracterización del estado ambiental de los lagos Nor-patagónicos de Chile en base a la información fisicoquímica y biológica sistematizada en el OE1.

e) Identificación de los potenciales impactos en los ecosistemas acuáticos y servicios ecosistémicos de los lagos Nor-patagónicos de Chile, tanto a nivel general como particular, en base a la información sistematizada en el OE1 y a las forzantes, presiones y estado ambiental identificadas.

f) Determinación de las principales relaciones Forzantes-Presiones-Estado-Impacto en un modelo conceptual DPSIR genérico para los lagos Nor-patagónicos.

g) Confección de un modelo conceptual DPSIR para cada lago Nor-Patagónico estudiado, incorporando las particularidades detectadas en el OE1.

Finalmente, y posterior a la entrega del informe final, se realizó un Seminario de exposición de resultados del estudio, el cual se llevó a cabo por videoconferencia según mutuo acuerdo entre el proveedor y la contraparte técnica (en Anexo 2 se entrega respaldo de dicho seminario).

Tabla 1. Equipo de trabajo consultor

Nombre	**Licenciatura o título**	**Postgrado**	**Área de trabajo**	**Años de experiencia**	**Función**
Roberto Urrutia P.	Biólogo	Doctor en Ciencias Ambientales	Limnología/calidad de agua	35	Jefe de Proyecto
Oscar Parra B.	Biólogo	Doctor rer. nat.	Limnología	50	Normas de Secundarias de Calidad Ambiental
Stefan Woelfl	Biólogo	Doctor rer. nat.	Limnología/calidad de agua	35	Análisis de calidad y consistencia de datos de calidad de agua
Ricardo Figueroa	Biólogo	Doctor en Ecología	Ecología/Conservación de recursos naturales	30	Servicios Ecosistémicos y presiones antrópicas
Alberto Araneda	Biólogo marino	Doctor en Ciencias Ambientales	Sedimentología	22	Análisis estadísticos
Jorge Félez	Geógrafo	Master en Sistemas de Información Geográficos (SIGs)	Sistemas de Información Geográficos	15	SIGs Identificación de fuentes difusas

Tabla 2. Equipo de trabajo contraparte técnica

Nombre	Institución	Cargo
Avril Bernales	Ministerio del Medio Ambiente	Profesional Departamento de Ecosistemas Acuáticos División de Recursos Naturales y Biodiversidad Nivel Central
Nicole Gesell	Ministerio del Medio Ambiente	Encargada de Recursos Hídricos Secretaria Regional Ministerial del Medio Ambiente Región de los Lagos
Silvia Benítez	Ministerio del Medio Ambiente	Departamento de Planes, Normas y Riesgo Ambiental Secretaria Regional Ministerial del Medio Ambiente Región de los Ríos
Felipe Hidalgo	Ministerio del Medio Ambiente	Profesional Departamento de Ecosistemas Acuáticos Ministerio del Medio Ambiente Nivel Central
Pablo Etcharren	Ministerio del Medio Ambiente	Profesional Departamento de Ecosistemas Acuáticos Secretaria Regional Ministerial del Medio Ambiente Araucanía
Amerindia Jaramillo	Ministerio del Medio Ambiente	Jefa del Departamento Ecosistemas Acuáticos del Ministerio del Medio Ambiente Nivel Central

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Sistematización de la información relacionada con fuentes de emisiones (puntuales y difusas)

4.1.1 Actualización de la delimitación de las áreas aportantes.

El proceso inicial parte con la recopilación de información necesaria para la actualización de las áreas aportantes de cada uno de los lagos, comenzando con la recopilación del

insumo base para los geoprocesos, el Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Este insumo, en forma de hoja de datos ráster, constituye la representación de la distribución de la hipsometría del territorio, aspecto que naturalmente condiciona las especificidades hidromorfológicas de todos los elementos que sobre él se representan, y que se ha utilizado para modelar la red de escorrentía, y computar las áreas aportantes.

El insumo base se vincula a los productos derivados del programa "*DAICHI*" de la Agencia Japonesa del Espacio, a través de su sensor "*Alos Palsar*", el que permite obtener un producto de 12,5 m. de resolución espacial, para todo el orbe. Estos fueron obtenidos del repositorio nacional vinculado a la Infraestructura de Datos Espaciales, los que fueron ajustados, para el territorio chileno, por el Centro de Información de Recursos Naturales.

Tras el acceso (a escala regional), se aplicó un proceso de modelación hidrológica, representado en la Figura 1, que puede simplificarse como un análisis de las direcciones de escorrentía, para después computar una acumulación de flujo para cada uno de los pixeles y, aplicando un umbral de definición, pueda obtenerse la delimitación de las microcuencas. Adicionalmente, se identifican los puntos de cierre del sistema (desagüe), de cada uno de los 21 lagos, para obtener toda el área aportante aguas arriba de éstos, obteniendo polígonos vectoriales, que posteriormente pueden vincularse, filtrarse y utilizarse como elemento de caracterización de otras coberturas.

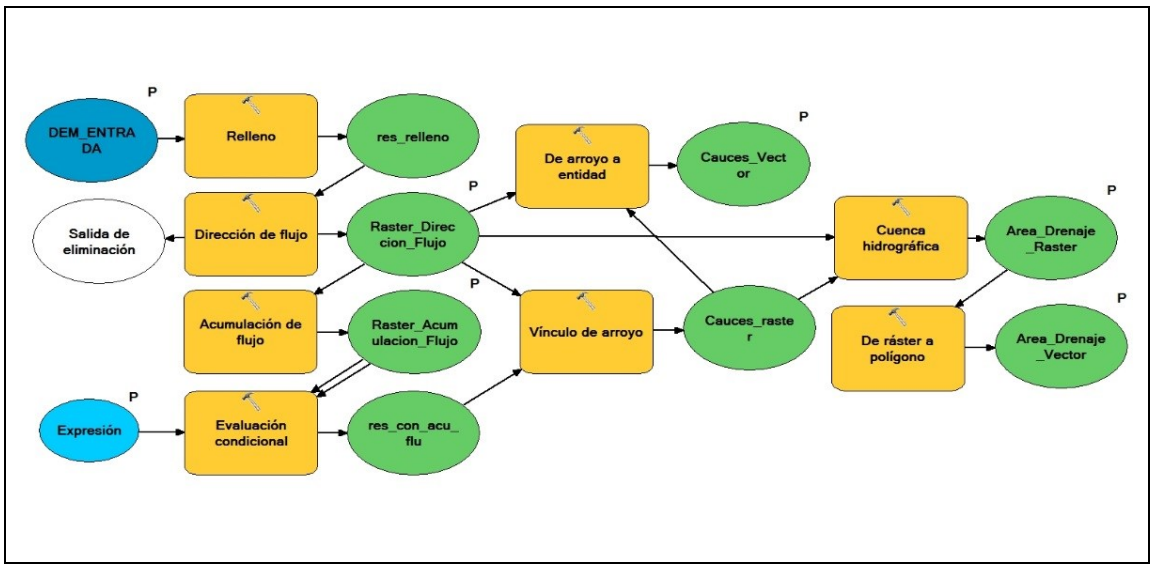


Figura 1. Diagrama de flujo aplicado para la obtención de áreas aportantes **Fuente**: elaboración propia.

Un punto destacable de este proceso tiene que ver con la utilización del concepto de "trampa" para cada uno de los lagos, considerando cada unidad como un punto de bloqueo que supone la acumulación total de los aportes aguas arriba, lo que se traduce en el funcionamiento de cada lago como una suerte de barrera para la circulación de materiales en suspensión. Como muestra la Figura 2, existen en el área de estudio sistemas lacustres que involucran la inclusión de unidades sucesivas. El caso del lago Riñihue es el más representativo, supone el eslabón final de un "organismo" que tiene su punto de partida en el lago Lacar (Argentina), y que también considera una linealidad de escorrentía, incluyendo los lagos principales: Pirihueico, Neltume, Calafquén, Panguipulli, y el propio Riñihue.

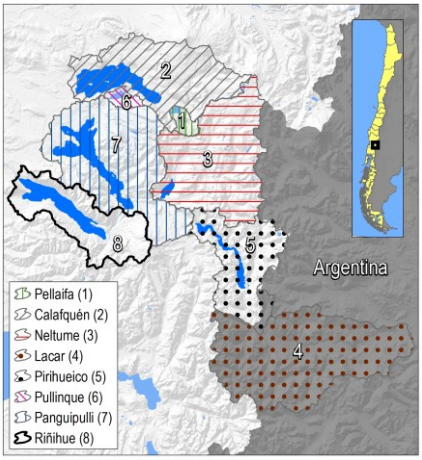


Figura 2. Diagrama de modelo de escorrentía asociado al sistema Lacar-Riñihue **Fuente**: elaboración propia.

Dada esta condición, y primando una propuesta basada en la caracterización limnológica de cada cuerpo de agua individualmente, es que se tomó la determinación de considerar como área aportante, sólo aquel territorio que no está vinculado al área aportante de otro lago/laguna aguas arriba. De esta forma, la Figura 3 presenta una comparación de las áreas aportantes obtenidas en función de uno u otro criterio, para el lago Riñihue donde, si se considera el sistema completo, con inicio en el lago Lacar, se puede computar una

superficie de casi 440.000 ha, contrapuestas a las poco más de 48.000 ha, que identifica el área aportante exclusiva.

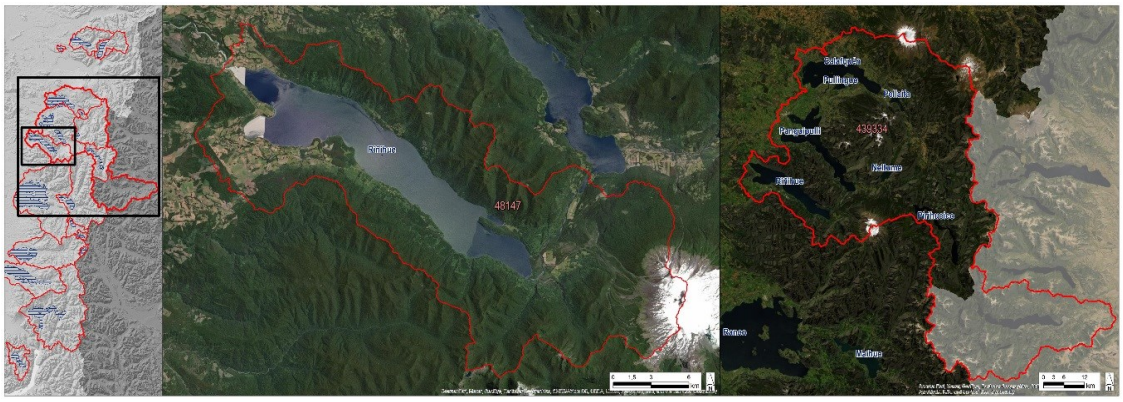


Figura 3. Comparación área aportante al sistema Lacar-Riñihue. Centro.; inclusión de concepto de trampa, Derecha.; extensión del sistema completo **Fuente**: elaboración propia a partir de MDE Alos Palsar.

El proceso de actualización ha permitido desarrollar algunos ajustes de las bases oficiales de la Dirección General de Aguas (principalmente de la delimitación de sub sub cuencas, SSC en adelante,), al contar con un insumo de mayor resolución. La Figura 4 representa el caso del lago Pellaifa, comparando los cálculos de acumulación de flujo obtenidos con el MDE y la configuración del relieve, con la delimitación oficial (achurado amarillo). Se puede ver, en el desagüe del lago (sector derecha, punto rojo), que el estero Linoico conecta con la red aguas abajo del lago, mientras que en la cobertura oficial, se considera dentro de la misma SSC. Además, el propio MDE arroja algunos errores en los cálculos (con respecto a la topografía), al tratarse de una zona con escasa pendiente. El área actualizada (limite morado), aumenta en el sector sureste una pequeña zona que, según el insumo oficial, drenaba hacia otra SSC distinta. Si bien los cambios resultan menores, en relación sobre todo al orden de magnitud del área de estudio, si existen diferencias.

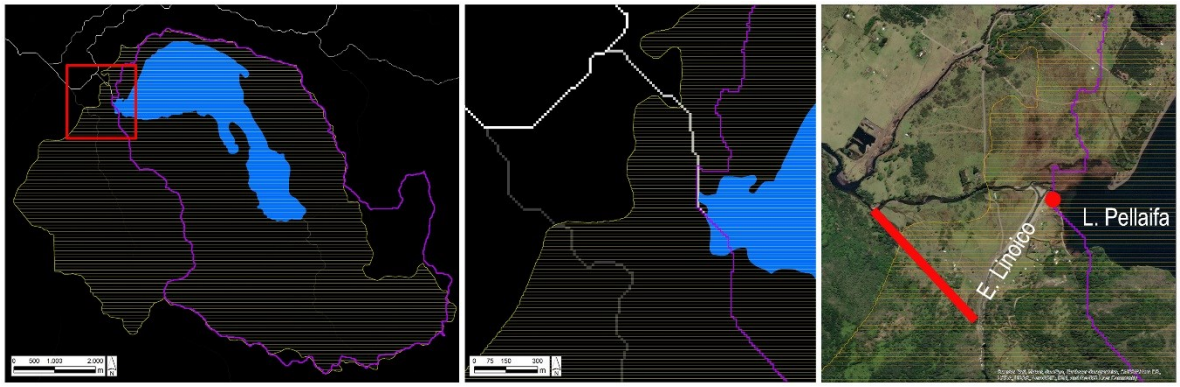


Figura 4. Representación, para el lago Pellaifa, de áreas aportantes ajustadas (limite morado), delimitación SSC DGA (achurado amarillo), y acumulación de flujo obtenida (blanco), en izqda. y centro. Representación color real sector desagüe del lago con punto de cierre y línea de escorrentía (línea roja), obtenida por MDE (dcha.). **Fuente**: elaboración propia a partir de MDE Alos Palsar.

Tras este proceso, ha sido posible disgregar el área aportante de cada uno de los 21 lagos y obtener los parámetros morfométricos base de las cuencas (Tablas 38 y 39).

4.1.2 Identificación y recopilación de fuentes de información temáticas específicas

Tras la construcción de este elemento base vinculado a las áreas aportantes, considerado el punto de partida del proceso de recopilación de información de fuentes difusas/puntuales, así como otras presiones/actividades antrópicas, se ha continuado con la identificación de repositorios y acceso a información base, en relación a la extensión total obtenida.

Para ello, se ha acudido a diferentes reservorios de información, de carácter público y oficial (varios de ellos cuentan con interfaces de acceso a información territorial normalizada), así como a los aportes de la propia Contraparte, e incluso a las bases de datos propias del consultor. Los grandes conjuntos de datos se han asociado a:

- Carta de Ocupación del Territorio – CONAF (2014), modificada por el Ministerio de Medio Ambiente (2019).
- Delimitación de Sub Sub Cuencas Hidrográficas – Dirección General de Aguas – MOP (2015).

- Inventario Nacional de humedales – Ministerio de Medio Ambiente (2020). https://humedaleschile.mma.gob.cl/inventario-humadales/
- Descargas de Riles (D.S. 90/2000 y D.S. 46/2002) - Superintendencia de Medio Ambiente (2019).
- Unidades Fiscalizables - Superintendencia de Medio Ambiente (2020). https://ide.sma.gob.cl/
- Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes – Ministerio de Medio Ambiente (2020). https://retc.mma.gob.cl/
- Concesiones acuicultura – Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Chile (2020). https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/
- Centrales hidroeléctricas – Ministerio de Energía (2017). http://energiamaps.cne.cl/
- Censo Agropecuario y Forestal – Ministerio de Agricultura (2007). https://ide.minagri.gob.cl/
- Información de Proyectos Ingresados al SEIA (accedidos a fecha de diciembre de 2020, y filtrados en relación al estado: en calificación y aprobados). https://www.sea.gob.cl/documentacion/reportes/informacion-de-proyectos-ingresados-al-seia.

Además de algunos conjuntos de datos base, no temáticos, asociados a:

- División Político Administrativa - Subsecretaría Desarrollo Regional y Administrativo de Chile (2020). http://www.ide.cl/
- Comunidades indígenas – Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (2018). http://siic.conadi.cl/
- Precenso y Censo de Población y Vivienda - Instituto Nacional de Estadística (2016 y 2017).

A partir de los insumos mencionados, se ha podido recopilar información territorial asociada a diferentes variables territoriales, con incidencia directa en los procesos de análisis vinculados al estudio. Es importante resaltar que no sólo se ha consignado la

distribución territorial de las mismas, sino los atributos existentes asociados a cada una de las variables, generando de esta forma una base de datos más completa.

A modo de muestra, se presentan algunos de los datos recopilados, entre las Figuras 5 a 10, representando parte de las variables de mayor relevancia, e identificando algunos atributos base que ayudan a comprender la configuración territorial del área de interés. En etapas sucesivas, estos insumos fueron analizados en mayor profundidad, considerando los objetivos específicos de la consultoría, cumpliendo con la fase lógica de recopilación, normalización e integración de la data.

La Figura 5 da cuenta del importante valor ambiental del área de interés, representando las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) (5 Parques Nacionales y 3 Reservas Nacionales, sumando un total de casi 390.000 ha), Reserva de la Biósfera (Araucarias y Bosques Templados, con algo más de 1.010.000 ha), e Iniciativas de Conservación Privada (827 unidades con un total de 112.000 ha).

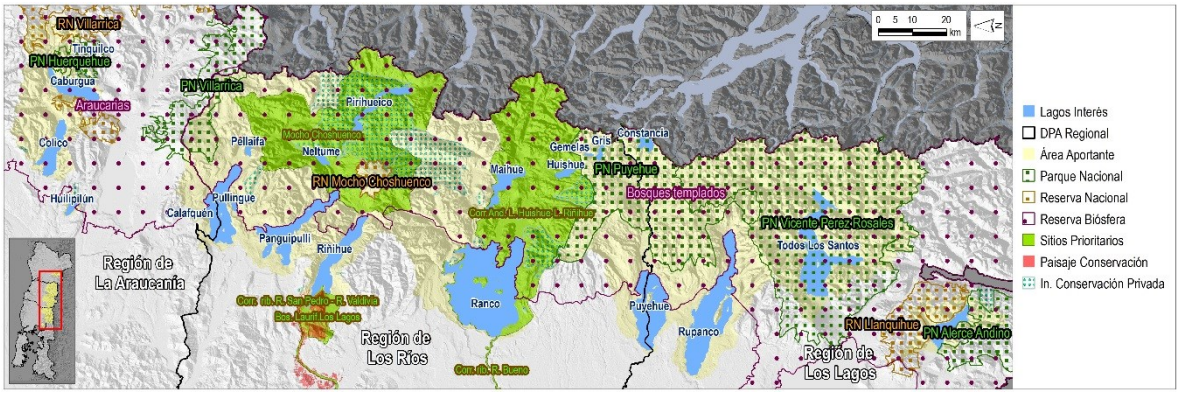


Figura 5. Distribución de Áreas Silvestres protegidas, Reservas de la Biósfera e Iniciativas de Conservación Privada. **Fuente**: elaboración propia a partir de CONAF (2018), CONAF (2019) y MMA (2015).

La Figura 6 representa las coberturas y usos del suelo, destacado la existencia de más de 807.000 ha de categorías vinculadas a Bosque Nativo, es decir, prácticamente el 65% del área de interés. La propuesta de delimitación de Cobertura y Uso de Suelo obedece a una modificación de las clases presentadas en COT-MMA. La relación de criterios integrados se aporta en "Carpeta Tablas, tabla TAB_Categorizacion_CUS, en el Anexo Digital Cartográfico "Base_Datos_Cartografía_LNP" (Anexo 3). Esta se genera integrando los

campos de sub-uso y estructura de la vegetación, para caracterizar de forma sintética las grandes unidades del Bosque Nativo, entre otros.

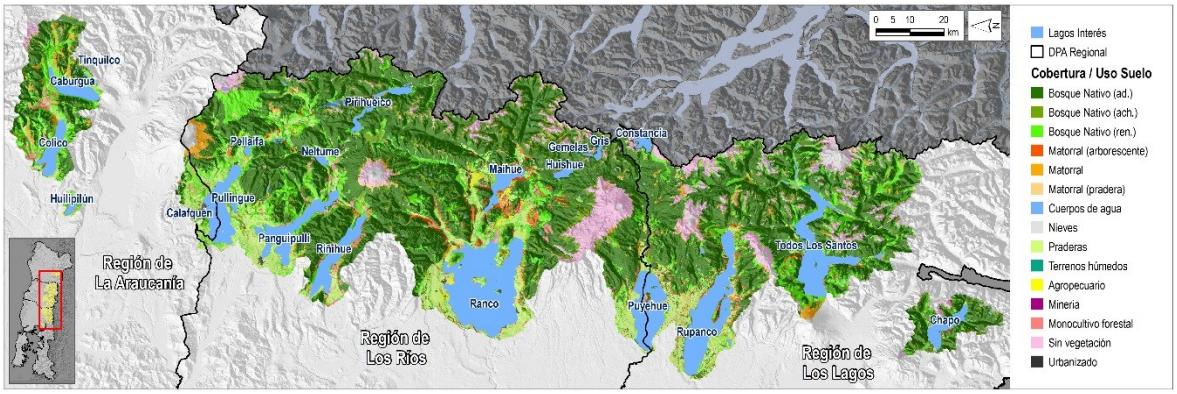


Figura 6. Carta de Ocupación de Tierras. **Fuente**: elaboración propia (extracción y reclasificación de acuerdo a objetivos), a partir de MMA (2019).

La Figura 7, a través del Inventario Nacional de Humedales (en su actualización de 2020), identifica 175.000 ha de categorías asociadas a este insumo, predominando (94%) el catastro de lagos, y ríos (3,8%).

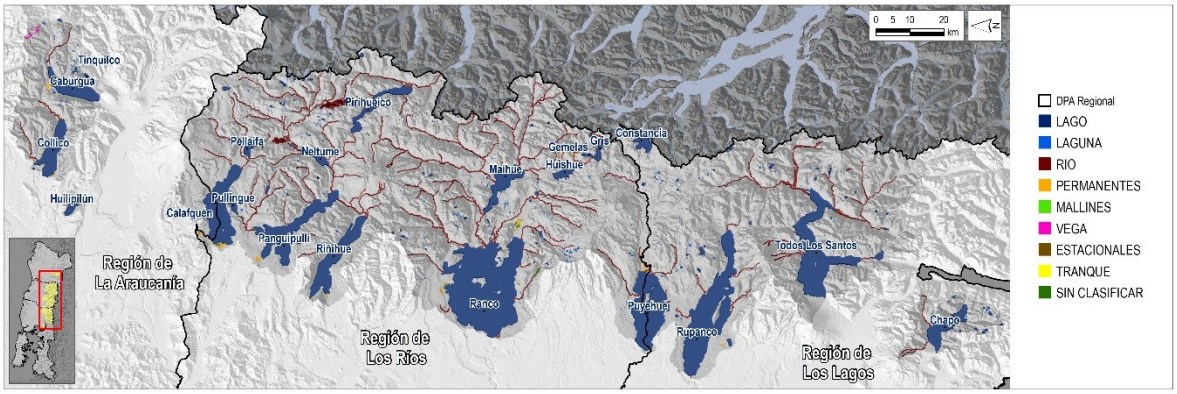


Figura 7. Inventario Nacional de Humedales. **Fuente**: elaboración propia a partir de MMA (2020).

La Figura 8 codifica la distribución de las Unidades Fiscalizables (SMA), catastrando 130 elementos, de los cuales la mayor cantidad (25), se asocian a actividades de pesca y generación energética (23). El área aportante que concentra una mayor presión en este sentido, es la del lago Todos los Santos con 35 unidades, seguido por Ranco, con 27.

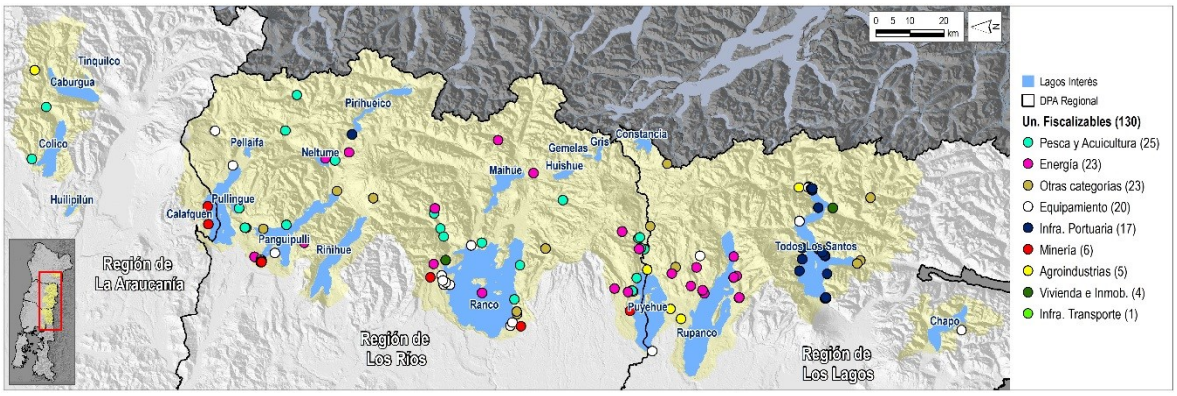


Figura 8. Unidades Fiscalizables. **Fuente**: elaboración propia a partir de SMA (2020).

En cuanto a la presencia de descargas de RILes a aguas superficiales (DS90/2000), existen 18 descargas, asociadas a 16 fuentes emisoras, y de ellas, el 38% deben cumplir con lo establecido en la Tabla 1, mientras que el restante 62% con la Tabla 3. No existe ninguna descarga de RILes que deba cumplir con D.S. N°46.

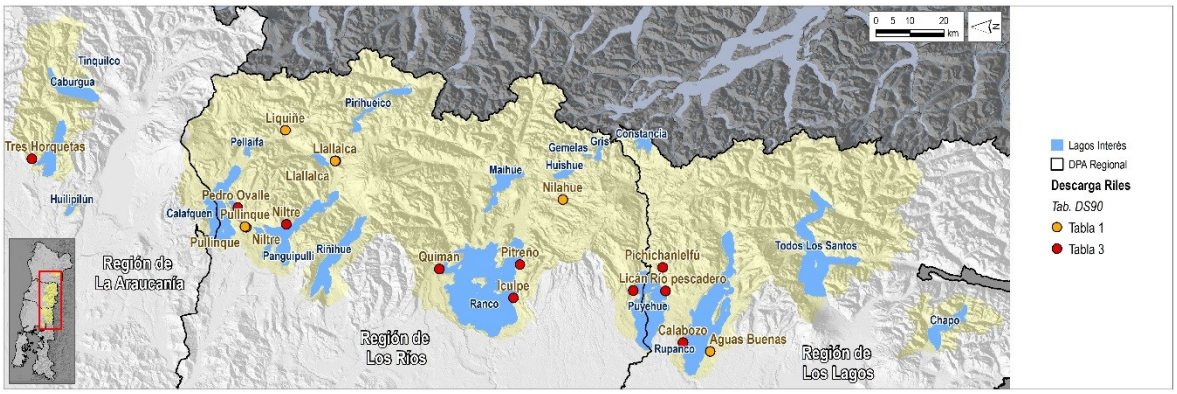
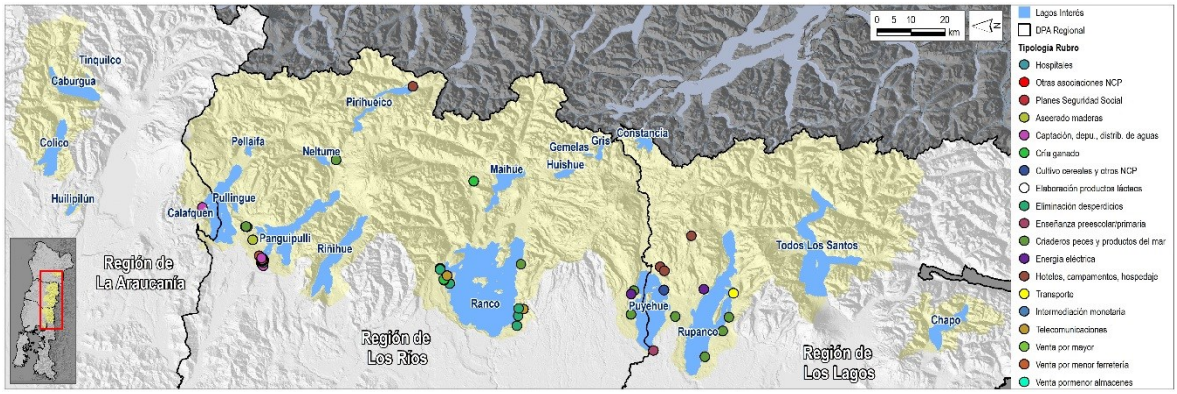


Figura 9. RILes. **Fuente**: elaboración propia a partir de SMA (2018).

La Figura 10 representa el registro de emisiones para aire, con 1.359 mediciones, asociado



a 53 establecimientos, categorizados en 9 tipologías de rubro (Comercio, Generación de energía, Gestor de residuos, Industria agropecuaria y silvicultura, Industria manufacturera, Otras actividades, Pesca, Producción de alimentos, y sin información), y 19 tipologías de actividad

Figura 10. Registro de Emisiones. **Fuente**: elaboración propia a partir de MMA (2020).

La Figura 11 espacializa la localización de los proyectos existentes en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para el área de interés. Del total de 167 registros, sólo el 3% corresponde a EIA, mientras que el resto se vincula a DIA. Un total de 3 proyectos se encuentran actualmente en proceso de calificación ambiental.

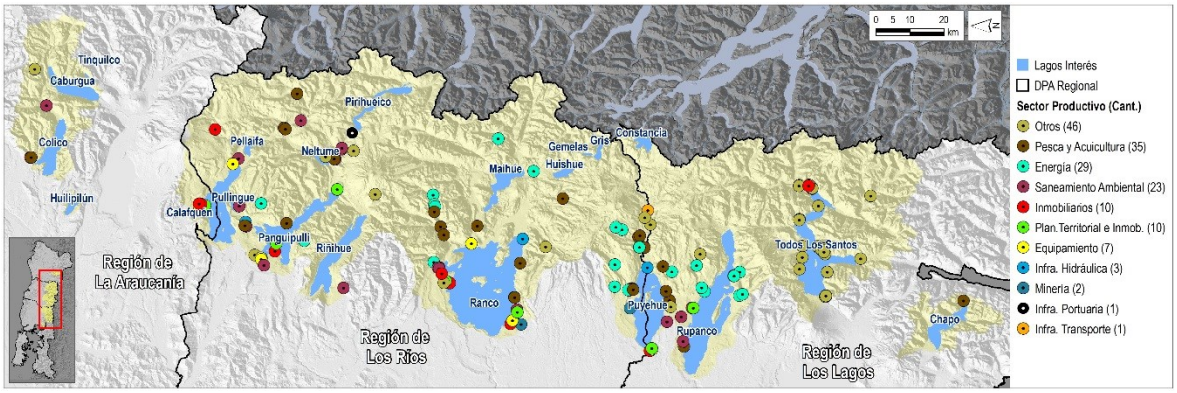


Figura 11. Registro de proyectos en SEIA. **Fuente**: elaboración propia a partir de SEA (2021).

4.1.3 Normalización, integración a Base de Datos Espacial y desarrollo de principales productos.

Tras el filtrado de los elementos para cada variable, y área de interés, se desarrolló un proceso de normalización de todas las entradas (estandarizando sistemas de proyección, tablas de atributos, etc.), para constituir la base detallada con toda la información vinculada, desagregada para cada una de las áreas aportantes de los 21 lagos. Esta se ha consignado, para no producir redundancias en la información espacial, y maximizar la organización de los datos, en forma de atributos en las tablas de cada una de las coberturas presentes en la *Geodatabase*, que a su vez se estructuran (revisar registro de metadatos en el Anexo Digital

Cartográfico Anexo 3 carpeta “Base_Datos_Cartografía_LNP” para más detalle), por organismos responsables de su levantamiento/gestión, y área temática.

La Figura 12 releva los elementos identificados para el área aportante del lago Panguipulli, desde la óptica de fuentes difusas y puntuales, y otras presiones.

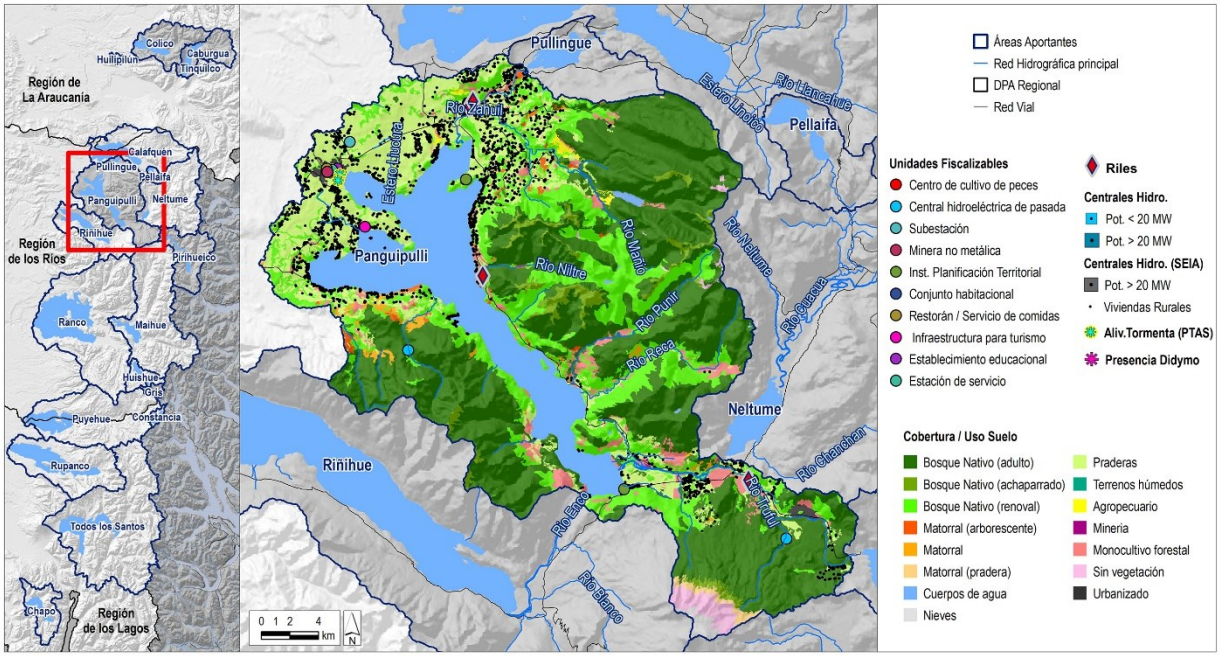


Figura 12. Registro de actividades de referencia para el área aportante del lago Panguipulli. Fuente: elaboración propia a partir de varios de los insumos detallados en la sección 4.1.2.

Se recopiló un total de 38 coberturas vectoriales, repartidas en 15 grandes áreas temáticas, así como los Modelos Digitales de Elevación correspondientes (de los que se aporta el dato original, presentado por región, y el mosaico construido para el área de interés, así como algunas de las variables de análisis topográfico e hidrográfico analizadas hasta la fecha), y se obtuvieron 26 salidas cartográficas, en forma de figuras, que se aportan y detallan en el Anexo Digital Cartográfico (Anexo 3).

El mencionado Anexo contiene una relación detallada de los atributos base de todos estos registros, en términos del organismo responsable de su mantenimiento, el año de levantamiento, relación de atributos vinculados a los campos, entre otros, que ayudan a constituir los metadatos asociados a cada entrada.

4.1.4 Estructura del Anexo Digital Cartográfico

La totalidad de la información territorial integrada se aporta en este repositorio de información digital, que permite la visualización de la data, así como de los productos cartográficos desarrollados, a través del uso de Sistemas de Información Geográfica en la máquina de destino.

La estructura del mismo se presenta en la Figura 13, con tres componentes principales, vinculados por un lado a la base de datos vectorial ("*Geodatabase*"), la información asociada al modelo Digital de Elevaciones, y los productos cartográficos asociados al estudio (en formato JPG y MXD, versión 10). Además, se presentan dos archivos que contienen una relación de los productos cartográficos (2_Relacion_Cartografia) hipervinculados, que permiten su apertura directa en cualquier otra máquina (ver instrucciones aportadas en archivo 0_Instrucciones_Visualizacion), así como una hoja de datos (1_Metadatos), con la información base de las coberturas y conjuntos de información integrados. También contiene una relación de las tablas de atributos de algunos de elementos de mayor relevancia (5 en total), asociadas a: atributos base de las áreas aportantes, criterios para categorización CUS, distribución de superficie de CUS por área aportante, proyectos SEIA, y Unidades Fiscalizables. Adicionalmente, también se integra una representación de los contenidos base en formato KML.

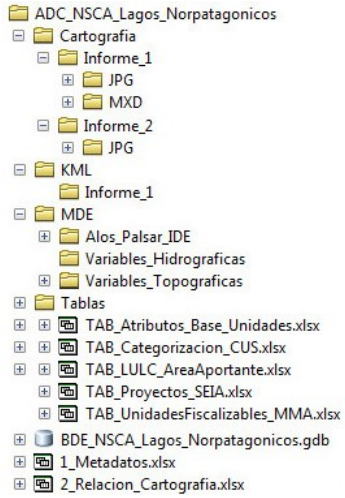


Figura 13. Estructura de organización el Anexo Digital cartográfico. **Fuente**: elaboración propia.

La Figura 14 representa la distribución de los conjuntos de datos existentes en la "*Geodatabase*" del estudio, agrupados por entidad responsable de generación, información base y variables de análisis integradas y producidas. El detalle de contenidos y campos asociados a cada cobertura se encuentra en el archivo de metadatos.

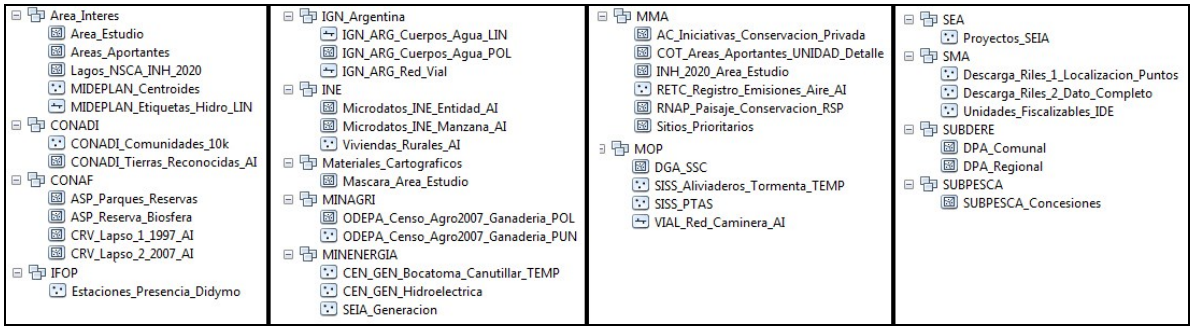


Figura 14. Componentes Base de Datos Espacial vectorial. **Fuente**: elaboración propia.

Este componente ha dado cuenta del proceso de recopilación de información cartográfica para el estudio, donde se entiende que es una muestra relevante de parte del trabajo implementado.

4.2 Revisión, sistematización y análisis de los estudios y publicaciones científicas relacionadas a amenazas e impactos actuales y potenciales.

Se realizó una búsqueda sistemática de referencias bibliográficas en relación con la información disponible de los lagos en estudio, con énfasis en las amenazas e impactos actuales y potenciales. Las fases para la recopilación y revisión bibliográfica sistemática de información fueron: 1) identificación de campo de estudio, 2) Selección de fuentes de información, y 3) realización de la búsqueda.

- **Identificación de campo de estudio.** Si bien es una etapa inicial del estudio, esta forma parte de todo el estudio pues deriva del objetivo general del proyecto y se debe enriquecer en relación con los objetivos específicos a desarrollar durante todo el estudio

y resultados esperados. En este sentido, el campo de búsqueda está centrado en estudios relacionados a los lagos Nor-patagónicos vinculando amenazas e impactos actuales. Los temas y contenidos de interés se tradujeron en palabras claves (keywords) que definieron el criterio de búsqueda, principalmente asociadas al nombre de los lagos en estudio.

- **Selección de las fuentes de información.** Dada la naturaleza y objetivos del estudio se trabajaron las siguientes fuentes de información: a) Revistas científicas que incorporan la temática de interés (WoS, Scopus, ScienceDirect, Scimago, Scielo, Google Scholar); b) tesis de pre y post grado; c) libros o capítulo de libros; y d) manuales e informes técnicos.

- **Realización de la búsqueda.** Una vez identificado el campo de estudio y seleccionadas las fuentes de información, se determinaron los criterios de búsqueda a emplear decidiendo, además, las bases de datos a consultar.

Una vez dispuestas las referencias de los artículos encontrados con la estrategia de búsqueda establecida, los resultados fueron depurados y filtrados en función de los conceptos y temas de interés. Para realizar el proceso de depuración se revisó de manera exhaustiva cada uno de los documentos.

La información ha sido sistematizada en una base de datos (formato Excel) acordada previamente con la contraparte del estudio. La cual incluye el registro de las principales temáticas de la información consultada (ver Anexo 4, archivo Excel titulado "Base_Datos_Bibliografica_LNP"). Paralelamente se realizó un análisis de la información dando a conocer los resultados encontrados.

4.2.1 Revisión bibliográfica

La búsqueda de revisión bibliográfica arrojó un total de 83 documentos, 51 de ellos corresponden a publicaciones científicas, 29 a documentos y/o informes de proyectos, 3 tesis con alusión a las áreas de interés. En la Tabla 3 se entrega un resumen con la información disponible para cada uno de los lagos. En ella es posible observar que los lagos

que cuentan con mayor cantidad de estudios son Riñihue, Rupanco, Ranco, Panguipulli y Puyehue, mientras que los lagos Huilipilún, Tinquilco, Pullinque, Huishue y Constancia cuentan con un solo estudio específico (Publicaciones). Finalmente destacan los lagos Gemelas y Gris para los cuales no hay estudios realizados.

La mayor parte del material bibliográfico recopilado hace referencia a caracterización de variables fisicoquímicas y morfológicas de cada lago (*e.g* Campos et al., 1974, 1977,1982), componentes biológicos y sedimentológicos (*e.g* Lara & Moreno, 1995). Son escasos los estudios que se refieren a las presiones puntuales sobre los sistemas acuáticos, los existentes realizan evaluaciones de las condiciones tróficas, por ejemplo, asociando la presencia de cianobacterias en cuencas con alto porcentaje de desarrollo forestal y uso urbano (*e.g* Almanza et al., 2019), o evaluando la capacidad de carga de estos sistemas lacustres (*e.g* Campos, 1995).

En este sentido, los lagos Nor-patagónicos han sido sometidos a un continuo proceso de transformación durante los últimos dos siglos (Valdovinos & Pedreros, 2007). A la fecha, una significativa sustitución de bosque nativo, factor crítico en la regulación de nutrientes en las cuencas lacustres, ha gatillado una declinación en la calidad de los cuerpos de agua y sus estados tróficos (Valdovinos & Pedreros, 2007). En este sentido, Oyarzun et al. (1997; 2003) evaluó los efectos que el cambio de uso de suelo ocasiona en la exportación de N-total en microcuencas del lago Rupanco, reflejando la importancia que tiene la erosión de los suelos sobre el transporte de N y P, evidenciando la influencia de las actividades forestales sobre las concentraciones y transporte de nutrientes, observándose una estrecha relación entre el transporte de sedimentos en suspensión y la exportación de nutrientes (contaminación difusa). Así mismo, Nahuelhual et al. (2012) reconoce que este cambio en la cobertura de uso de suelo por plantaciones forestales en la zona centro sur de Chile traerá muchas implicancias en el paisaje y pérdidas de los servicios Ecosistémicos.

Por otro lado, Soto et al. (2006), describe la presencia de numerosas especies invasoras, fundamentalmente salmonídeas en las cuencas de los lagos Ranco, Puyehue, Rupanco y Todos los Santos, donde *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* representaron más de 60 % de la abundancia total de peces y más de 80 % de la biomasa total presumiendo los impactos negativos sobre las especies nativas, lo cual se verifica en los estudios de

Arismendi *et al*. (2011) que demuestran la sobreposición de dietas entre especies nativas e introducidas.

Por otro lado, algunos documentos y/o informes técnicos muestran más información al respecto; por ejemplo, Campos (1995) reporta la capacidad de carga en términos de stock explotable de especies salmonídeas y balance de fósforo y nitrógeno; evidenciando con esto el deterioro sobre los sedimentos del lago Rupanco. Prado et al. (1999) determinó la capacidad de carga y balance de P y N en el lago Chapo, señalando que la deforestación determina un aumento de la carga de nutrientes exportada al lago con la consecuente disminución de transparencia y aumentos de niveles de clorofila. Mientras que Orrego (2002), describe de manera general para las diversas regiones del país las principales fuentes de contaminación que guardan relación con las actividades que se desarrollan en ellas, describiendo descargas de aguas servidas, escurrimiento e infiltración de productos químicos usados en la agricultura y silvicultura, la industria de cosméticos y detergentes, los mataderos, la industria de cecinas y la industria de muebles y útiles para el hogar.

El documento "*Impacto ambiental de la acuicultura: el Estado de la Investigación en Chile y el mundo"* (Buschmann, 2001), da cuenta en términos generales de los efectos ambientales de la acuicultura en algunos sistemas lacustres (*e.g.* Ranco, Rupanco), reconociendo que a pesar del nivel de conocimiento sobre los efectos de la acuicultura, a la fecha de redacción de ese documento, la información existente en diversas zonas geográficas indica que esta actividad tiene múltiples y complejos efectos sobre el medio ambiente, haciendo hincapié en la modernización que necesitan las regulaciones ambientales. Así también León Muñoz et al. (2007) en el documento "*Salmonicultura en los Lagos del Sur de Chile- Ecorregión Valdiviana*"; recalcan como el proceso de eutroficación natural se acelera debido a las actividades productivas, el cambio de uso de suelo y a la falta de tratamiento de aguas servidas, impulsores que modifican las funciones ecosistémicas, principalmente aquellas que implican los procesos ecológicos que sostienen.

Es importante señalar que el desarrollo de algunos informes técnicos, como por ejemplo el desarrollado para el proyecto *"Análisis y formulación red de monitoreo de lagos Región de Los Ríos. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas* (2017)", en su evaluación de servicios ecosistémicos para seis de los lagos en estudio (Calafquen,

Neltume, Pirihueico, Panguipulli, Riñihue y Puyehue); considera que las amenazas están ligadas al desarrollo de la actividad forestal y el avance de la frontera agrícola, lo que está generando fragmentación y pérdida de hábitat para muchas especies que aportan a la diversidad biológica. En este sentido, es alta la diversidad biológica de las regiones que albergan los lagos en estudio, habitando especies con alto endemismo, en peligro de extinción y con un grado importante de vulnerabilidad asociado principalmente a la actividad antrópica.

De acuerdo a lo anteriormente planteado; urge contar con información actualizada, monitoreos constantes y confiables de cada cuerpo de agua, que evite la dualidad y la dispersión de la información, los pocos datos que existen tienen escaso desarrollo temporal y responden a clasificaciones regionales y/o comunales y no de cuenca (*e.g.* PLADECOS, PROT) existiendo importantes vacíos a la hora de abordar la caracterización ecosistémica de los lagos, por lo que es aconsejable su utilización de un modo prudente y más bien orientativo.

Tabla 3. Número de publicaciones científicas e informes técnicos que hacen alusión específica y general a cada uno de los lagos en estudio.

LAGO	TIPO						TOTAL BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA
	PUBLICACIONES			INFORMES			
	ESPECÍFICAS	GENERALES	TOTAL	ESPECÍFICOS	GENERALES	TOTAL	
Colico	**2**	16	18	**6**	5	11	29
Caburgua	**6**	16	22	**8**	5	13	35
Huilipilún	**1**	16	17	**0**	5	5	22
Tinquilco	**1**	16	17	**0**	5	5	22
Calafquén	**7**	16	23	**8**	5	13	36
Panguipulli	**9**	16	25	**9**	5	14	39
Neltume	**4**	16	20	**9**	5	14	34
Pirihueico	**6**	16	22	**6**	5	11	33
Riñihue	**13**	16	29	**12**	5	17	46
Pellaifa	**4**	16	20	**2**	5	7	27
Pullinque	**1**	16	17	**0**	5	5	22
Ranco	**10**	16	26	**11**	5	16	42
Maihue	**2**	16	18	**10**	5	15	33
Huishue	**0**	16	16	**1**	5	6	22
Gemelas	**0**	16	16	**0**	5	5	21
Gris	**0**	16	16	**0**	5	5	21
Puyehue	**8**	16	24	**6**	5	11	35
Rupanco	**13**	16	29	**8**	5	13	42
Constancia	**0**	16	16	**1**	5	6	22
Todos Los Santos	**7**	16	23	**7**	5	12	35
Chapo	**3**	16	19	**8**	5	13	32

Las publicaciones e informes se anexan a continuación, pero se detallan en el Anexo 5, en la carpeta llamada “Base_datos_Publicaciones_Informes_LNP” donde se entrega el detalle por cada uno de los lagos.

Publicaciones Científicas

1. Almanza Viviana, Pablo Pedreros, H. Dail Laughinghouse IV, Jorge Felez, Oscar Parra, Marisol Azocar & Roberto Urrutia. 2019. Association between trophic state, watershed use, and blooms of cyanobacteria in south-central Chile. Limnologica 75(2019): 30-41.
2. Araya JM y L Zúñiga. 1985. Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Informativo Limnológico, Chile 8: 1-110.
3. Arenas, J. 1972. Morfometría del Lago Riñihue, Provincia de Valdivia, Chile. Museo de Historia Natural, Publicación ocasional, Santiago de Chile, 14: 14 pp.
4. Arismendi I, González J, Soto D & B Penaluna (2011) Piscivory and diet overlap between two non-native fishes in southern Chilean streams. Austral ecology 37(3): 346-354.
5. Arismendi I y B Penaluna. 2009. Peces nativos en aguas continentales del sur de Chile. Núcleo Millenium FORECOS P04-065-F, MIDEPLAN, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
6. Arratia, G. 1981. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Publicación ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 34: 3-108. Arratia, G. 1983. Preferencias de hábitat de peces siluriformes de aguas continentales de Chile (Fam. Diplomystidae y Trichomycteridae). Studies on Neotropical Fauna and Environment 18: 217-237.
7. Buschmann, A. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Terram Publicaciones. Chile, 67 p.
8. Campos, H; Bucarey, E. & Arenas J. 1974. Estudios Limnológicos del Lago Riñihue y Río Valdivia. En Bol. Soc. Biol. De Concepción. Tomo XLVIII, pp. 47-67.
9. Campos, H; Arenas, J; Steffen, W. & Agüero, G. 1977. Estudio Limnológico, morfométrico, físico y químico del lago Neltume (Valdivia, Chile). En Medio Ambiente 3(1):37-47.

10. Campos, H; Arenas, J; Steffen, W. & Agüero, G. 1978. Estudio Limnológico, en el lago Pirehueico (Chile): Morfología y características físico – químicas. Medio Ambiente 3(2):76-78.
11. Campos, H.; Arenas, J.; Steffen, W. & Agüero, G. 1978. Physical and chemical limnology of lake Riñihue. En: Arch. Hydrobiol. Valdivia, Chile. 84 (4): 405-429.
12. Campos, H..; Arenas, J.; Steffen, W. & Agüero, G. 1980. Limnologische Untersuchungen an den Seen Pellaifa und Calafquén in Chile. En: Beiträge Zur Hidrologie. 7: 99-137.
13. Campos, H.; Arenas, J.; Steffen, W. & Aguero, G. 1981. Morphometrical, Physical and chemical limnology of Lake Panguipulli. En: Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontyologie. Valdivia, Chile. 10: 603-625.
14. Campos, H.; Arenas, J.; Steffen, W.; Román, C. & Agüero, G. 1982. Limnological study of lake Ranco: morphometry, physics, chemistry and plankton. En: Arch. Hydrobiol. Chile. 94 (2): 137-171.
15. Campos, H. 1984. Limnological study of Araucanian lakes. En: Verh. Internat. Verein. Limnol. Chile 22: 1319-1327.
16. Campos, H; Steffen, W; Agüero, G.; Parra, O & Zúñiga, L.1987. Limnology of lake Riñihue. En: Limnologica. Chile, 18 (2): 339-357.
17. Campos H., Steffen W., Parra O., Domínguez P. & Agüero G. 1987. Estudios limnológicos en el Lago Caburgua (Chile). Gayana Bot. 44: 61-84.
18. Campos H., Steffens W., Agüero G., Parra O., & Zúñiga L. 1989. Estudios Limnológicos en el lago Puyehue (Chile). Morfometría, factores físicos y químicos, plancton y productividad primaria. Medio Ambiente 10(2): 36-53.
19. Campos H., Steffens W., Agüero G., Parra O. & Zúñiga L. 1990. Limnology study of lake Todos los Santos (Chile). Morphometry, Physics, Chemistry, Plankton and Primary Productivity. Arch. f. Hidrobiol. 117(4): 453-484.
20. Campos H., Steffens W., Agüero G., Parra O. & Zúñiga L. 1992. Limnological studies of lake Rupanco (Chile). Morphometry, Physics, chemistry, plankton and primary productivity. Archiv. f. Hydrobiol/Suppl. 90 (1): 85-113.
21. Campos H., Steffens W., Agüero G., Parra O. & Zúñiga L. 1992. Limnology of Lake Ranco (Chile). Limnológica 22(4): 337-353.

22. Campos, H., Dazarola, G., Dyer, B., Fuentes, L., Gavilán, J., Huaquín, L., Martínez, G., Meléndez, R., Pequeño, G., Ponce, F., Ruiz, V., Siefeld, W., Soto, D., Vega R. & Vila, I. 1998. Categorías de Conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 47: 101-122.
23. Campos H., Hamilton D., Villalobos L., Imberger J. & Javam A. 2001. A modelling assessment of potential for eutrophication of lake Riñihue, Chile. Arch. f. Hidrobiol. 151(4): 101-125.
24. Fuentes N., Díaz P. & C. Díaz. 2018. Unusual Winter *Microcystis* spp. In a Chilean oligotrophic lake. Harmful Algae News.
25. Geller W. 1992. The temperature stratification and related characteristics of Chilean lakes in midsummer. Aquatic Sciences 54 (1): 37-57.
26. Lara, G.P. & Moreno, C.A. 1995. Efectos de la depredación de *Aegla abtao* (Crustacea, Aeglidae) sobre la distribución espacial y abundancia de *Diplodon chilensis* (Bivalvia, Hyriidae) en el lago Panguipulli, Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 68: 123-129.
27. Montecino, V. 1991.Primary productivity in South American temperate lakes and reservoirs. Revista Chilena de Historia Natural. 64: 555 – 567.
28. Nahuelhual, L., Carmona, A., Lara, A., Echeverría, C., González, M.E. 2012. Land-cover change to forest plantations: proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile. Landsc. Urban Plan. 107: 12-20
29. Nimptsch, J., Woelfl, S., Osorio, S., Valenzuela, J., Moreira, C., Ramos, V., Vasconcelos, V. 2015. First record of toxins associated with cyanobacterial blooms in oligotrophic North Patagonian lakes of Chile a genomic approach. Int. Rev. Hydrobiol. 101: 57-68.
30. Oyarzún, C., Campos, H. & Huber, A. 1997. Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso del suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región). Revista Chilena de Historia Natural 70: 507-519.
31. Oyarzún, C. & Huber, A. 2003. Nitrogen export from forested and agricultural watersheds of southern Chile. Gayana Botánica 60: 63-68.
32. Parra O., M. González, V. Dellarossa, P. Rivera & M. Orellana. 1982-1983. "Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al

fitoplancton de Chile". Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, pp. 1-70, 174 figs., 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, pp.1-82, 155 figs., 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, pp. 1-99, 225 figs. 1982; Vol. 4, Bacillariophyceae, pp. 1-97, 239 figs. 1982; Vol. 5, (partes 1 y 2), Chlorophyceae, pp. 1-353, 1286 figs., 1983.

33. Ramírez C. y C. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. 21-69. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Vila I., A. Veloso, R. Schlatter y C. Ramirez. 2006. Editorial Universitaria. 186 pp.
34. Soto, D. & Campos, H. 1996. Los lagos oligotróficos del bosque templado húmedo del sur de Chile, p. 317- 333. In Armesto. J, C. Villagrán, & M. Arroyo (eds.), Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Chile.
35. Soto, D. & J, Stockner. 1996. The temperate rainforest lakes of Chile and Canada: Comparative ecology and sensitivity to anthropocentric change, p. 266-280. In: Lawford, R., Alaback, P. & Fuentes, E (eds.), High latitude rain forest of the west coast of the Americas: climate, hydrology, ecology and conservation. Springer, New York. 266-280.
36. Soto, D., 2002. Oligotrophic patterns in southern Chilean lakes: the relevance of nutrients and mixing depth. Revista Chilena de Historia Natural 75: 377-393.
37. Soto, D., Arismendi, I., González, J., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C., Guzmán, E. & Lara, A. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. Revista Chilena de Historia Natural 79: 97-117.
38. Steinhart G., Likens, G. & Soto, D. 2002. Physiological indicators of nutrient deficiency in phytoplankton in southern Chilean lakes. Hydrobiologia 489: 21-27.
39. Thomasson K. 1955. Studies on South American Freshwater Plankton from Tierra del Fuego and Valdivia. Acta Horti Gotonb., 19: 193-225,
40. Thomasson K. 1963. Araucanian lakes. Plankton studies in North Patagonien with notes on terrestrial vegetation. Acta Phytogeogr. Suec., 47: 1-139.
41. Valdovinos, C. & Pedreros, P. 2007. Geographic variations in shell growth rates of the mussel Diplodon chilensis from temperate lakes of Chile: implications for biodiversity conservation. En: Limnologica. 37: 63-75.

42. Veloso A. 2006. Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile (Eds. Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter y C Ramirez), pp. 73-102. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
43. Vila, I.; Montecinos, V.; Mühlhauser, H. & Cabrera, S. 1986. Diagnóstico y evaluación del potencial biológico de lagos naturales y artificiales de Chile Central. En: Ambiente y Desarrollo. 2 (1): 127-137.
44. Vila, I., Pardo, R., Dyer, B. y Habit, E. 2006. Peces límnicos: diversidad, origen y estado de conservación. En: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile (Eds. Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter y C. Ramírez), pp. 73-102. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
45. Vila, I., Pardo, R., Dyer, B. & Habit, E. 2006. Peces límnicos: diversidad, origen y estado de conservación, p. 73-102. In Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R. & Ramírez, C (eds.), Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria, Chile.
46. Vila I., y R. Pardo 2008. Peces límnicos. En: Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos. 2a Edición. CONAMA Eds. 302–307.
47. Villalobos, L.; Woelfl, S.; Parra, O. & Campos, H. 2003. Lake Chapo: a baseline study of a deep, oligotrophic North Patagonian lake prior to its use for hydroelectricity generation: II. Biological properties. Hydrobiologia. 510: 225-237.
48. Woelfl, S. 2006. Notes on ciliated freshwater protozoa of Chile. Gayana 70: 24-26.
49. Woelfl S., L. Villalobos and O. Parra. 2003. "Trophic parameters and method validation in Lake Riñihue (North Patagonia: Chile) from 1978 through 1997". Revista Chilena de Historia Natural 76(3): 459-474.
50. Woelfl, **S.** 2007. The distribution of large mixotrophic ciliates (*Stentor*) in deep North Patagonian lakes (Chile): first results *Limnologica* 37: 28-36
51. Zelada, S. 2017. Antecedentes y marco conceptual para una gestión sostenible de la calidad de agua en la cuenca del río Bueno, X región de Los Lagos. Chile.

Documentos y/o Informes Técnicos De Proyectos

1. Amphos 21 Consulting Chile Ltda 2012. Informe final Estudio cuencas principales Región de los Ríos. S.I.T. n° 293 Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación. pp. 291.
2. Campos, H. 1995. Determinación de la capacidad de carga en el lago Rupanco, X Región. Informe final proyecto FIP Nº 93-27.
3. Centro EULA-Chile. 2012. "Elaboración de la Guía para la Evaluación Ambiental de Ecosistemas Acuáticos Continentales o Limnología para el SEIA". 2011-2012. Ministerio del Medio Ambiente.
4. Centro EULA-Chile. 2012. "Análisis de fitoplancton en muestras de aguas" agosto 2011 marzo 2012. Informe preparado para la DGA-MOP. 184 pp.
5. Centro Eula-Chile. 2016. Análisis de fitoplancton en muestras de agua. Informe Final. Universidad de Concepción. 79 pp. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas.
6. Centro Eula-Chile. 2017. Análisis de fitoplancton en muestras de agua. Informe Final. Universidad de Concepción. 126 pp. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas.
7. Centro EULA-Chile. 2017. Análisis y formulación red de monitoreo de lagos Región de Los Ríos. Ministerios de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.
8. Centro de Ecología Aplicada (CEA). 2008. Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación crítico. Chile. 193 pp. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas.
9. DGA. Caracterización y Monitoreo de Sistemas Lacustres en Chile. Carlos Salazar & Marco Soto.
10. Cade Idepe. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Informe Final. (Cuenca Río Valdivia y río Bueno) Chile. 362 pp. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas
11. DGA. 2016. Atlas del Agua. 137 pp. Parte 2.
12. Ingeniería y Gestión Ambiental Enlaces SPA.2018. Evaluación de la condición trófica en cuerpos lacustres. S.I.T N°434. Dirección General de Aguas. 275 pp.

13. M&W Ambientales. 2014. Evaluación de la condición trófica de la Red de Control de Lagos de la DGA. realizado por S.I.T. n° 348 Santiago, noviembre 2014, 207 pp.
14. MMA-CEA, 2014. Conservación de Ecosistemas acuáticos continentales y su biodiversidad, implementación de metodología y desarrollo de Herramientas para la planificación, evaluación y priorización de Ecosistemas. Ministerio de Medio Ambiente.
15. MOP-CEA 2014. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas. S.I.T N°347. Dirección General de Aguas. Chile. 212 pp.
16. León Muñoz, J., Tecklin D., Farías A. & S. Díaz. 2007. Salmonicultura en los Lagos del Sur de Chile- Ecorregión Valdiviana. WWF. 44 páginas.
17. Orrego, J.P. 2002. El estado de las aguas terrestres en Chile: cursos y aguas subterráneas Santiago, Chile, Fundación Terram. pp. 69.
18. Poch Ambiental. 2009. Redefinición de la Red Mínima de Lagos, S.I.T. Nº 192 Santiago, Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. pp. 173.
19. Prado, R., Leighton, G., Serey, I., Silva, N., Vega, N. and Escobar, M. 1999. Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno de los lagos Chapo, Yelcho, Popetán y laguna San Antonio en la X Región. Informe final proyecto FIP 97–40.
20. Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía y Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 1998. “Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno del Lago Riñihue”. 1998. Informe Final Proyecto FIP 96-53. 280 pp.
21. Universidad de Concepción y Dirección de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura. 1971-1972. "Estudios Limnológicos del lago Todos los Santos, Prov. Llanquihue".
22. Universidad Austral de Chile. 1998. Estudio Limnológicos de los Lagos Caburgua y Maihue. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Depto. de Estudios y Planificación. 321 pp.

23. Universidad Austral de Chile. 1994-1995. "Determinación de la capacidad de carga y balance de Fósforo y Nitrógeno en el Lago Rupanco, X Región (E)". Proyecto FIPA.
24. Universidad Austral de Chile. 1996-1997. “Determinación de la capacidad de carga y balance de Fósforo y Nitrógeno en el lago Riñihue”. Proyecto FIPA.
25. Universidad Austral de Chile. 2000. Estudio limnológico de los lagos Pirehueico y Neltume". 2000. Dirección General de Aguas Departamento de Estudios y Planificación, Ministerio de Obras Públicas. 258 pp.
26. Universidad Austral de Chile. 2012. Diagnóstico y caracterización del estado trófico del lago Neltume y Pirehueico. Gobierno de Chile Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Aguas. Informe Final realizado por: S.I.T. nº 303 Santiago, diciembre 2012: 90 pp.
27. Universidad Austral de Chile. 2011. Antecedentes para evaluar el impacto económico y social de una Norma Secundaria de Calidad de aguas en el lago Ranco, Cuenca del río Bueno, S.I.T N°239. Dirección General de Aguas.
28. Universidad Austral de Chile. 2011. Antecedentes para evaluar el impacto económico y social de una Norma Secundaria de Calidad de aguas en el lago Maihue, Cuenca del río Bueno, S.I.T N°262. Dirección General de Aguas.
29. Woelfl, S. y colaboradores. Monitoreo complementario de los lagos Ranco y Maihue, Región de los Ríos. 2009. En: Informe técnico. MOP-DGA. 173 pp.

Tesis de pre y postgrado

1. Amsteins Ojeda K.P. 2013. Monitoreo Ambiental participativo y ciencia ciudadana en el Lago Panguipulli: análisis de caso de propuestas para su conservación, región de Los Ríos, Chile. Tesis presentada para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile. 83 pp.
2. Heredia Carrasco, J.M. 2008. Monitoreo y diagnóstico de las aguas superficiales asociadas a la Cuenca Hidrográfica del río Valdivia. Tesis grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. 117 pp.

3. García Boskamp, P. 2006. Dinámica poblacional (abundancia biomasa) de ciliados mixotróficos del género *Stentor* en los Lagos Colico y Caburgua. Distrito de Lagos Araucanos (Nor Patagonia) Sur de Chile. Tesis para optar al grado de Biólogo Marino. Universidad Austral de Chile. 88 pp.

4.3 Elaboración y evaluación de una base de datos fisicoquímicos de datos de columna de agua

4.3.1 Origen y caracterización general de la base de datos (BBDD)

Con respecto a la información disponible, se cuenta con datos físico-químicos para 14 de los 21 lagos, principalmente correspondiente a la información generada por la DGA (y laboratorios externos), IFOP, universidades (UACH, EULA, UVAL etc.) y DIRECTEMAR (POAL) a través de estudios técnicos y programas de monitoreo (Tabla 4). Los lagos Huilipilún, Pellaifa, Pullinque, Huishue, Gemelas, Gris y Constancia no cuentan con información publicada de calidad del agua. El formato de la base de datos Excel (Anexo 6, Carpeta "Base_Datos_Calidad_Agua_LNP") fue consensuado con la contraparte técnica.

Tabla 4. Resumen de la información contenida en las bases de datos físico-químicos de cada uno de los lagos.

LAGO	INFORMACION DISPONIBLE (AÑOS)	FUENTES DE INFORMACIÓN
Colico	1994 – 2018	DGA, UACH
Caburgua	1979 – 2019	DGA, UACH
Huilipilún	Sin información	-
Tinquilco	2015 – 2016	DGA, UACH
Calafquén	1997 – 2015	DGA, EULA

LAGO	INFORMACION DISPONIBLE (AÑOS)	FUENTES DE INFORMACIÓN
Panguipulli	1997 – 2019	DGA, EULA, POAL
Neltume	2013 – 2019	DGA, EULA
Pirihueico	2015	DGA, EULA, UACH
Riñihue	1987 - 2018	DGA, EULA, Campos et al., 1988
Pellaifa	Sin información	-
Pullinque	Sin información	-
Ranco	1976 - 2020	UACH, DGA, POAL, IFOP
Maihue	1996 - 2020	DGA, UACH
Huishue	Sin información	-
Gemelas	Sin información	-
Gris	Sin información	-
Puyehue	2013 - 2019	DGA, EULA, IFOP
Rupanco	1980 - 2019	UACH, DGA, IFOP
Constancia	Sin información	-
Todos Los Santos	1982 - 2015	UACH, DGA
Chapo	1986 - 2019	UACH, DGA, UVAL, IFOP

BBDD IFOP

Respecto a la base de datos IFOP, no se obtuvo para todas las fechas datos sobre temperatura, pH, conductividad y oxígeno, medido en la columna de los lagos. Se dispone de los datos sobre las diferentes fracciones de nitrógeno (amonio, nitrito, nitrato, nitrógeno total) y fósforo (fósforo soluble y total) de los lagos Rupanco, Ranco y Chapo, que fueron analizados por la UACH (LIMNOLAB, Dr. Woelfl) en colaboración con el IFOP.

Adicionalmente se obtuvo a través del MMA la base de datos de IFOP sobre las etapas I-III del *Monitoreo de la especie plaga Didymosphenia geminata en cuerpos de agua de la zona centro sur austral de Chile* (2016-2019). Sin embargo, esta base de datos incluye solamente muestreo de ríos, no de lagos, por lo cual no se incluyó estos datos en la base de datos de esta consultoría.

BBDD POAL

A través del MMA se obtuvo también la BBDD del POAL (Programa De Observacion Del Ambiente Litoral) realizada por la Armada de Chile, que incluye información acerca de los lagos Ranco y Panguipulli. Esta BBDD contiene muchos parámetros muy específicos sobre contaminación orgánica (p.e. Acenafteno, Antraceno, HAPs, naftaleno, hidrocarburos etc.), metales (Al, Hg, Cu, Cd As etc.) y también nutrientes y clorofila a. No obstante, todas las muestras fueron tomadas solamente en superficie en áreas litorales y no representan la totalidad de la columna de agua, por lo cual se decidió no incluir esta BBDD en la evaluación de la calidad (trófica). Sin embargo, esta BBDD está incluida en los archivos Excel de cada lago y puede ser consultada en cualquier momento.

BBDD DGA

El laboratorio de la DGA (LADGA) cambió durante las últimas décadas algunos de sus métodos para determinar N y P, y también comenzó a externalizar los análisis de las fracciones de nitrógeno (especialmente N-Kjeldahl, nitrato, nitrito). El LADGA generalmente analizó los parámetros temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno, transparencia, turbidez, fósforo soluble, fósforo total, sílice, DQO y clorofila a (entre otros parámetros). Respecto a amonio, este parámetro fue determinado en muchas ocasiones en terreno (DGA), igual que el fósforo soluble utilizando fotómetros portátiles (HACH).

A continuación, se presenta los antecedentes recopilados (2010-2020) respecto a los laboratorios encargados de los diferentes análisis, los métodos analíticos utilizados y los límites de detección. Para la década 2000-2010 se revisaron archivadores proporcionados por la DGA, que incluyeron solo información de los años 2003-2004. Para los años 2005-2009 no existía la posibilidad de revisar los protocolos originales. Para los años 2010 en adelante los análisis de N fueron realizados de la siguiente forma:

2010: Todos los análisis los realiza LADGA.

2012: Se comienza a externalizar los análisis de nitrato, nitrito y N Kjeldahl, contratando en verano primero el laboratorio Carlos Latorre S.A. y después para los análisis de primavera el laboratorio EULA. Ambos laboratorios utilizaron diferentes métodos

analíticos con límites de detección muy diferentes, siendo los del laboratorio Carlos Latorre S.A. muy superiores a los del EULA. Al mismo tiempo, la DGA realiza los análisis de nitrito, amonio y fósforo soluble en terreno utilizando equipo portátil HACH. Respecto al análisis mismo, el LAGDA comienza a introducir sistema de control de calidad de los análisis realizados.

2013: Se contrata laboratorio ANAM para los análisis de nitrato, nitrito y N Kjeldahl de los muestreos en primavera. Las muestras de verano las analiza exclusivamente LADGA.

2014: Se contrata laboratorio ANAM para los análisis de nitrato, nitrito y N Kjeldahl. LADGA usa 2 kits diferentes para análisis de amonio con diferentes límites de detección.

2015: Similar a 2014, sin embargo, límite de detección amonio cambia a de 0,010 a 0,030 mg N-NH4/L a pesar del uso del mismo método analítico.

2017/2018: En los informes fracciones de N figuran como "no solicitado".

2019-2020: solo se disponía de los informes de LADGA, pero no de los informes de los laboratorios externos.

Tabla 5. BBDD DGA: Laboratorios encargados de los análisis, método analítico utilizado y límite de detección para las diferentes fracciones de nitrógeno y fósforo. Todas las unidades en mg/L. no real.: análisis no realizado; sin info.: sin información

Laboratorios:

Carlos Latorre S.A.	DGA	ANAM	SGS	EULA

Fecha	N-NO3*		N-NO2*		N-NH4		N kjeldahl	P-PO4	PT	Lagos con Informes de ensayos revisados
2010	Met.salicilato sin info.		sin info. < 0,001		sin info. < 0,01		No real.	HACH M8179 < 0,003	SM 4500-P J. sin info.	Cab.,
2011	Met.salicilato < 0,010		sin info. < 0,006; < 0,001		sin info. < 0,020; < 0,010		No real.	SM 4500-P E < 0,012; < 0,003	SM 4500-P J. < 0,003	Cab., Cal., Cha, Pan, Rin, TlS
2012 verano	ME-16 Electródo específico < 0,300	Salicilato-Na Rodier < 0,010 N	ME-17 = SM 4500-NO2 B	HACH 8507= SM 4500-NO2 B < 0,006 N	ME-17 < 0,050	HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,020	NCh 2313/28 Of98 < 0,100	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P E < 0,012	Cab, Cal, Pan, Ran, Rin
2012 primavera	SM 4110 B Cromotagrafía < 0,005 NO3		SM 4110 B Cromotagrafía < 0,015 NO2	HACH 8507 < 0,006 N	HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,020		NCh 2313/28 Of98 < 0,020 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cal, Pan, Puy, Ran, Rin, Rup.
2013 verano	Salicilato-Na Rodier < 0,010 N		HACH 8507= SM 4500-NO2 B < 0,006 N		sin info. < 0,020; < 0,010		No real.	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cab.
2013 Desde april	SM 4500-NO3-E < 0,010/< 0,003 NO3	Salicilato-Na Rodier < 0,010 N	ME-17-2007 < 0,001 NO2		HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,020		SM 4500-Norg-B-C/NH3-F < 0,001 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Col, Mai, Nel, Puy,Ran, Rup.
2014	SM 4500-NO3-E < 0,010/< 0,003 NO3	Salicilato-Na Rodier < 0,010 N	ME-17-2007 < 0,001 NO2		Hach 10205 salicilato < 0,030 N	HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,020	SM 4500-Norg-B-C/NH3-F < 0,001 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Col, Mai, Nel, Rup, Puy, Ran.

Fecha	N-NO3*	N-NO2*	N-NH4	N kjeldahl	P-PO4	PT	Lagos con Informes revisados
2015	SM 4500-NO3-E < 0,010/< 0,003 NO3	ME-17-2007 < 0,001 NO2	HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,030	SM 4500-Norg-B-C/NH3-F < 0,001 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cha, Col, Mai, Ran, Rup, TdL
2016	SM 4500-NO3-E < 0,010/< 0,003 NO3	ME-17-2007 < 0,001 NO2	HACH 8038 = USEPA-350.2, Nessler < 0,030	SM 4500-Norg-B-C/NH3-F < 0,001 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Col, Mai, Ran, Rup
2017	SM 4500-NO3-E < 0,010/< 0,003 NO3	ME-17-2007 < 0,001 NO2	SM 4500-NH3 F (2005) < 0,016 N	SM 4500-Norg-B-C/NH3-F < 0,001 N	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cab, Cha
2018	SM 4110 B < 0,001 N	SM 4500-NO2-B <0,002 N	SM 4500-NH3 F (2005) < 0,016 N	SM 4500-Norg < 0,020 NKT	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cal, Cha, Col, Pan, Rin
2019	Sin info	Sin info	Sin info	Sin info	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Cab,Nel, Pan, Puy, Rup
2020	LADGA-ITM-21 < 0,050 N	Sin info	Sin info	Sin info	SM 4500-P E < 0,012	SM 4500-P J. < 0,003	Mai, Ran, Pir, Tin

Primero se presenta algunos problemas importantes de la BBDD recopilada, luego se presenta la clasificación de calidad trófica utilizada, seguido por la descripción de la BBDD consolidada y la clasificación trófica de cada lago en base de promedios anuales de los parámetros tróficos.

4.3.2 Problemas con BBDD DGA-Enlace SPA

A este consultor se entregó la base de datos de la DGA, elaborada a través de una consultoría con la empresa ENLACE SPA. Aunque no fue parte de este proyecto, durante una estadía en el laboratorio de la DGA (S.Woelfl) se pudo recopilar información acerca de los protocolos del laboratorio de la DGA (LADGA) - que incluyeron información sobre las curvas de calibración y los controles de calidad – y de los informes de los laboratorios externos (ANAM; EULA etc.) que analizaron en su mayoría las diferentes fracciones de nitrógeno (nitrato, nitrito, amonio, N-Kjeldahl o N total).

Como resumen de esta labor se evidenciaron varios tipos de errores en la BBDD de la DGA (más detalles se destacan más abajo cuando se presenta los resultados para cada lago):

- **Problemas unidades I**: Dependiendo del laboratorio encargado, se reportaron para el mismo parámetro (p.e. nitrato) los valores en diferentes unidades, algunas veces como molécula (p.e. para nitrato: “NO3 mg/L”) y otras veces como el átomo N dentro de la molécula (p.e. “N -NO3 mg/L”). La diferencia entre ambas unidades, en caso de nitrato por ejemplo, es el factor 4,43 veces. Similares errores se encontraron también para nitrito, amonio y fósforo soluble. Se corrigieron estos errores en los master consolidados (Anexo 6, Carpeta “Base_Datos_Calidad_Agua_LNP”).

- **Problemas unidades II**: En varias ocasiones los laboratorios reportaron para un determinado parámetro los valores en diferentes unidades (mg/L; µg/L). En la BBDD se copiaron estos valores sin transformar las diferentes unidades a una sola unidad (generalmente mg/L).

- **Problema omisión de “<” bajo límite de detección:** En muchas ocasiones no se había indicado que el valor correspondía a un valor bajo límite de detección omitiendo poner el signo “<”. Se corrigió este error (generalmente como "<").

- **Problemas de cálculo de N total:** Generalmente se calculó N total en base de nitrato, nitrito, amonio y N Kjeldahl. Por la ausencia del signo "<" L.D. se tomó generalmente este valor (bajo L.D.) como valor real, lo que resultó en una sobreestimación de N total. El problema más grande fue el alto L.D. de amonio (0,020 mg N-NH4/L). Correcto es en la mayoría de los casos asumir "cero" amonio (ya que en ambientes bien oxigenados éste parámetro es generalmente menor a 0,003 mg/L) en los cálculos que realizó la DGA para calcular N total (véase por ejemplo en BBDD Lago Maihue, hoja "Master 1 colores" columna "Nitrógeno total DGA" versus "Nitrógen total M&W Ambiental" en donde se sobreestimó N total al tomar valor L.D. de amonio como valor real). En los casos donde faltó calcular N total, este consultor realizó los cálculos correspondientes.

En base de los informes originales (DGA; laboratorios externos) se solucionaron estos problemas, sin embargo, la información de los laboratorios externos solo estaba disponible para algunos años (2003, 2004, 2010 en adelante).

4.3.3 Resumen de las observaciones más importantes a las BBDDs de cada lago

En los archivos Excel se presentan las BBDD crudas, las observaciones a los datos que llaman la atención por diferentes razones, los criterios de observación y los cambios realizados para obtener finalmente la BBDD consolidada (pestañas “master consolidado”). De este modo se mantiene la trazabilidad de la evaluación de la BBDD. Por petición expresa de la contraparte, se resume aquí para todos los lagos los problemas más comunes de las BBDD de cada lago, que están en forma más detallada indicados en los respectivos archivos Excel del Anexo 6, Carpeta “Base_Datos_Calidad_Agua_LNP” en las pestañas “observaciones”. Como se muestra en la siguiente tabla, los problemas más frecuentes encontrados en las BBDD de los lagos fueron:

- *Falta del signo "<":* para indicar valor bajo límite de detección, recurrente para

todos los lagos.

- *Falta de datos importantes*: se refiere a la falta de datos para determinados parámetros (p.e. nitrógeno total, clorofila a, fósforo total), parcialmente importante para algunos lagos (Ranco, Chapo).
- *Problemas de unidades*: sobre este problema véase arriba, recurrente en varios lagos (Ranco, Maihue, Chapo etc.), está relacionado con los reportes de los laboratorios externos.
- *Límite de detección alto*: problema notorio para amonio en todos los lagos, en algunas ocasiones se observó también para nitrógeno total.
- *Problemas de cálculos*: problemas de cálculos especialmente de N total realizados por consultora ENLACES SPA; está relacionado muchas veces con el error de unidad de nitrato.

En la Tabla 6 se presenta las observaciones más importantes realizadas a las BBDD de los 21 lagos, indicando su frecuencia y ordenadas por las observaciones y valores eliminados de los respectivos parámetros indicando los principales criterios numéricos para eliminar datos. Un completo detalle de la justificación del porqué de la eliminación de los valores se encuentra en la base de datos de cada lago, en la hoja correspondiente a “Observaciones”.

Tabla 6. Observaciones más importantes a las BBDD de 21 lagos del Sur de Chile

Ausente	Escaso	Medianamente frecuente	Frecuente

Lago	Falta signo "<" L.D.	Falta de datos importantes	Problemas de unidades	Límite de detección alto	Problemas de cálculos	Valores eliminados	Explicación valores eliminados
Colico			NO3	NH4	NT Enlaces SPA.	Cond.: > 50 µS/cm, < 20 µS/cm Psol.: > 0,01, PT: según indicaciones DGA	Cond.: valores muy altos y muy bajos. Psol: valores altos. PT:valores dudodos según DGA
Caburgua				NH4	NT Enlaces SPA.	Cond.: > 40 µS/cm, < 30 µS/cm N-NO3: > 0,2 y L.D: 0,113; N-NO2: > 0,02, NKjel.: >0,180; NT: > 0,3 P-PO4: > 0,015 PT: > 0,025	Cond.: valores considerados altos y bajos respecto a los demás obtenidos. N-NO3: valores fuera de lugar (muy altos) y L.D muy alto. N-NO2; NKjel y PT: valores muy altos. P-PO4: valores altos y algunos superan los indicados por PT.
Tinquilco				NH4			
Calafquén		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	N-NO3	N-NH4	NT Enlaces SPA.	N-NH4: >0,02 NH4: >0,02 NT: >1 PT: >1	N-NH4, NH4: L.D muy alto NT, PT: valores muy altos
Panguipulli		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	N-NO3	N-NH4	NT Enlaces SPA.	Turb.: 0 NT: >0,8 P-PO4: valores dudosos hasta 1999 PT: valores	Turb.: valores no reportados en base original. NT: valores muy altos. P-PO4: valores superan los de PT PT: valores extremos.

Lago	Falta signo "<" L.D.	Falta de datos importantes	Problemas de unidades	Límite de detección alto	Problemas de cálculos	Valores eliminados	Explicación valores eliminados
						dudosos hasta 1999	
Neltume		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	N-NO3	N-NH4	NT Enlaces SPA.	Cond.: >60 Turb.: 0,0 NO3: >0,4 N-NH4: >0,02 N kj: >0,4 y <0,01 NT: >0,4 P-PO4: >0,01 PT: >0,010	Cond.; NO3; NT; P-PO4; PT: valores considerados muy altos. Turb.: valores no reportados en base original. N-NH4: L.D muy alto. N kj: valores muy altos y bajos
Pirihueico		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	N-NO3	N-NH4	NT Enlaces SPA.	N-NO3: valor negativo N- NH4: >0,005 PT: >0,04	N-NO3: valor negativo N-NH4: valor muy alto, debe tratarse de amonio PT: valores muy altos
Riñihue		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	NO3, NO2	NH4	NT Enlaces SPA.	Cond.: >50 Turb: 0 no reportados N-NH4: >0,02 P-PO4: valores 1997-1998 PT DGA: >0,1 Clh: >10	Cond.; P-PO4; PT y Clh: valores muy altos Turb.: valores no reportados en base orignal N-NH4: L.D muy alto
Ranco		BBDD IFOP incompleta	NO3, NO2	NH4	NT Enlaces SPA.	Cond.: < ≈50 y > ≈ 75 N-NO3: > 0,2; N-NH4: > 0,03 Psol.: > PT PT: > 0,2 Nkjel.: > 0,55	Cond.: valores incoherentes, muy altos N-NO3; N-NH4; PT, Nkjel.: valores muy altos Psol: valores superiores a PT
Maihue		DGA: NT 2020	NO3, NO2	NH4		N-NO2: > 0,009 Nkjel: > 0,2 NT: > 0,2	N-NO2; Nkjel; NT y PT: valores muy altos Psol: valores mayores a los

Lago	Falta signo "<" L.D.	Falta de datos importantes	Problemas de unidades	Límite de detección alto	Problemas de cálculos	Valores eliminados	Explicación valores eliminados
						Psol.: Psol> PT PT: > 0,02	del PT.
Puyehue		BBDD EULA incompleta (OD, %OD, Turb.)	NO3	NH4	NT Enlaces SPA.	N-NH4: todos los valores DGA P-PO4: todos los valores DGA PT DGA: >0,02	N-NH4; P-PO4 y PT: valores DGA muy altos
Rupanco			NO3	NH4		Cond.: < 31, > 80 Psol.: Psol> PT PT: > 0,025	Cond.: valores muy bajos y altos Psol: valores superan a los de PT PT: valores muy altos
Todos Los Santos			NO3, NO2	NH4		N-NH4: > 0,02 NT EN:> 0,3 PT: > 0,015	N-NH4: valores muy altos NT: valores que no se pudo verificar analiziz realizados PT: valores incoherentes a los demás.
Chapo		N org./N total	NO3, NO2	NH4	NT	Psol.: Psol. > PT, > 0,02 PT: > 0,02	Psol: valores superiores a PT PT: valores muy altos

4.3.4 Clasificación trófica y bases de datos para cada lago

En este capítulo se resume la información recopilada en la base de datos y la evaluación trófica de cada uno de los lagos. Mayores detalles sobre las observaciones respecto a los datos revisados y la forma de consolidar la base de los datos se encuentran descritas detalladamente en los archivos Excel de la carpeta "Base_Datos_Calidad_Agua_LNP" (Anexo 6).

Con el fin de clasificar el estado trófico de los lagos, se describe primero los criterios para elegir los parámetros de clasificación y los valores asociados a cada clase de calidad. Luego se aplica dicha clasificación para evaluar la calidad de agua de cada lago por año y por períodos elegidos según la cantidad de datos disponibles, pero mínimo para los últimos 5 años.

4.3.4.1 Clasificación de calidad de agua

Luego de consolidar la BBDD de cada lago se evaluó la calidad de agua para cada uno de estos. Siendo que todos los lagos se localizan en el Sur de Chile, la amenaza más importante sobre la calidad de agua es la eutroficación, debido a la actividad humana predominante (turismo, acuicultura, ganadería, agricultura, actividad forestal) en las cuencas de los lagos, que aportaría en primer lugar nitrógeno y fósforo a los lagos. Por esta razón se evaluó solo parámetros tróficos, es decir transparencia, nitrógeno y fósforo total y clorofila a.

Para establecer los rangos de la clasificación trófica, se consultó la literatura científica, en particular la clasificación de la OECD (1982) que resume detallados estudios de lagos templados del hemisferio norte, y la clasificación trófica de los lagos de Nueva Zelanda (Burns *et al.,* 2006). Estos últimos lagos son muy similares a los lagos templados (monomícticos) del Sur de Chile, por lo cual se estima esta clasificación como un buen ejemplo a seguir. Cabe mencionar, que la clasificación propuesta en la "Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (en adelante Guía NSCA) del MMA (2017) se basa en una revisión de Smith *et al.,* (1999) sobre lagos del hemisferio norte, por lo tanto, su clasificación es bastante similar a

la clasificación de la OECD (1982). La gran diferencia entre los lagos templados del hemisferio norte y del hemisferio sur consiste en la muy baja concentración de nitrógeno en general, que es por lo menos cuatro veces más bajo en los lagos de Chile y Nueva Zelanda, resultando muchas veces en una limitación por nitrógeno, mientras en el hemisferio norte fósforo es el nutriente limitante más importante. Esta diferencia se evidencia en los distintos valores de N total para la evaluación trófica de ambas clasificaciones.

Tabla 7. Clasificación de lagos templados según Smith et al., 1999 (MMA, 2017).

Guía para la Elaboración de
Normas Secundarias de Calidad Ambiental
EN AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS

Tabla 6: Características del estado trófico en lagos, ríos y aguas marinas (Fuente: Smith et al., 1999).

	Trophic state	TN (mg m^{-3})	TP (mg m^{-3})	chl *a* (mg m^{-3})	SD (m)
Lakes	Oligotrophic	< 350	< 10	< 3.5	> 4
	Mesotrophic	350 - 650	10 - 30	3.5 - 9	2 - 4
	Eutrophic	650 - 1200	30 - 100	9-25	1-2
	Hypertrophic	> 1200	> 100	> 25	< 1

Tabla 8. Valores límites para la clasificación trófica de lagos según diferentes autores: a) lagos templados hemisferio norte: OCDE, 1982, b) lagos Nueva Zelanda: Burns et al. 2006. c) datos de tabla 6 Guía NSCA MMA (corresponde a Smith 1999). Las celdas amarillas indican los valores orientadores tomados para la propuesta de clasificación de los lagos del Sur de Chile (Tabla 9).

Categoría trófica	**Transparencia media (m)**		**Clorofila a media (µg/L)**		**P-total media (µg /L)**		**N-total media (µg /L)**	
Fuente	a	b	a	B	a	b	c	b
Ultra-oligotrófico	> 12	> 15	< 1,0	< 0.82	< 4,0	< 4,1	-	< 73
Oligo-trófico	> 6	15-7,8	< 2,5	0,82-2,0	< 10,0	< 9	< 350	73 - 157
Meso-trófico	6 – 3	7,8-3,6	2,5-8	2,0-5,0	10 - 35	9 - 20	350-650	157-337
Eutrófico	3 – 1,5	3,6 - 1,6	8 - 25	5,0-12	35 - 100	20 - 43	650 - 1200	337-725
Hipereutrófico	< 1,5	< 1,6	> 25	> 12	> 100	> 43	> 1200	> 725

En la Tabla 9 se presenta finalmente la propuesta para clasificar el estado trófico de lagos del Sur de Chile, que se orienta principalmente a la clasificación de Burns et al. (2006) para los lagos de Nueva Zelanda (transparencia, N y P total) y la de la OECD (1982) para los lagos templados del hemisferio norte (clorofila a). En el caso de clorofila a se optó tomar los valores un poco más altos de la OECD, porque se evidenció también en los lagos araucanos blooms de algas ocasionales siendo aún oligotróficos (p.e. Lago Ranco, Maihue)

Tabla 9. Clasificación del estado trófico propuesta para lagos Nor-patagónicos del Sur de Chile (elaboración propia).

Parámetro	Unidad	Ultra oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Transparencia	m	> 15[b]	8 – 15[b]	4 – 8[b]	2 – 4[b]	< 2[b]
Clorofila a	µg/L	< 1[a]	1 - 2,5[a,b]	2,5 – 8[a]	8 – 25[a]	> 25[a]
P total	mg/L	< 0,004[a]	0,004- 0,009[b]	0,009-0,020[b]	0,020-0,043[b]	> 0,043[b]
N total	mg/L	< 0,075[a]	0,075 - 0,15[b]	0,15 - 0,35[b]	0,35 - 0,7[b]	> 0,7[b]

[a] equivalente a clasificación de lagos templados de hemisferio norte (OECD 1982)
[b] equivalente a clasificación de lagos de Nueva Zelanda (Burns et al. 2005)

4.3.4.2 Calidad de agua del lago Colico

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Colico consiste en datos provenientes de la UACH (Dr.Campos: 1994, 1995; Dr. Woelfl: 2001) y del monitoreo de la DGA (2013-2018) (Tabla 10). La UACH muestreó solamente en una estación central (Sector Centro), mientras la DGA tomó muestras en 3 estaciones lacustres (Sector Centro; Sector Bahía Trafampulli; Sector Puerto Colico) en el lago y hasta en dos estaciones de ríos (Río Trafampulli; Río Curaco).

Tabla 10. Resumen BBDD físicos/químicos disponibles en el lago Colico.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1994	2	1	28
UACH	1995	10	1	90
UACH	2001	4	1	38
DGA	2013	2	5	40
DGA	2014	1	3	12
DGA	2015	2	5	31
DGA	2016	1	5	19
DGA	2018	2	5	21
			TOTAL	**279**

El archivo *Colico MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *UACH original 2001*: datos de UACH en el año 2001 (S.Woelfl)
- *Información General DGA*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 2013-2016
- *Base de Datos ENLACES in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA 2013-2016
- *Base Datos Nutrientes ENLACES*: tabla sobre datos de nutrientes DGA 2013-2016
- *DGA 26-2-18*: Datos nuevos DGA

- *MASTER 1 crudo color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención: significado de colores:
  Encabezados: celeste: celdas originales BBDD ENLACE
  Amarillo/naranjo: columnas agregadas por consultor en diferentes etapas del estudio
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro que se destaca en colores en las hojas Master 1 y 2
- *MASTER 2 consolidado*: es MASTER 1, pero sin colores, solo con texto, hoja vinculada a Master 1
- *MASTER 3 Parametros troficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *Tabla resumen*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos

Dentro de la hoja OBSERVACIONES se establecieron para cada parámetro un rango de valores esperados según las mediciones disponibles y las características generales (p.e. nivel trófico, temperatura, conductividad eléctrica) del cuerpo de agua y la coherencia de los valores desde el punto de vista limnológica (p.e. perfil vertical, evolución temporal). Respecto a los problemas encontrados en la BBDD original se puede consultar la Tabla 6 ya presentada en 4.3.3 más arriba.

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2013-2018 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 15 se muestra además para el período 2013-2018 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con solo 7 muestreos desde 2013, pero se considera suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico

- Todos los parámetros tróficos indican una muy buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico o incluso ultraoligotrófico
- Valores altos solo excepcionalmente en caso de N total (podría ser problema analítico), P total (0,010-0,014 mg/L) y clorofila a (máximo: 4,34 µg/L))

Tabla 11. Lago Colico: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2013-2018, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/L)	DS	FósforoTotal (mg/L)	DS	Clorofila a (µg/L)	DS
1994	16,5 (2)	1,7	0,038 (16)	0,019	0,002 (17)	0,001	0,67 (14)	0,45
1995	18,5 (7)	3,4	0,042 (60)	0,021	0,002 (60)	0,001	0,52 (71)	0,32
2001	18,5 (4)	4,4	0,033 (35)	0,018	0,004 (36)	0,003	0,88 (36)	0,88
2013	16,5 (6)	2,6	0,087 (36)	0,015	0,003 (36)	0,001	0,36 (36)	0,22
2014	10,8 (2)	0,4	0,061 (12)	0,013	(0)	0,000	0,61 (12)	0,53
2015	13,0 (5)	2,9	0,061 (30)	0,023	(0)	-	1,38 (30)	1,39
2016	10,7 (3)	2,5	0,059 (16)	0,021	0,005 (16)	0,001	1,20 (16)	0,53
2018	12,3 (6)	2,0	0,177 (7)	0,046	0,008 (17)	0,003	0,48 (17)	0,38
2013-2018	13,2 (22)	2,7	0,079 (101)	0,040	0,005 (69)	0,003	0,80 (111)	0,89
Mínimum	9,0	-	0,010	-	0,003	-	0,000	-
Percentil 50	12,8	-	0,072	-	0,004	-	0,43	-
Percentil 80	15,5	-	0,093	-	0,006	-	1,24	-
Percentil 90	17,0	-	0,105	-	0,008	-	2,04	-
Percentil 95	17,5	-	0,150	-	0,010	-	2,80	-
Máximum	18,0	-	0,240	-	0,014	-	4,34	-

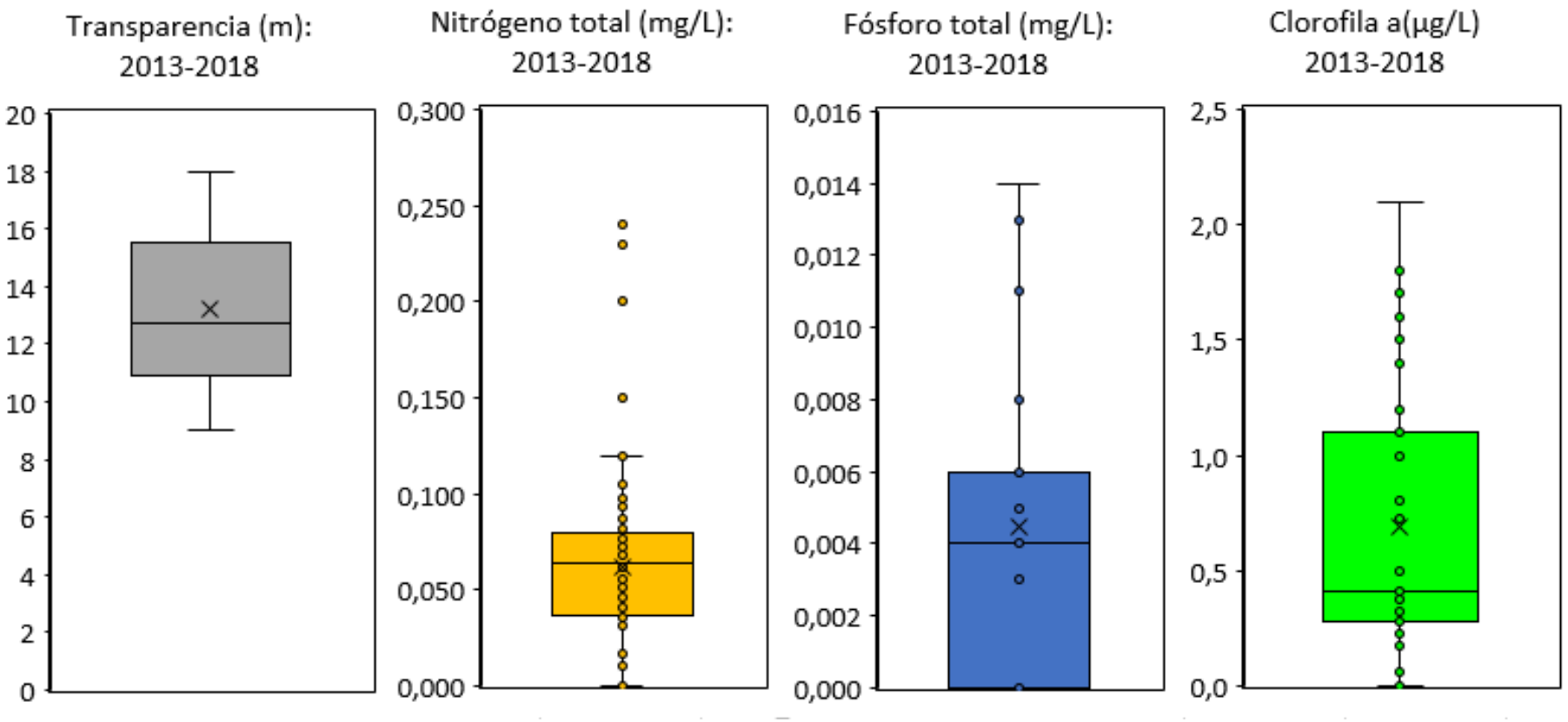


Figura 15. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Colico 2013-2018.

4.3.4.3 Base de datos lago Caburgua

Descripción general base de datos

La base de datos del lago Caburgua consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH (1979, 1997, 1998, 2001) y del monitoreo de la DGA (2001-2019 con algunas interrupciones). La UACH muestreó solamente en una estación central (Centro), mientras la DGA tomó muestras en 3 estaciones lacustres (Sector Norte; Sector Centro; Sector Desagüe) en el lago y una estación lótica (Río Blanco). La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 12).

Tabla 12. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Caburgua.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1979	6	1	12
UACH	1997	3	2	42
UACH	1998	1	2	14
UACH	2001	4	1	37
DGA	2001	4	3	48
DGA	2002	4	3	48
DGA	2003	4	3	24
DGA	2004	4	3	48
DGA	2005	4	3	48
DGA	2006	4	3	48
DGA	2007	4	3	36
DGA	2008	4	3	36
DGA	2009	4	3	48
DGA	2010	1	3	13
DGA	2011	1	1	6
DGA	2012	1	2	6
DGA	2013	1	1	5
DGA	2017	2	2	8
DGA	2019	2	2	11
			TOTAL	**538**

El archivo *Caburgua MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *UACH 1997*: datos de UACH del año 1997 (H.Campos)
- *UACH 2001*: datos de UACH del año 2001 (S.Woelfl)
- *Información General DGA*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 2013-2016
- *Base de Datos in situ DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Base Datos Nutrientes DGA*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *Master 1*: BBDD crudos original
- *MASTER 2 crudo color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 3 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 4 Parametros troficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Dentro de la hoja OBSERVACIONES se establecieron para cada parámetro un rango de valores esperados según las mediciones disponibles y las características generales (p.e. nivel trófico, temperatura, conductividad eléctrica) del cuerpo de agua y la coherencia de los valores desde el punto de vista limnológica (p.e. perfil vertical, evolución temporal). Respecto a los problemas encontrados en la BBDD original se puede consultar la Tabla 6 ya presentada en 4.3.3 más arriba.

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2011-2019 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y

clorofila a. En la Figura 16 se muestra además para el período 2011-2019 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con solo 7 muestreos desde 2011, pero se considera suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico
- Todos los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (transparencia, PT) o incluso ultraoligotrófico (clorofila a)
- Se observan solo algunos valores levemente mesotróficos de P total (0,010-0,011 mg/L), nitrógeno total y clorofila a (máximo: 4,0 µg/L)

Tabla 13. Lago Caburgua: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2011-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	FósforoTotal (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
1979	(0)	-	(0)	-	0,008 (10)	0,003	(0)	-
1997	12,8 (3)	5,3	(0)	-	0,009 (28)	0,006	2,1 (21)	1,231
1998	16,1 (1)	-	(0)	-	0,005 (10)	0,002	1,0 (7)	0,415
2001	11,8 (8)	1,5	(0)	-	0,004 (35)	0,002	1,2 (35)	0,927
2002	14,9 (9)	2,7	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	11,9 (6)	1,4	0,076 (25)	0,038	(0)	-	1,0 (25)	0,616
2004	12,2 (11)	3,5	0,097 (31)	0,077	0,005 (24)	0,002	1,1 (12)	1,212
2005	13,9 (10)	2,3	0,112 (32)	0,072	0,011 (30)	0,006	1,2 (26)	0,667
2006	11,4 (12)	2,7	0,216 (48)	0,065	0,011 (29)	0,004	1,7 (48)	1,162
2007	16,3 (9)	3,9	(0)	-	0,007 (37)	0,003	1,8 (37)	1,222
2008	13,6 (7)	1,3	(0)	-	0,007 (34)	0,003	0,8 (34)	0,567
2009	14,3 (12)	2,1	(0)	-	0,006 (46)	0,003	0,7 (56)	0,526
2010	17,5 (3)	2,7	(0)	-	0,014 (13)	0,004	0,5 (13)	0,346
2011	21,5 (1)	-	(0)	-	0,006 (5)	0,003	0,2 (5)	0,106
2012	20,5 (1)	-	(0)	-	0,005 (5)	0,001	0,5 (5)	0,333
2013	13,0 (1)	-	(0)	-	0,004 (5)	0,001	1,3 (5)	1,532
2017	10,8 (2)	3,9	0,073 (6)	0,049	0,006 (6)	0,002	0,9 (6)	0,700

2019	10,0 (2)	2,1	(0)	-	0,007 (10)	0,003	0,6 (10)	0,467
2011-2019	13,8 (7)	5,4	0,073 (6)	0,049	0,006 (10)	0,003	0,68 (32)	0,77
Mínimum	8,0	-	0,020	-	0,003	-	0,10	-
Percentil 50	13,0	-	0,065	-	0,005	-	0,42	-
Percentil 80	19,1	-	0,089	-	0,008	-	1,01	-
Percentil 90	20,9	-	0,125	-	0,010	-	1,15	-
Percentil 95	21,2	-	0,143	-	0,011	-	1,68	-
Maximum	21,5	-	0,161	-	0,011	-	4,0	-

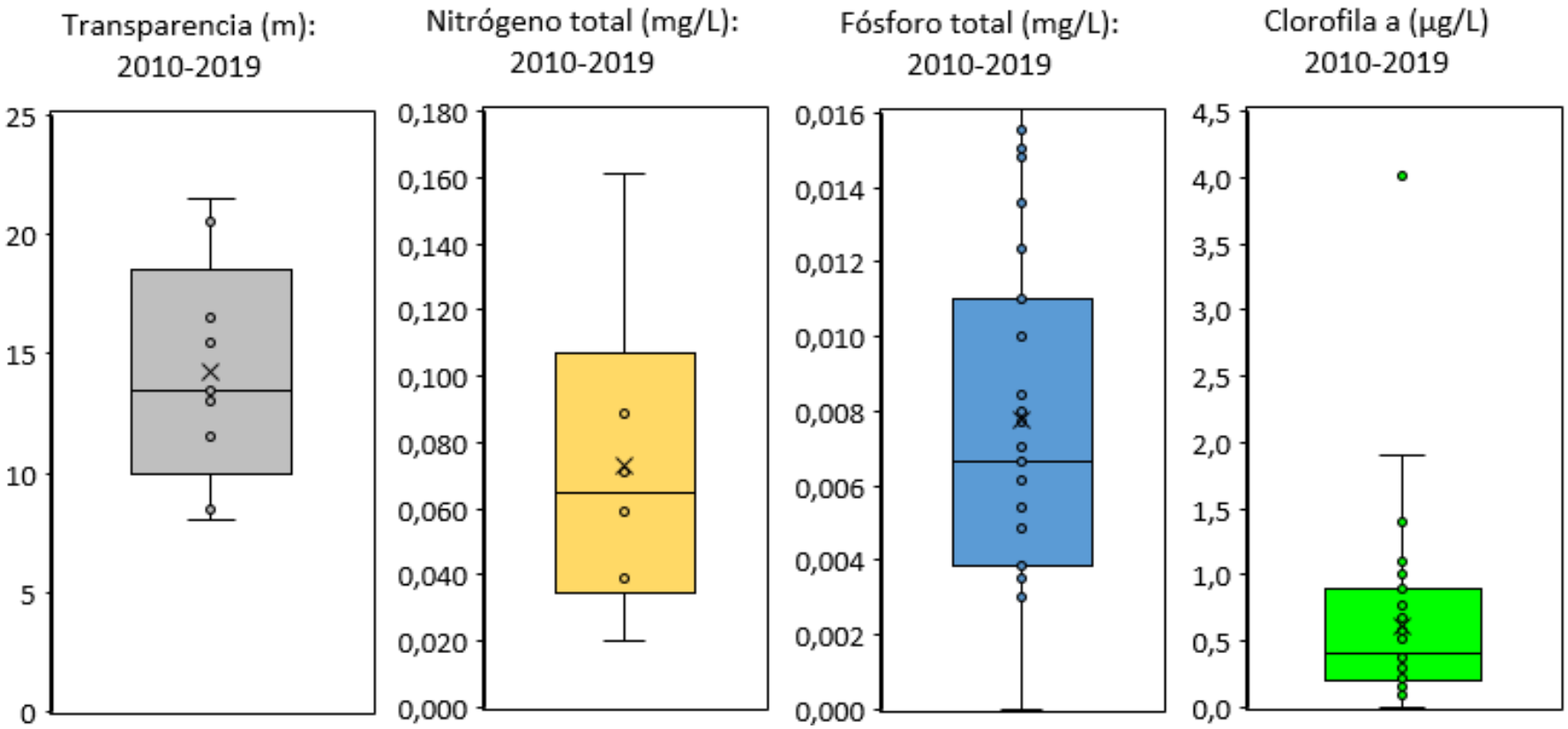


Figura 16. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Caburgua 2011-2019.

4.3.4.4 Base de datos lago Tinquilco

Descripción general base de datos

La base de datos del lago Tinquilco consiste en datos provenientes de dos muestreos de la UACH (2015, 2016) y de un muestreo de la DGA en 2020 durante verano. Se muestreó solamente en una estación central. La cantidad de muestras fue en total 29 (Tabla 14).

Tabla 14. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Tinquilco.

Origen Datos	**Año**	**N° Muestreos**	**N° Estaciones**	**N° muestras**
UACH	2015	1	1	6
UACH	2016	2	1	20
DGA	2020	1	1	3
			TOTAL	**29**

El archivo *Tinquilco MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *UACH 2015 2016*: datos UACH del año 2015 y 2016
- 250220 DGA: datos DGA
- *MASTER 1 color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *Gráficos*: resumen y gráficos Box-Whiskers de parámetros tróficos
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 2 consolidado) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2015-2016 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 17 se muestra además la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Es un lago pequeño, de poca profundidad (25 m), pero estratificado. Solo se realizaron 4 muestreos desde 2015, dos por la UACH y dos por la DGA
- Todos los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico
- Sin embargo, se observan algunos valores levemente mesotróficos de P total (0,010-0,017 mg/L).
- En una ocasión se midió durante estratificación baja concentración de oxígeno. El lago tiene un pequeño volumen de hipolimnion y por lo tanto es vulnerable de procesos de degradación de materia orgánica e disminución de oxígeno en la profundidad.

Tabla 15. Lago Tinquilco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2015-2016, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
2015	15 (1)	-	0,078 (6)	0,003	0,008 (6)	0,001	(0)	-
2016	12 (1)	-	0,079 (19)	0,011	0,007 (22)	0,004	1,04 (3)	0,37
2015-2016	13,5 (2)	2,1	0,078 (25)	0,010	0,007 (28)	0,004	1,04 (3)	0,37
Mínimum	12,0	-	0,066	-	0,003	-	0,61	-

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
Percentil 50	13,5	-	0,078	-	0,007	-	1,24	-
Percentil 80	14,4	-	0,082	-	0,008	-	1,25	-
Percentil 90	14,7	-	0,082	-	0,010	-	1,25	-
Percentil 95	14,9	-	0,086	-	0,016	-	1,25	-
Maximum	15,0	-	0,119	-	0,017	-	1,25	-

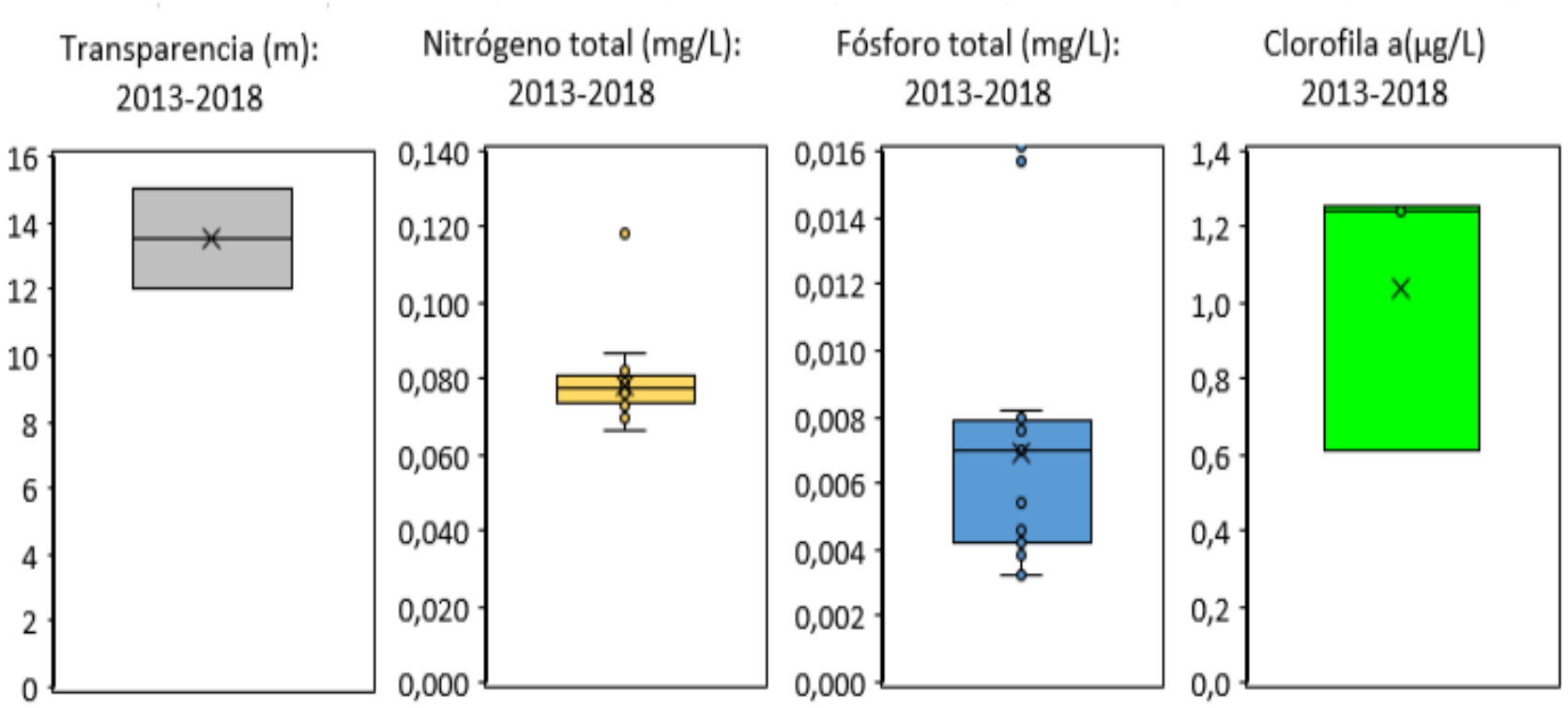


Figura 17. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Tinquilco 2015-2016.

4.3.4.5 Base de datos lago Calafquén

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Calafquén corresponde a datos provenientes de diferentes estudios realizados por la DGA, la cual incluye tanto estaciones de monitoreo en el lago como en los principales tributarios. Entre los años 1997-2009 los muestreos contemplaron 3 a 4 profundidades por estación, en los años 2011-2012 se consideraron 6 y el año 2015, 5 profundidades (Tabla 16).

Tabla 16. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Calafquén.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
DGA	1997	4	3	43
DGA	1998	4	3	50
DGA	2001	2	3	18
DGA	2002	4	3	36
DGA	2003	4	3	36
DGA	2004	4	3	36
DGA	2005	4	3	36
DGA	2006	4	3	36
DGA	2007	3	3	27
DGA	2008	4	3	36
DGA	2009	4	3	25
DGA	2011	3	3	43
DGA	2012	2	3	36
EULA	2015	3	7	105
			TOTAL	**563**

El archivo *Calafquén MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 1997-2012
- *Base de Datos in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA

- *Base Datos Nutrientes*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *Master 1 color*: BBDD crudos original
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 3 Parámetros tróficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos

Evaluación trófica

En la Tabla 17 se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2009-2018 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 18 se muestra además para el período 2009-2018 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con 19 muestreos desde 2009, lo que se considera suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico
- Todos los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (transparencia) o incluso ultraoligotrófico (clorofila a).
- Se observan solo algunos valores levemente mesotróficos de P total (0,010-0,018 mg/L), en monitoreos realizados entre el año 2000 - 2009.

Tabla 17. Lago Calafquén: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2015, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
1997	9.4 (9)	2.7	(0)	-	0.013 (37)	0.016	1.17 (37)	0.52
1998	11.1 (12)	2.7	(0)	-	0.005 (36)	0.003	1.29 (36)	1.16
2001	12.7 (6)	2.1	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2002	10.6 (11)	2.3	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	10.3 (11)	1.1	0.064 (18)	0.025	0.004 (9)	0.002	1.28 (17)	0.86
2004	13.3 (12)	2.3	0.056 (36)	0.032	0.013 (9)	0.001	1.38 (18)	1.09
2005	12.1 (12)	2.7	0.100 (36)	0.058	0.018 (36)	0.009	0.93 (36)	0.75
2006	11.8 (11)	3.7	0.166 (27)	0.048	0.013 (33)	0.008	0.51 (36)	0.24
2007	14.6 (8)	2.6	(0)	-	0.010 (27)	0.003	0.71 (27)	0.26
2008	12.4 (10)	2.8	(0)	-	0.008 (27)	0.003	1.36 (27)	1.23
2009	10.6 (11)	2.6	(0)	-	0.009 (18)	0.002	0.89 (27)	0.45
2011	11.8 (6)	2.3	(0)	-	0.005 (27)	0.003	0.76 (27)	0.71
2012	10.3 (6)	4.2	0.066 (16)	0.026	0.010 (34)	0.003	0.62 (33)	0.23
2015	12.0 (21)	2.6	0.052 (100)	0.037	0.004 (103)	0.003	(0)	-
2009-2015	11.4 (44)	2.8	0.054 (116)	0.036	0.006 (182)	0.004	0.75 (87)	0.5
Mínimum	4	-	0.010	-	0.003	-	0.14	-
Percentil 50	11.1	-	0.050	-	0.004	-	0.67	-
Percentil 80	13.3	-	0.080	-	0.009	-	1	-
Percentil 90	15	-	0.100	-	0.011	-	1.3	-
Percentil 95	15.9	-	0.120	-	0.013	-	1.5	-
Maximum	17	-	0.140	-	0.022	-	3.05	-

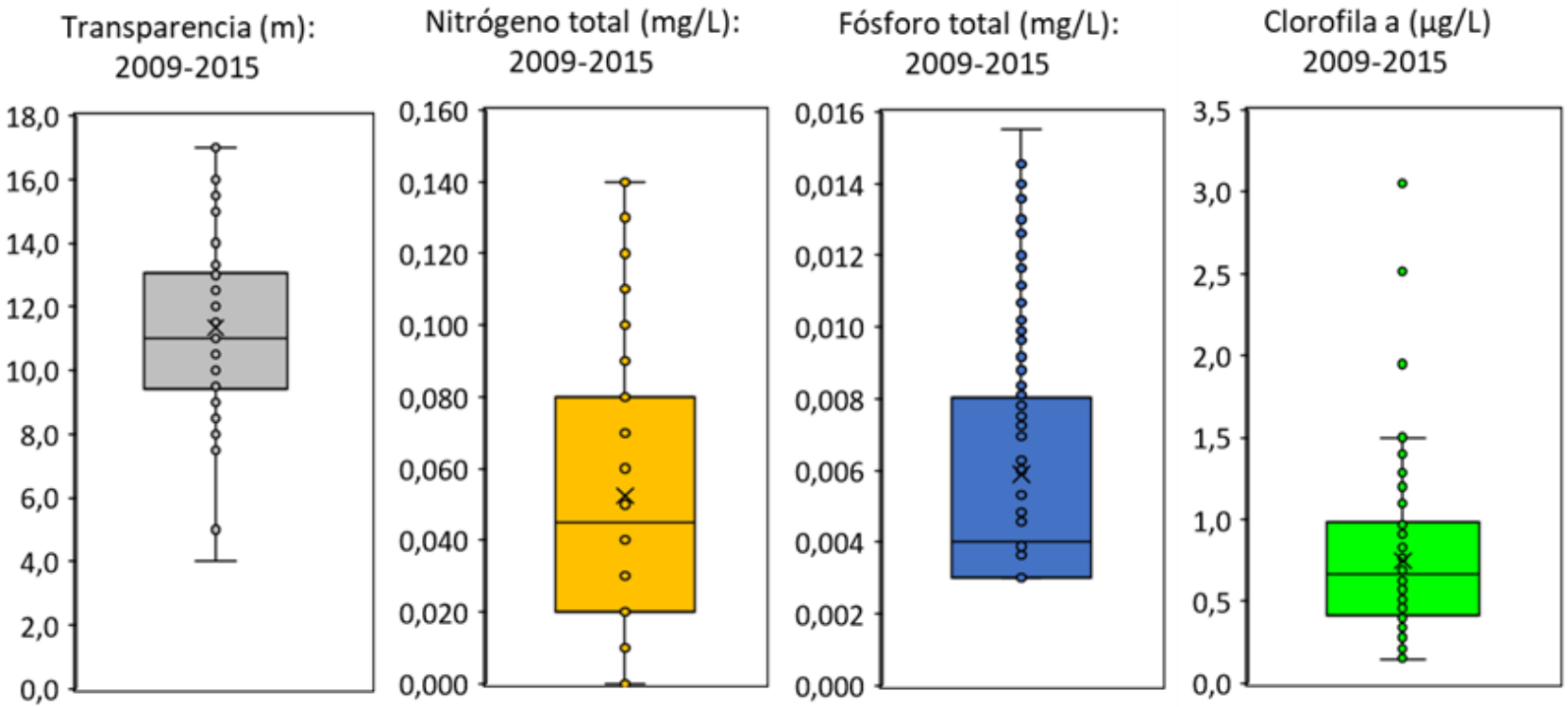


Figura 18. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Calafquén 2009-2015.

4.3.4.6 Base de datos lago Panguipulli

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Panguipulli corresponde a datos provenientes de diferentes estudios realizados por la DGA, la cual incluye tanto estaciones de monitoreo en el lago como en los principales tributarios. Entre los años 1997-2009 los muestreos contemplaron 3 a 4 profundidades por estación, y a partir del año 2011 se contemplan 5 profundidades (Tabla 18).

Tabla 18. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Panguipulli.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
DGA	1997	4	3	37
DGA	1998	4	3	40
DGA	1999	4	3	39
DGA	2000	4	3	44
DGA	2001	4	3	33
DGA	2002	4	3	34
DGA	2003	3	3	26
DGA	2004	4	3	34
DGA	2005	4	3	33
DGA	2006	4	3	32
DGA	2007	3	3	24
DGA	2008	4	3	32
DGA	2009	4	3	32
DGA	2011	2	1	9
DGA	2012	2	1	12
EULA	2015	7	3	105
DGA	2018	1	3	12
POAL	2019	2	3	6
DGA	2019	2	3	25
			TOTAL	**609**

El archivo *Panguipulli MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 1997-2012
- *Base de Datos in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA 1997-2015
- *Base Datos Nutrientes*: tabla sobre datos de nutrientes DGA 1997-2015
- *MASTER 1 crudo color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención: significado de colores:
  Encabezados: celeste: celdas originales BBDD ENLACE
  Amarillo/naranjo: columnas agregadas por consultor en diferentes etapas del estudio
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro que se destaca en colores en las hojas Master 1 y 2
- *MASTER 2 consolidado*: es MASTER 1, pero sin colores, solo con texto, hoja vinculada a Master 1
- *MASTER 3 Parámetros tróficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *Tabla resumen*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2009-2019 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 19 se muestra además para el período 2009-2019 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con 18 muestreos desde 2009, lo que se considera suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico

- Los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar mayoritariamente valores típicos de un lago oligotrófico (Transparencia y clorofila a).
- Se observan solo algunos valores levemente mesotróficos de P total (0,010-0,018 mg/L), en monitoreos realizados entre el año 2000 - 2009.

Tabla 19. Lago Panguipulli: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
1997	8,0 (11)	1,9	0,083 (4)	0,043	0,008 (37)	0,004	1,58 (36)	0,78
1998	11,2 (12)	2,0	0,119 (5)	0,006	0,004 (38)	0,002	1,48 (36)	0,85
1999	8,8 (10)	1,2	(0)	-	0,004 (17)	0,001	0,71 (8)	0,32
2000	11,4 (12)	3,5	0,106 (14)	0,084	(0)	-	(0)	-
2001	9,9 (12)	3,0	0,100 (10)	0,056	(0)	-	(0)	-
2002	10,5 (11)	3,5	0,146 (16)	0,068	(0)	-	(0)	-
2003	9,4 (9)	2,1	0,081 (9)	0,025	0,004 (9)	0,001	(0)	-
2004	11,1 (12)	2,4	0,069 (11)	0,041	0,007 (22)	0,005	2,66 (8)	0,71
2005	11,4 (12)	2,7	0,204 (6)	0,129	0,016 (29)	0,007	1,06 (29)	0,83
2006	11,1 (12)	3,2	0,217 (4)	0,085	0,009 (28)	0,004	1,45 (32)	0,67
2007	10,7 (8)	2,6	0,060 (5)	0,057	0,008 (24)	0,002	1,65 (24)	0,86
2008	12,0 (12)	3,4	0,158 (6)	0,261	0,006 (24)	0,001	1,90 (24)	1,53
2009	9,5 (11)	2,5	(0)	-	0,008 (16)	0,002	2,11 (31)	2,16
2011	11,0 (2)	4,2	(0)	-	0,004 (9)	0,002	0,47 (9)	0,42
2012	14,0 (2)	4,9	(0)	-	0,010 (12)	0,005	0,84 (12)	0,25
2015	9,9 (29)	3,0	0,063 (97)	0,037	0,003 (99)	0,000	0,35 (98)	0,31
2018	8,8 (10)	0,3	(0)	-	0,006 (10)	0,001	(0)	-
2019	9,5 (26)	2,4	(0)	-	0,009 (26)	0,007	1,10 (26)	1,05
2009-2019	9,7 (80)	2,6	0,063 (97)	0,037	0,005 (172)	0,004	0,81 (176)	1,21
Mínimum	5,2	-	0,010	-	0,003	-	0,09	-
Percentil 50	9	-	0,060	-	0,003	-	0,44	-
Percentil 80	12	-	0,090	-	0,007	-	1,10	-

Percentil 90	12,6	-	0,120	-	0,010	-	1,46	-
Percentil 95	14,3	-	0,130	-	0,012	-	2,53	-
Maximum	17,5	-	0,150	-	0,039	-	8,70	-

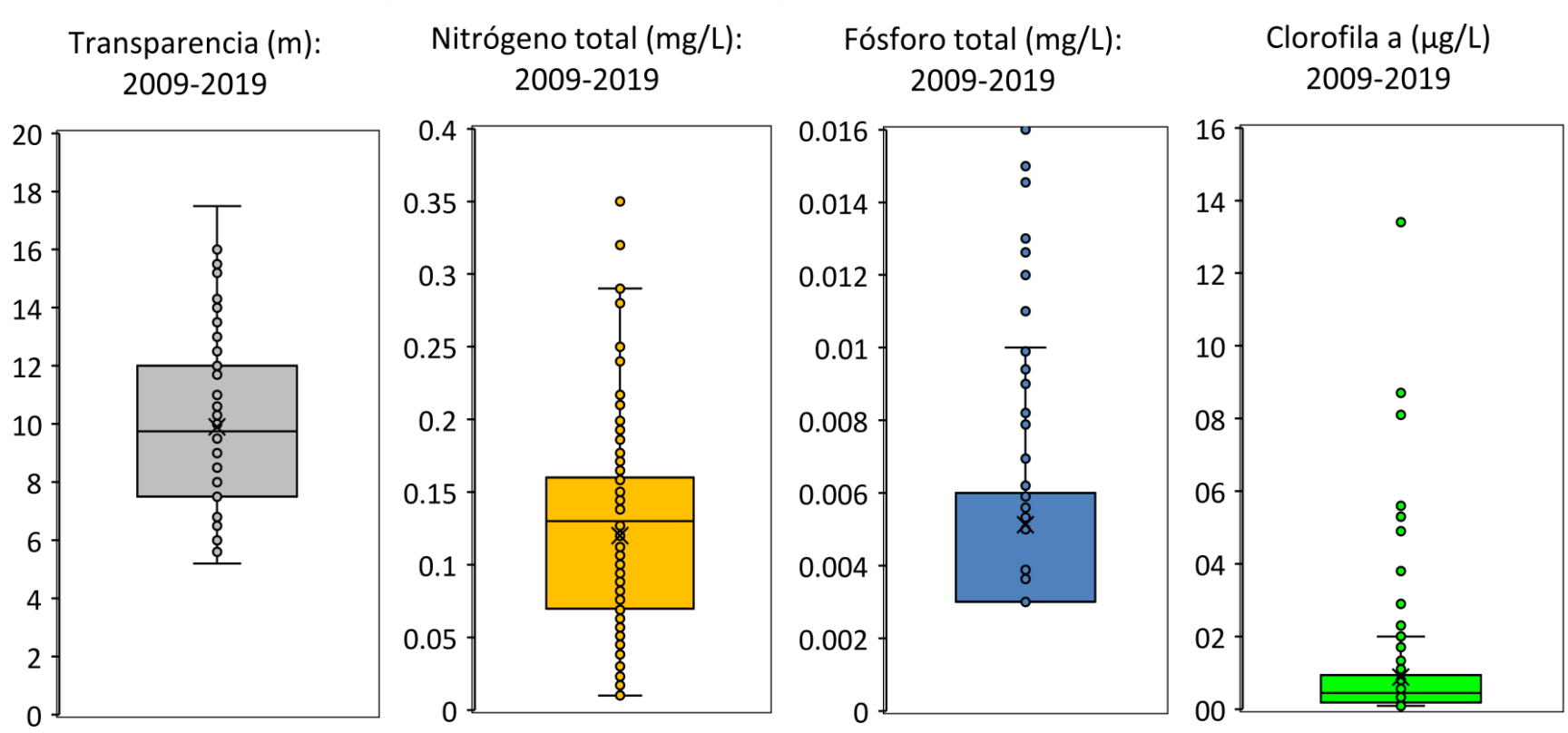


Figura 19. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Panguipulli 2009-2019.

4.3.4.7 Base de datos lago Neltume

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Neltume corresponde a datos provenientes de diferentes estudios realizados por la DGA, la cual incluye tanto estaciones de monitoreo en el lago como en los principales tributarios. El monitoreo del lago considera el muestreo de 5 profundidades por estación (Tabla 20).

Tabla 20. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Neltume.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
DGA	2012	1	1	5
DGA	2013	3	1	15
DGA	2014	2	1	10
EULA	2015	7	3	105
DGA	2019	2	1	10
			TOTAL	**145**

El archivo *Neltume MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 2013-2019
- *Base de Datos in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA 2012-2019.
- *Base Datos Nutrientes*: tabla sobre datos de nutrientes DGA2012-2019.
- *Master 1 color*: BBDD crudos original
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 3 Parámetros tróficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2.

- *MASTER 3 Parámetros tróficos 2*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de calcular percentiles y elaborar gráficos.
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a.
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos.

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2012-2019 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 20 se muestra además para el período 2012-2019 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con 9 muestreos desde 2012, pero se considera suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico.
- Todos los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (PT, NT) o incluso ultraoligotrófico (clorofila a)
- Se observan solo algunos valores levemente mesotróficos de transparencia (promedio 7,4 m)

Tabla 21. Lago Neltume: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2012-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
2012	9.0 (1)	-	0.075 (5)	0.026	0.009 (5)	0.001	0.75 (4)	0.42
2013	7.3 (3)	0.3	0.033 (10)	0.034	0.006 (8)	0.003	0.92 (15)	0.64

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
2014	8.0 (1)	-	0.019 (4)	0.011	(0)	-	0.85 (5)	0.46
2015	(0)	-	0.085 (101)	0.055	0.004 (102)	0.001	0.21 (104)	0.19
2019	6.3 (2)	1.1	(0)	-	0.007 (10)	0.001	1.08 (10)	1.23
2012-2019	7.4 (7)	1.1	0.078 (120)	0.055	0.004 (125)	0.002	0.39(138)	0.53
Mínimum	5.5	-	0.010	-	0.003	-	0.20	-
Percentil 50	7.5	-	0.033	-	0.007	-	0.79	-
Percentil 80	7.9	-	0.064	-	0.008	-	1.35	-
Percentil 90	8.4	-	0.095	-	0.010	-	1.68	-
Percentil 95	8.7	-	0.108	-	0.010	-	2.41	-
Maximum	9.0	-	0.109	-	0.011	-	3.80	-

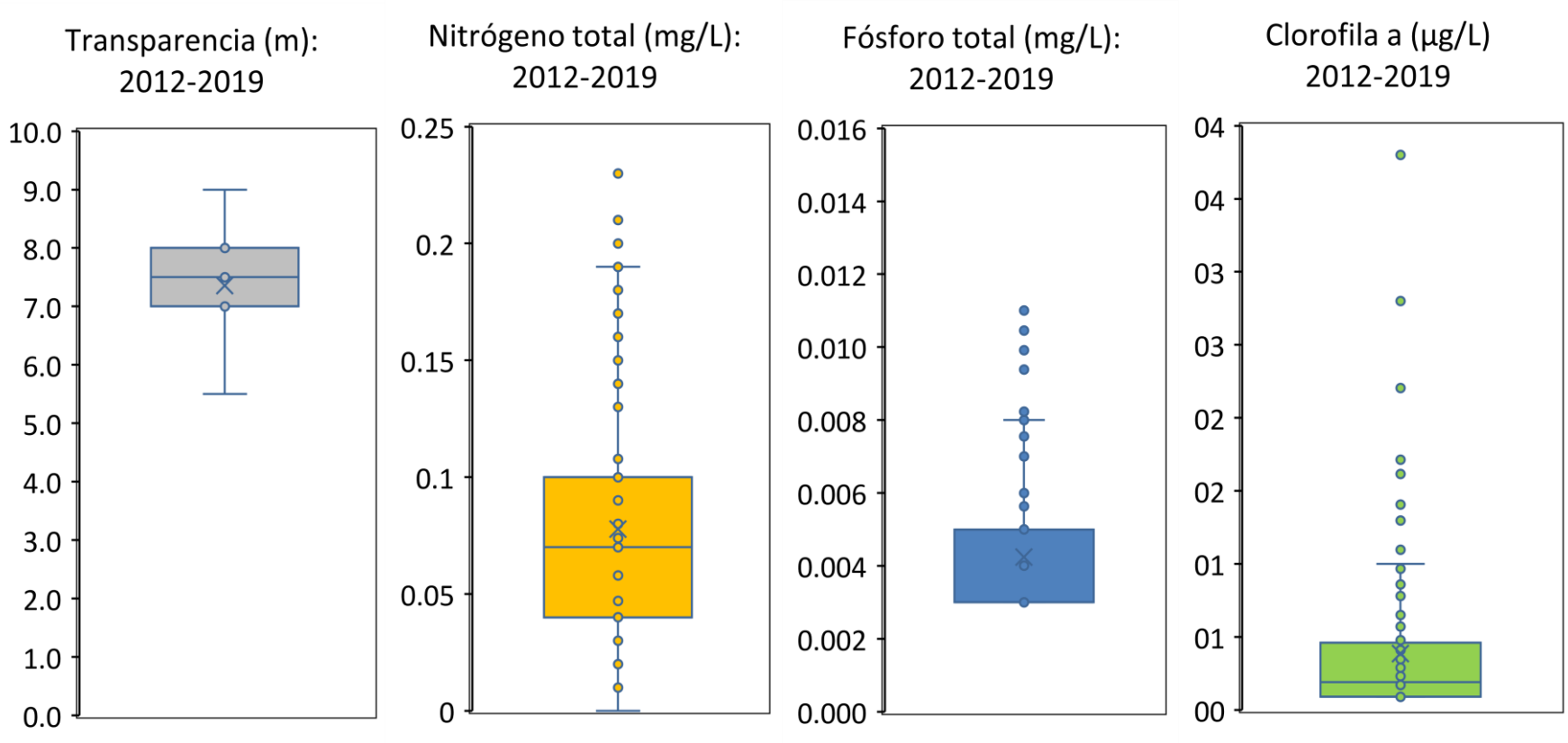


Figura 20. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Neltume 2012-2019.

4.3.4.8 Base de datos lago Pirihueico

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Pirihueico corresponde a datos provenientes de diferentes estudios realizados por la DGA, la cual incluye tanto estaciones de monitoreo en el lago como en los principales tributarios. El monitoreo del lago considera el muestreo de 5 profundidades por estación (Tabla 22).

Tabla 22. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Pirihueico.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH/Campos	1975	8	S.I.	32
UACH/Campos	1976	3	S.I.	16
DGA/UACH	1991	8	1	96
DGA/UACH	1992	7	1	56
UACH/Campos	1998	3	3	101
UACH/Campos	1999	1	3	65
UACH/Woelfl	2002	1	1	1
UACH/Woelfl	2012	1	2	21
EULA	2015	7	3	105
DGA	2020	1	1	2
			TOTAL	**495**

S.I.: Sin información

El archivo *Pirihueico MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base datos Pirihueico*: mediciones de parámetros in-situ DGA 1991-1999
- *Fitoplancton: tabla registros fitoplanton 1998-1999*
- *Zooplancton: tabla registros zooplanton 1998- 2012*
- *Químicos UACH (DGA)*: datos de UACH/DGA desde año 1991-1999.
- *Datos crudos DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Master (DGA)*: datos de UACH/Woelfl 1975-2012.
- *EULA*: base datos EULA 2015
- *Master 1 crudo color*: BBDD crudos original

- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 3 Parámetros tróficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos.

Evaluación trófica

En la Tabla 23 se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 1999-2020 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 21 se muestra además para el período 1999-2020 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con 11 muestreos desde 1999, así que se considera con suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico.
- Todos los parámetros tróficos indican una excelente calidad al presentar la mayoría de los valores de un lago oligotrófico y ultraoligotrófico (transparencia, NT, PT y clorofila a).

Tabla 23. Lago Pirihueico: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 1999-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia		NT mg/L		PT mg/L		Clorofila a µg/L	
1991	16,2 (10)	3,9	0,023 (9)	0,011	0,019 (12)	0,047	0,60 (96)	0,24

Año	Transparencia		NT mg/L		PT mg/L		Clorofila a µg/L	
1992	17,4 (4)	1,3	0,039 (7)	0,025	0,005 (6)	0,001	0,62 (56)	0,30
1998	16,5 (9)	1,9	0,089 (45)	0,036	0,004 (45)	0,002	0,77 (38)	0,27
1999	20,5 (3)	0,9	0,034 (15)	0,010	0,008 (15)	0,001	0,62 (12)	0,40
2002	16,6 (1)	-	(0)	-	(0)	-	0,60 (1)	-
2012	10,0 (2)	0,0	0,043 (27)	0,008	0,007 (27)	0,002	0,75 (16)	0,32
2015	11,0 (21)	2,9	0,040 (101)	0,024	0,003 (100)	0,001	0,26 (103)	0,22
2020	(0)	-	(0)	-	(0)	-	0,89 (2)	0,29
1999-2020	12,2 (27)	4,1	0,040 (143)	0,021	0,005 (142)	0,002	0,36 (134)	0,31
Mínimum	7	-	0,010	-	0,003	-	0,09	-
Percentil 50	12	-	0,040	-	0,003	-	0,24	-
Percentil 80	16	-	0,060	-	0,006	-	0,61	-
Percentil 90	18	-	0,070	-	0,008	-	0,88	-
Percentil 95	21	-	0,080	-	0,009	-	1,07	-
Maximum	21	-	0,100	-	0,013	-	1,40	-

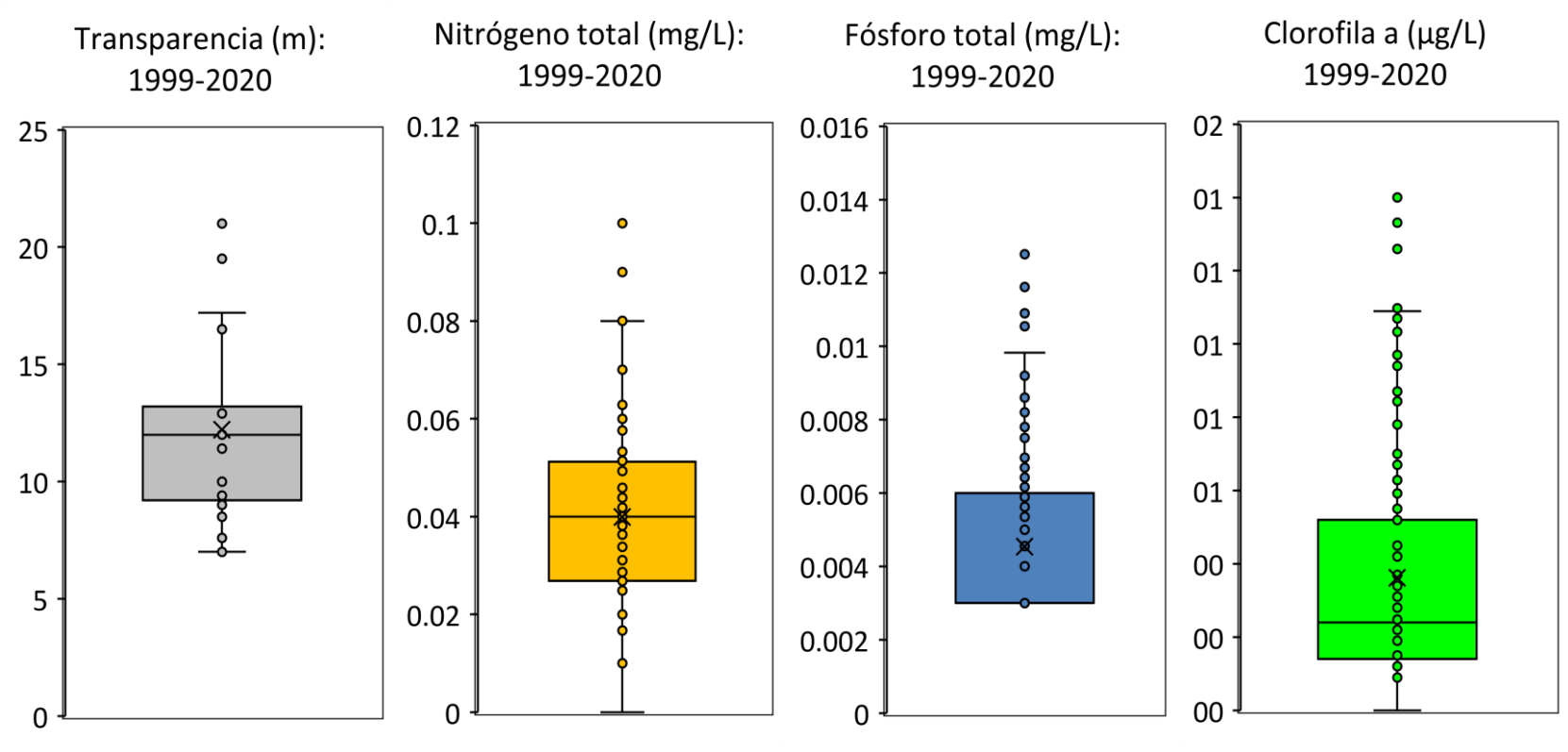


Figura 21. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Pirihueico 1999 - 2020.

4.3.4.9 Base de datos lago Riñihue

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Riñihue consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH y del monitoreo de la DGA. El número de estaciones generalmente es de 3, con 4 y 5 profundidades de muestreo en todas las estaciones (Tabla 24).

Tabla 24. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Riñihue.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1987	3	3	45
DGA	1987	3	3	72
UACH	1988	1	2	11
DGA	1988	1	3	13
DGA	1989	1	2	7
DGA	1990	3	3	31
DGA	1991	3	3	30
DGA	1992	1	1	1
DGA	1993	3	3	32
DGA	1994	4	3	44
DGA	1995	3	3	32
DGA	1996	4	3	37
DGA	1997	4	3	44
DGA	1998	4	3	44
DGA	2001	3	3	33
DGA	2002	4	3	40
DGA	2003	4	3	42
DGA	2004	4	3	44
DGA	2005	4	3	44
DGA	2006	4	3	44
DGA	2007	3	3	33
DGA	2008	4	3	44
DGA	2009	4	3	44
DGA	2011	2	3	24
DGA	2012	2	3	25
EULA	2015	7	3	105
DGA	2018	1	3	13
			TOTAL	**978**

El archivo *Riñihue MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 1987-2012
- *Base de Datos in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA 1987- 2015
- *Base Datos Nutrientes*: tabla sobre datos de nutrientes DGA 1987- 2015
- *Master 1crudo color*: BBDD crudos original
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 3 Parametros troficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: contiene para cada año promedio de parámetros (vinculados con Master 3) tróficos: transparencia, NT, PT y clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Gráficos*: presenta valores y gráficos Box-whiskers parámetros tróficos

Evaluación trófica

En la Tabla 25 se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2009-2018 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 22 se muestra además la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con el segundo mayor rango temporal de información histórica, con muestreos realizados a partir de 1987 por Campos et al. (1988).
- Lago con 16 muestreos desde 1999, así que se considera con suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico.

- Todos los parámetros tróficos indican una excelente al presentar valores típicos de un lago oligotrófico y ultraoligotrófico.

Tabla 25. Lago Riñihue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2009-2018, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia	DS	NT mg/L	DS	PT mg/L	DS	Clorofila a ug/L	DS
1987	12,7 (18)	1,1	(0)	-	0,002 (72)	0,00	1,35 (72)	0,88
1988	16,0 (6)	3,2	0,004 (8)	0,005	0,005 (16)	0,00	1,57 (24)	3,73
1990	9,2 (3)	0,6	0,012 (4)	0,002	0,007 (21)	0,016	1,01 (22)	0,62
1991	9,5 (3)	0,0	(0)	-	0,006 (26)	0,006	2,05 (26)	1,48
1993	11,2 (6)	2,2	(0)	-	0,010 (21)	0,005	1,82 (21)	1,26
1994	11,6 (11)	1,0	0,013 (4)	0,003	0,010 (40)	0,004	0,93 (40)	0,43
1995	9,2 (9)	1,3	(0)	-	0,007 (31)	0,004	1,36 (31)	0,54
1996	11,2 (8)	2,0	0,010 (4)	0,00	0,006 (29)	0,003	1,27 (26)	0,52
1997	9,1 (11)	1,6	0,010 (4)	0,00	0,008 (33)	0,004	1,29 (30)	0,63
1998	9,8 (6)	2,0	0,013 (4)	0,002	0,007 (40)	0,002	1,05 (36)	0,71
2001	13,4 (9)	2,5	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2002	10,9 (11)	2,2	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	14,0 (12)	3,2	0,055 (18)	0,041	(0)	-	(0)	-
2004	11,9 (11)	1,7	0,046 (21)	0,029	(0)	-	1,05 (10)	0,36
2005	11,0 (12)	2,2	0,071 (34)	0,05	(0)	-	1,57 (33)	1,1
2006	10,4 (12)	1,7	0,141 (31)	0,036	(0)	-	1,09 (44)	0,74
2007	12,4 (9)	1,6	(0)	-	(0)	-	1,72 (33)	1,31
2008	13,8 (12)	4,3	(0)	-	(0)	-	2,08 (33)	2,32
2009	9,3 (12)	2,9	0,010 (4)	0,000	(0)	-	1,10 (44)	1,08
2011	11,9 (23)	2,6	0,040	-	(0)	-	0,58 (15)	0,32
2012	15,8 (25)	5,7	0,134 (5)	0,076	(0)	-	1,16 (16)	1,10
2015	10,5 (21)	2,3	0,049 (101)	0,030	0,004 (105)	0,001	0,28 (105)	0,29
2018	(0)	-	(0)	-	0,007 (13)	0,001	(0)	-
2009-2018	12,4 (81)	4,5	0,054 (125)	0,038	0,004 (132)	0,002	0,58 (180)	0,77
Mínimum	4,0	-	0,010	-	0,003	-	0,09	-
Percentil 50	12,0	-	0,050	-	0,003	-	0,29	-
Percentil 80	13,5	-	0,080	-	0,005	-	0,88	-
Percentil 90	18,5	-	0,106	-	0,006	-	1,31	-
Percentil 95	24,5	-	0,118	-	0,007	-	2,48	-
Maximum	24,5	-	0,250	-	0,009	-	4,10	-

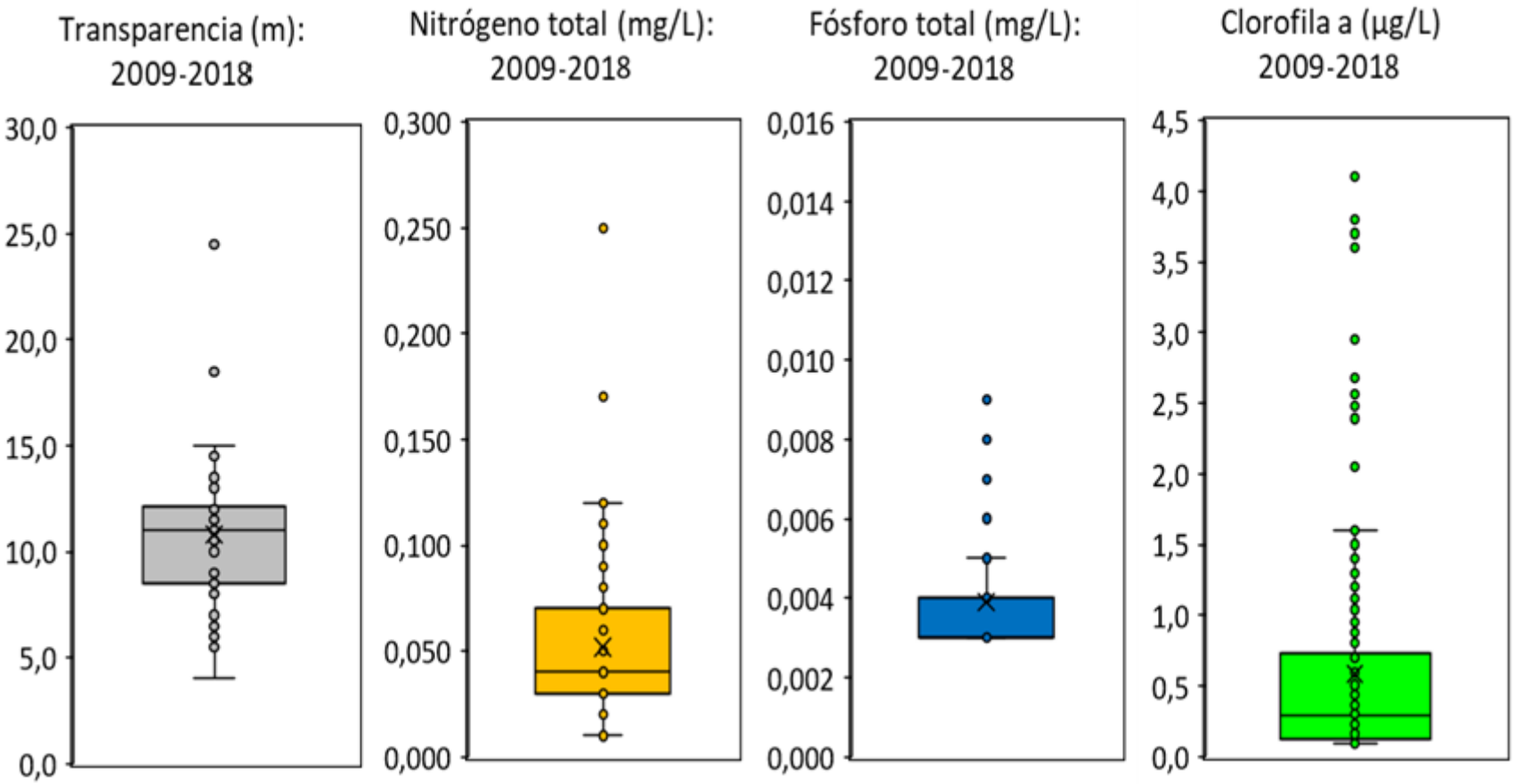


Figura 22. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Riñihue 2009 - 2018.

4.3.4.10 Base de datos lago Ranco

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Ranco consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH, IFOP y del monitoreo de la DGA. La cantidad de estaciones varía entre una hasta 5 estaciones. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 26).

Tabla 26. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Ranco.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1976	5	1	24
UACH	1977	9	1	36
UACH	1982	6	1	60
UACH	1983	5	1	50
UACH	1987	3	4	48
DGA	1987	3	3	30
UACH	1988	1	4	20
DGA	1988	4	3	40
UACH	1989	4	5	96
DGA	1989	3	3	30
UACH	1990	3	3	55
DGA	1990	3	3	30
UACH	1991	3	5	30
DGA	1991	3	3	30
UACH	1992	1	5	15
DGA	1993	3	3	30
DGA	1994	4	3	40
DGA	1995	3	3	30
DGA	1996	3	3	30
DGA	1997	4	3	40
DGA	1998	2	3	20
DGA	2001	4	3	40
DGA	2002	4	3	40
DGA	2003	4	3	40
DGA	2004	4	3	40
DGA	2005	4	3	40
DGA	2006	4	3	40
DGA	2007	4	3	40
DGA	2008	4	3	40
UACH	2008	2	4	110

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
DGA	2009	4	3	40
UACH	2009	1	4	52
UACH	2010	10	4	323
UACH	2011	1	3	29
DGA	2012	2	2	17
DGA	2013	2	2	22
DGA	2014	2	3	56
IFOP	2014	1	5	34
DGA	2015	2	2	24
DGA	2016	2	2	18
IFOP	2016	1	5	34
IFOP	2017	1	5	36
IFOP	2019	2	5	47
DGA	2020	1	2	12
			TOTAL	**1958**

El archivo *Ranco MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Datos UACH historicos*: datos de UACH (H.Campos)
- *Información General DGA*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base de Datos in situ DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Base Datos Nutrientes DGA*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *POAL crudo*: BBDD de Poal original
- *POAL trabajado*: BBDD POAL ordenada
- *POAL excluido*: parámetros excluidos de BBDD POAL
- *POAL final*: BBDD Poal final, no se incluye en Master 1
- *IFOP*: BBDD IFOP
- *UACH 2008 adelante*: BBDD UACH desde año 2008 en adelante.
- *MASTER 1 color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor

- *MASTER 3 Parametros troficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: promedios de parámetros tróficos
- *Gráficos*: resumen y gráficos Box-Whiskers de parámetros tróficos
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Laboratorios L.D. Method*: información acerca de métodos, límites de detección y laboratorios involucrados

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2014-2020 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves: transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 23 se muestra además para el período 2014-2020 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con una BBDD bastante grande y suficiente para realizar una evaluación robusta de su estado trófico
- Todos los parámetros tróficos indican una muy buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (transparencia, PT) o incluso ultraoligotrófico (NT, clorofila)
- Sin embargo, se observa también algunos valores elevados/altos en ocasiones, principalmente verano, con blooms de algas que causan disminución de transparencia (mínimum: 3 m) y aumento de clorofila a (8,86 µg/L).

Tabla 27. Lago Ranco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2014-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/L)	DS	Fósforo Total (mg/L)	DS	Clorofila a µg/L	DS
1976	11,6 (6)	2,1	(0)	-	(0)	-	0,40 (14)	0,37
1977	12,3 (8)	2,3	(0)	-	(0)	-	0,23 (25)	0,20
1982	10,6 (6)	3,3	(0)	-	0,003 (29)	0,001	0,76 (46)	0,55
1983	14,5 (5)	1,2	(0)	-	0,007 (25)	0,005	0,78 (40)	0,29
1987	13,0 (21)	2,7	(0)	-	0,003 (87)	0,000	1,16 (87)	0,82
1988	17,6 (7)	1,0	(0)	-	0,004 (29)	0,000	0,29 (29)	0,09
1989	12,7 (3)	0,6	(0)	-	0,010 (79)	0,002	0,60 (87)	0,24
1990	12,8 (6)	2,6	(0)	-	0,012 (110)	0,013	0,97 (63)	0,52
1991	10,7 (3)	0,6	(0)	-	0,013 (62)	0,016	1,08 (30)	0,42
1992	(0)	-	(0)	-	0,006 (15)	0,002	(0)	-
1993	12,2 (6)	0,8	(0)	-	0,006 (30)	0,004	1,17 (20)	0,87
1994	12,5 (10)	1,9	(0)	-	0,008 (40)	0,006	1,84 (40)	3,36
1995	12,5 (9)	3,0	(0)	-	0,006 (30)	0,005	1,00 (30)	0,71
1996	15,1 (9)	2,1	(0)	-	0,005 (10)	0,002	0,73 (30)	0,66
1997	9,8 (12)	2,3	(0)	-	(0)	-	1,14 (39)	0,62
1998	12,6 (6)	1,5	(0)	-	(0)	-	1,26 (20)	0,52
2001	14,7 (9)	2,6	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2002	15,7 (11)	3,0	(0)	-	0,006 (8)	0,001	0,60 (16)	0,5
2003	16,3 (9)	4,5	0,063 (30)	0,027	0,012 (20)	0,004	0,63 (18)	0,3
2004	16,1 (8)	2,4	0,071 (40)	0,055	0,010 (40)	0,007	0,73 (24)	0,4
2005	16,3 (12)	3,8	0,053 (40)	0,032	0,011 (19)	0,008	1,23 (40)	1,3
2006	13,1 (12)	3,3	0,216 (20)	0,079	0,014 (30)	0,009	0,63 (40)	0,4
2007	13,9 (9)	2,5	(0)	-	0,007 (30)	0,002	1,01 (30)	0,9
2008	17,5 (16)	4,0	0,033 (102)	0,016	0,008 (115)	0,002	0,50 (60)	0,5
2009	12,8 (13)	2,8	0,065 (52)	0,020	0,005 (82)	0,003	1,58 (54)	1,2
2010	17,9 (33)	3,9	0,040 (330)	0,010	0,005 (329)	0,002	0,81 (188)	0,8
2011	20,7 (3)	4,2	0,048 (29)	0,008	0,005 (29)	0,001	0,42 (17)	0,3
2012	12,0 (4)	1,2	0,072 (6)	0,017	(0)	-	1,07 (16)	0,5
2013	15,1 (4)	3,3	0,014 (12)	0,007	0,008 (11)	0,002	0,36 (23)	0,2
2014	10,2 (11)	2,0	0,057 (45)	0,028	0,008 (53)	0,011	0,58 (69)	0,4
2015	10,9 (4)	0,3	0,039 (24)	0,014	0,012 (12)	0,002	3,45 (24)	1,8
2016	9,8 (6)	3,3	0,049 (57)	0,031	0,006 (45)	0,003	0,79 (50)	0,6
2017	4,6 (5)	0,9	0,042 (35)	0,007	0,005 (35)	0,000	0,72 (36)	1,4
2019	(0)	-	0,043 (47)	0,005	0,005 (46)	0,001	0,39 (12)	0,3
2020	17,1 (4)	3,6	(0)	-	0,006 (24)	0,003	0,40 (23)	0,2
2014-2020	10,2 (30)	4,1	0,047 (208)	0,022	0,006 (215)	0,006	0,94 (214)	1,3

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/L)	DS	Fósforo Total (mg/L)	DS	Clorofila a µg/L	DS
Mínimum	3,0	-	0,001	-	0,003	-	0,06	-
Percentil 50	10,5	-	0,044	-	0,005	-	0,53	-
Percentil 80	12,1	-	0,063	-	0,007	-	0,99	-
Percentil 90	14,9	-	0,073	-	0,008	-	2,10	-
Percentil 95	18,0	-	0,084	-	0,011	-	3,99	-
Maximum	20,5	-	0,192	-	0,086	-	8,86	-

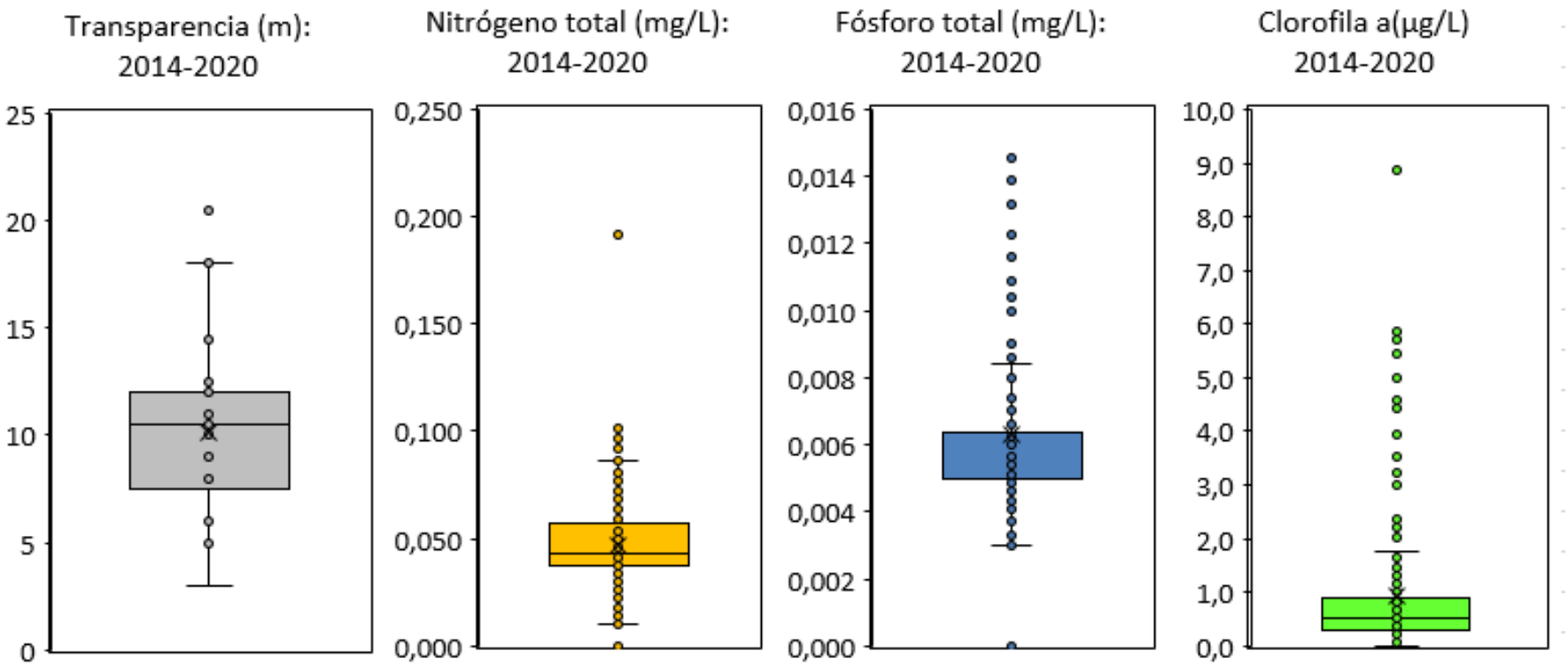


Figura 23. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Ranco 2014-2020.

4.3.4.11 Base de datos lago Maihue

Descripción general base de datos

La base de datos del lago Maihue consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH, IFOP y del monitoreo de la DGA. La cantidad de estaciones varía entre una hasta 5 estaciones. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 28).

Tabla 28. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Maihue.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1996	1	2	30
UACH	1997	4	2	42
UACH	1998	1	2	9
DGA	2001	4	2	29
DGA	2002	4	2	38
DGA	2003	4	2	32
DGA	2004	4	2	30
DGA	2005	4	2	32
DGA	2006	4	2	36
DGA	2007	3	2	27
DGA	2008	4	2	53
UACH	2008	1	1	26
DGA	2009	3	5	36
UACH	2009	1	1	13
DGA	2010	1	2	8
UACH	2010	1	6	24
DGA	2011	3	2	27
UACH	2011	9	6	260
UACH	2012	1	2	22
DGA	2013	2	5	20
DGA	2014	1	5	10
DGA	2015	2	1	15
DGA	2016	2	1	9
DGA	2020	1	5	10
			TOTAL	**838**

El archivo *Maihue MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base de Datos in situ*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Base Datos Nutrientes*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *UACH*: BBDD de la UACH
- *MASTER 1 colores*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *Master 3 parametros tróficos:* parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Promedios:* promedios de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Gráficos:* gráficos de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Evaluación trófica

En la Tabla 29 se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2010-2020 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 24 se muestra además para el período 2010-2020 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con pocos muestreos en los últimos 5 años. Desemboca en lago Ranco.
- Todos los parámetros tróficos indican una muy buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (transparencia, P total) o incluso ultraoligotrófico (N total, clorofila).

- Sin embargo, se han reportado blooms de algas en verano causando ocasionalmente elevados valores de clorofila a y disminución de transparencia. Esto ya ha sido observado en los años anteriores a 2000.

Tabla 29. Lago Maihue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2010-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total mg/L	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
1996	(0)	-	0,049 (30)	0,019	0,005 (30)	0,002	1,14 (12)	0,83
1997	5,6 (6)	3,108	0,087 (41)	0,043	0,007 (42)	0,003	1,09 (12)	0,58
1998	17,0 (2)	1,414	0,103 (9)	0,019	0,007 (9)	0,002	0,39 (2)	0,04
2001	9,7 (8)	3,218	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2002	7,7 (8)	2,324	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	11,6 (8)	3,730	0,062 (24)	0,038	0,004 (8)	0,001	1,38 (8)	1,14
2004	9,7 (8)	4,978	0,064 (28)	0,023	0,010 (14)	0,002	0,91(23)	0,77
2005	10,1 (8)	2,341	0,084 (24)	0,053	0,016 (24)	0,008	0,88 (24)	0,82
2006	6,8 (8)	2,314	0,178 (15)	0,023	0,011 (29)	0,006	0,78 (34)	1,47
2007	10,1 (14)	3,959	0,052 (26)	0,016	0,007 (80)	0,002	1,23 (62)	1,51
2009	6,2 (7)	4,394	0,055 (40)	0,026	0,006 (40)	0,002	1,35 (33)	2,71
2010	15,5 (3)	1,039	0,038 (26)	0,015	0,005 (26)	0,001	0,66 (19)	0,50
2011	13,1 (23)	3,069	0,051 (245)	0,016	0,006 (220)	0,001	1,11 (163)	0,98
2012	8,8 (1)	-	0,051 (22)	0,011	0,007 (13)	0,001	0,33 (16)	0,42
2013	10,0 (2)	0,000	0,071 (12)	0,036	0,007 (12)	0,004	0,46 (12)	0,29
2014	9,0 (2)	0,000	0,046 (6)	0,014	0,006 (5)	0,001	0,72 (12)	0,80
2015	9,5 (2)	0,707	0,038 (12)	0,015	0,010 (6)	0,004	5,70 (12)	5,32
2016	12,8 (1)	-	0,031 (6)	0,017	0,005 (6)	0,000	0,79 (12)	0,59
2020	10,3 (2)	3,182	(0)	-	0,009 (12)	0,006	0,36 (12)	0,25
2010-2020	12,4 (36)	3,089	0,050 (329)	0,018	0,006 (300)	0,002	1,14 (258)	1,73
Mínimum	8,0	-	0,002	-	0,003	-	0,00	-
Percentil 50	12,7	-	0,050	-	0,006	-	0,70	-
Percentil 80	15,0	-	0,061	-	0,007	-	1,84	-
Percentil 90	16,1	-	0,070	-	0,008	-	2,43	-
Percentil 95	16,6	-	0,076	-	0,008	-	3,35	-
Maximum	17,0	-	0,124	-	0,027	-	21,01	-

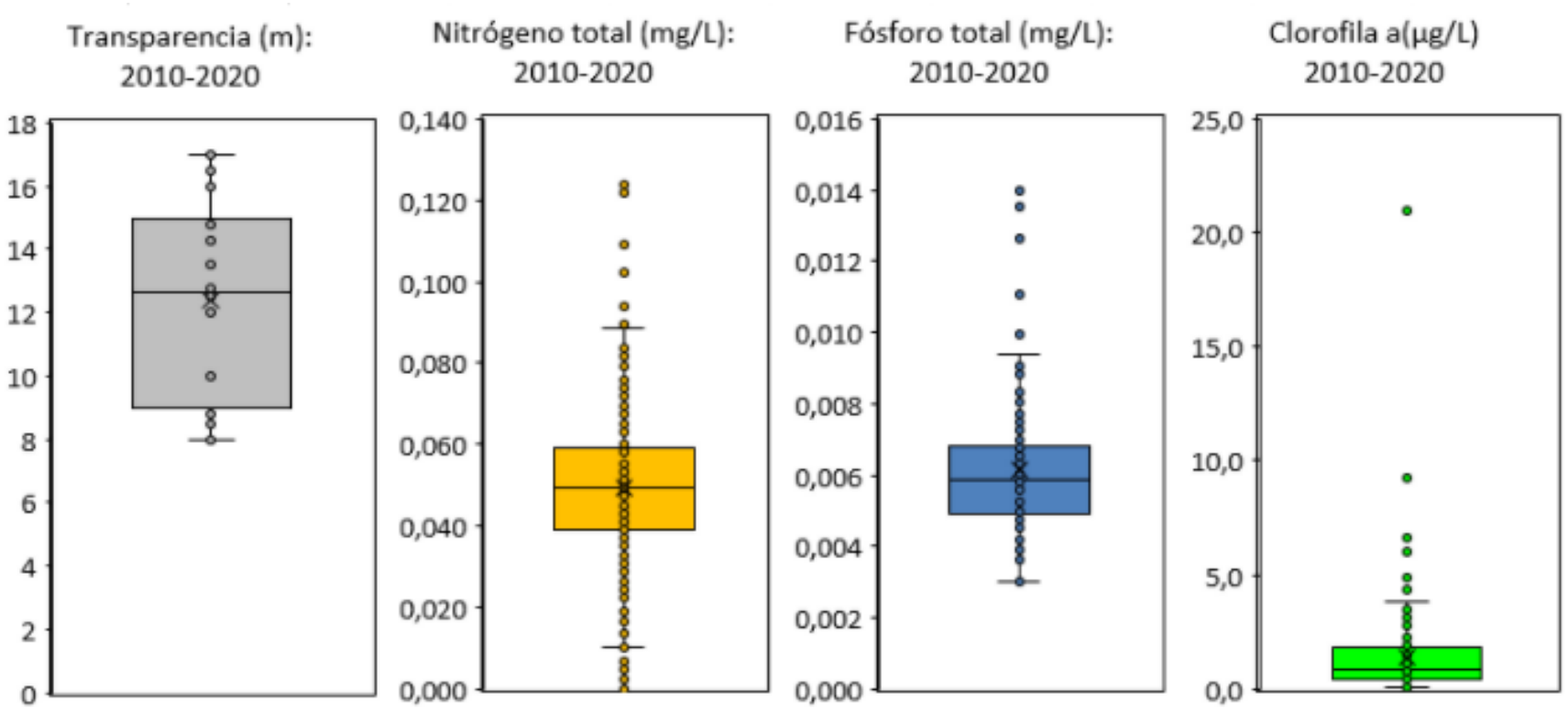


Figura 24. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Maihue 2010-2020.

4.3.4.12 Base de datos lago Puyehue

Descripción general base de datos

La base de datos del lago Puyehue consiste en datos provenientes de informes del IFOP y del monitoreo de la DGA (incluye analálisis EULA). La cantidad de la estaciones fluctúa entre 3 estaciones para el monitoreo de la DGA y 5 el de IFOP. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2012) hasta un máximo de 7 muestreos en 2015 (Tabla 30).

Tabla 30. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Puyehue.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
DGA	2012	1	3	18
DGA	2013	3	3	44
DGA	2014	3	3	19
IFOP	2014	1	5	27
EULA	2015	7	3	105
IFOP	2017	2	5	61
IFOP	2019	2	3	40
DGA	2019	1	3	9
			TOTAL	**323**

El archivo *Puyehue MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA 2012-2015
- *Base de Datos ENLACES*: mediciones de parámetros in-situ 2012-2015
- *Base Datos Nutrientes ENLACES*: tabla sobre datos de nutrientes 2012-2015
- *MASTER 1 color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro

- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *MASTER 3 Parametros troficos*: presenta solamente parámetros tróficos con el objetivo de trabajar más fácilmente sobre la evaluación de datos, hoja vinculada a Master 2
- *Promedios*: promedios de parámetros tróficos
- *Gráficos*: resumen y gráficos Box-Whiskers de parámetros tróficos
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Evaluación Trófica

En la Tabla 31 se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2013-2019 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 25 se muestra además la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con 19 muestreos desde 2013, así que se considera con suficientes datos para realizar una evaluación robusta de su estado trófico.
- Todos los parámetros tróficos indican una muy buena calidad al presentar la mayoría de los valores de un lago oligotrófico.
- Se observan algunos valores transparencia y NT correspondiente a un lago mesotrófico.

Tabla 31. Lago Puyehue: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2013-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia	DS	NT mg/L	DS	PT mg/L	DS	Clorofila a ug/L	DS
2012	6,0 (3)	3,9	(0)	-	0,008 (18)	0,002	1,26 (18)	0,76

Año	Transparencia	DS	NT mg/L	DS	PT mg/L	DS	Clorofila a ug/L	DS
2013	8,4 (9)	2,7	0,042 (27)	0,031	0,009 (41)	0,004	1,39 (44)	1,0
2014	9,25 (4)	1,0	0,058 (44)	0,031	0,007 (44)	0,003	0,36 (18)	0,25
2015	6,8 (18)	2,8	0,146 (102)	0,067	0,003 (101)	0,000	0,43 (100)	0,52
2017	(0)	-	0,133 (59)	0,039	0,006 (60)	0,001	(0)	-
2019	(0)	-	0,159 (37)	0,032	0,006 (37)	0,002	1,60 (9)	0,90
2013-2019	7,6 (31)	2,7	0,120 (269)	0,064	0,006 (283)	0,003	0,7 (171)	0,8
Mínimum	2.5	-	0.010	-	0.003	-	0.02	-
Percentil 50	8.0	-	0.130	-	0.005	-	0.41	-
Percentil 80	10.0	-	0.168	-	0.007	-	1.10	-
Percentil 90	10.5	-	0.190	-	0.010	-	2.09	-
Percentil 95	11.5	-	0.214	-	0.013	-	2.45	-
Maximum	11.8	-	0.350	-	0.017	-	3.84	-

.

.

.

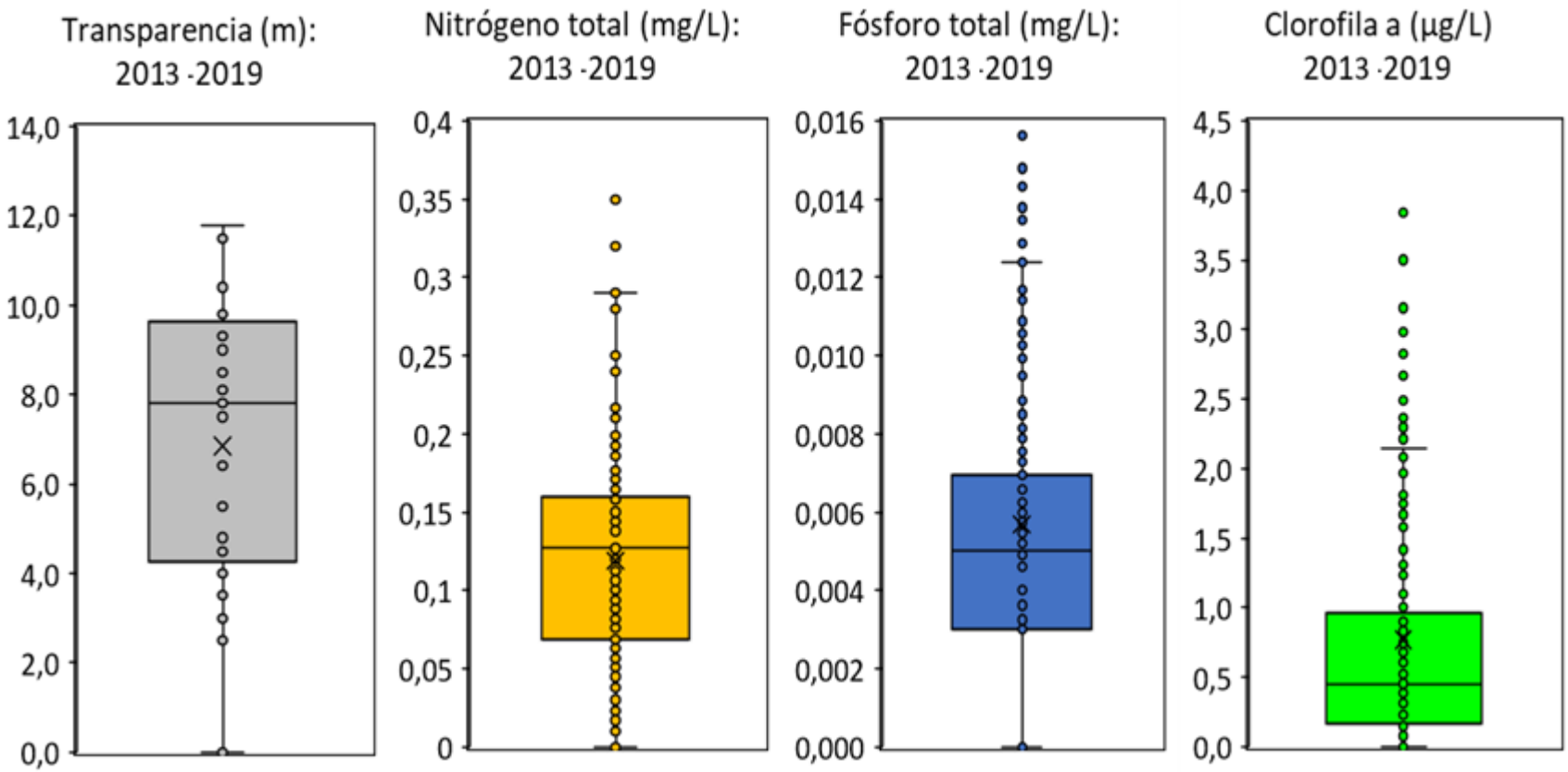


Figura 25. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Puyehue 2013 - 2019.

4.3.4.13 Base de datos lago Rupanco

Descripción general base de datos

La base de datos del lago Rupanco consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH, IFOP y del monitoreo de la DGA. La cantidad de estaciones varía entre una hasta 5 estaciones. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 32).

Tabla 32. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Rupanco.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1980	3	1	15
UACH	1981	11	1	55
UACH	1984	6	1	72
UACH	1985	6	1	72
UACH	1994	10	3	180
UACH	1995	2	3	36
UACH	2012	1	9	40
DGA	2012	1	4	24
DGA	2013	3	4	39
DGA	2015	1	3	17
DGA	2016	1	3	9
IFOP	2014	1	9	40
IFOP	2017	2	9	71
IFOP	2019	1	1	12
DGA	2019	1	5	11
			TOTAL	**693**

El archivo *Rupanco MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Registros DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base de Datos in situ DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Base Nutrientes DGA*: tabla sobre datos de nutrientes DGA

- *IFOP*: base de datos IFOP
- *UACH*: base de datos UACH
- *MASTER 1 color*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *Master 3 parametros tróficos:* parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Promedios:* promedios de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Gráficos:* gráficos de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2012-2019 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 26 se muestra además para el período 2012-2019 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Lago con actividad acuícola importante (balsas jaulas).
- Lago con relativamente pocos (9) muestreos en los últimos 5 años, pero existen suficientes datos para el período 2012 en adelante para realizar una evaluación robusta de su estado trófico.
- Todos los parámetros tróficos indican una buena calidad al presentar valores típicos de un lago oligotrófico
- Valores elevados se puede encontrar cerca del sedimento en áreas de balsas jaulas.
- Se detectaron también ocasionalmente valores elevados (hasta eutróficos) para clorofila a), fósforo total (0,014 mgP/L) y nitrógeno total (0,150 - 0,380 mg N/L).

Tabla 33. Lago Rupanco: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2012-2019, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/L)	DS	Fósforo Total (mg/L)	DS	Clorofila a (µg/L)	DS
1980	14,8 (2)	2,9	(0)	-	0,002 (15)	0,001	0,1 (12)	0,05
1981	15,4 (10)	2,3	(0)	-	0,004 (55)	0,003	0,1 (33)	0,06
1984	(0)	-	(0)	-	0,006 (71)	0,003	0,8 (66)	0,53
1985	(0)	-	(0)	-	0,004 (72)	0,004	0,6 (55)	0,30
1994	16,5 (18)	2,8	(0)	-	0,011 (94)	0,010	0,8 (67)	0,58
1995	15,2 (3)	1,4	(0)	-	0,009 (16)	0,001	0,5 (12)	0,37
2012	13,0 (12)	1,4	0,059 (40)	0,007	0,005 (57)	0,002	1,1 (47)	0,46
2013	12,9 (9)	2,8	0,015 (19)	0,007	0,007 (36)	0,004	0,8 (36)	0,32
2014	(0)	-	0,077 (40)	0,072	0,009 (4)	0,008	1,1 (37)	0,54
2015	14,8 (3)	0,8	(0)	-	(0)	-	4,4 (17)	2,73
2016	11,5 (3)	2,3	(0)	-	0,004 (9)	0,002	0,5 (9)	0,29
2017	(0)	-	0,052 (52)	0,009	0,005 (53)	0,002	0,9 (52)	0,35
2019	13,2 (3)	2,0	0,051 (21)	0,020	0,004 (21)	0,001	0,9 (21)	0,64
2012-2019	13,0 (27)	1,9	0,055 (171)	0,0	0,006 (215)	0,004	1,2 (219)	1,28
Mínimum	9,0	-	0,010	-	0,003	-	0,00	-
Percentil 50	13,0	-	0,053	-	0,005	-	0,93	-
Percentil 80	15,0	-	0,063	-	0,007	-	1,41	-
Percentil 90	15,2	-	0,075	-	0,009	-	1,83	-
Percentil 95	15,9	-	0,082	-	0,012	-	2,54	-
Maximum	16,5	-	0,378	-	0,038	-	8,89	

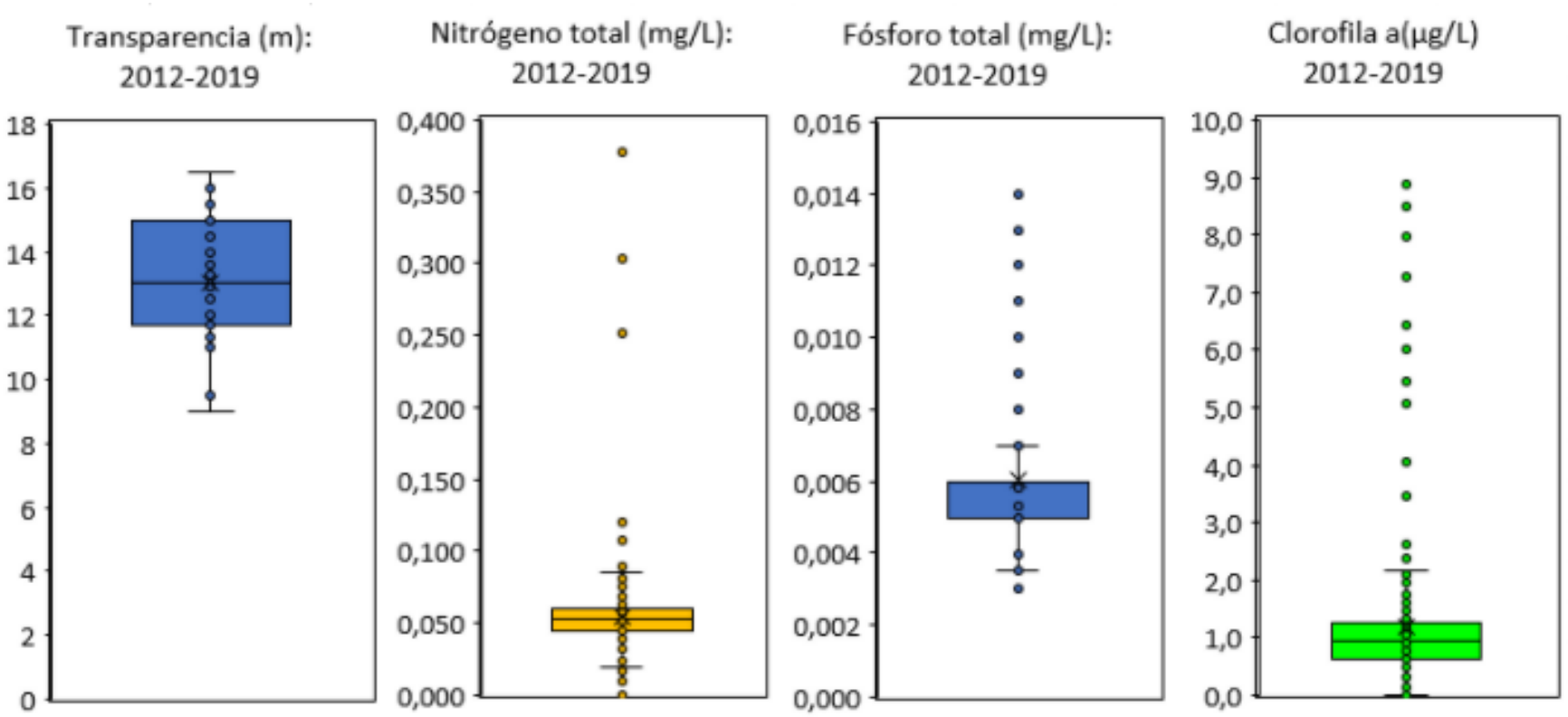


Figura 26. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Rupanco 2012-2019.

4.3.4.14 Base de datos lago Todos Los Santos

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Todos Los Santos consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH y del monitoreo de la DGA. La cantidad de estaciones varía entre una hasta 5 estaciones. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 34).

Tabla 34. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Todos Los Santos.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1982	8	1	82
UACH	1983	5	1	50
DGA	2002	4	3	36
DGA	2003	4	3	36
DGA	2004	4	3	36
DGA	2005	4	3	36
DGA	2006	4	3	34
DGA	2007	3	3	33
DGA	2008	2	3	20
DGA	2009	2	3	22
DGA	2011	2	3	10
DGA	2015	1	1	3
			TOTAL	**398**

El archivo *Todos Los Santos MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Original UACH*: datos de UACH
- *Información General DGA*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base de Datos in situ DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA

- *Base Datos Nutrientes DGA*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *Master 1*: BBDD crudos original
- *Master 2 colores*: BBDD crudo con indicaciones de valores (en colores y texto) que llaman la atención
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 3 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *Master 4 parametros tróficos:* parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Promedios:* promedios de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Gráficos:* gráficos de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles
- *Fitoplancton*: datos sobre fitoplancton 2011

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2007-2015 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 27 se muestra además para el período 2007-2015 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Este lago no ha sido muestreado desde 2015. Existen relativamente pocos muestreos en los últimos 10 años.
- Hay escaso información sobre nitrógeno para los últimos 10 años (solamente 3 muestras), pero suficiente información sobre los restantes parámetros tróficos para realizar una evaluación acertada de su estado trófico.
- Los parámetros tróficos indican una buena calidad de agua al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (P total) o incluso ultraoligotrófico (clorofila a). La transparencia muestra en general valores típicamente oligotróficos, pero en ocasiones también menores valores en el rango de un lago "mesotrófico". Sin embargo, esto también puede ser producto del ingreso de agua turbia glacial.

Tabla 35. Lago Todos los Santos: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2007-2015, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/L)	DS	Fósforo Total (mg/L)	DS	Clorofila a ug/L	DS
1982	10,3 (8)	3,3	(0)	-	0,003 (40)	0,001	0,31 (59)	0,15
1983	10,0 (5)	2,1	(0)	-	0,002 (25)	0,001	0,61 (40)	0,23
2002	7,1 (7)	2,1	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	9,3 (9)	2,6	0,092 (18)	0,049	0,004 (9)	0,001	0,69 (18)	0,20
2004	8,2 (9)	3,4	0,047 (36)	0,027	0,007 (27)	0,003	0,49 (36)	0,27
2005	8,7 (9)	3,1	0,092 (36)	0,053	0,010 (18)	0,005	0,58 (33)	0,28
2006	11,3 (10)	2,9	0,209 (31)	0,087	0,009 (14)	0,007	0,67 (33)	0,43
2007	15,6 (9)	4,2	(0)	-	0,006 (33)	0,003	0,56 (33)	0,18
2008	10,6 (5)	2,8	(0)	-	0,008 (22)	0,003	0,44 (21)	0,26
2009	7,8 (6)	5,4	(0)	-	0,007 (11)	0,000	0,53 (22)	0,30
2011	14,5 (2)	4,5	(0)	-	0,005 (12)	0,003	0,36 (8)	0,23
2015	5,0 (1)	-	0,038 (3)	0,039	0,009 (3)	0,004	1,20 (3)	1,01
2007-2015	11,9 (23)	5,4	0,038 (3)	0,039	0,007 (81)	0,003	0,53 (87)	0,31
Mínimum	1,5	-	0,010	-	0,003	-	0,08	-
Percentil 50	12,5	-	0,022	-	0,006	-	0,60	-
Percentil 80	16,3	-	0,058	-	0,009	-	0,70	-
Percentil 90	17,9	-	0,070	-	0,011	-	0,80	-
Percentil 95	20,7	-	0,064	-	0,012	-	0,80	-
Maximum	21,5	-	0,082	-	0,014	-	2,24	-

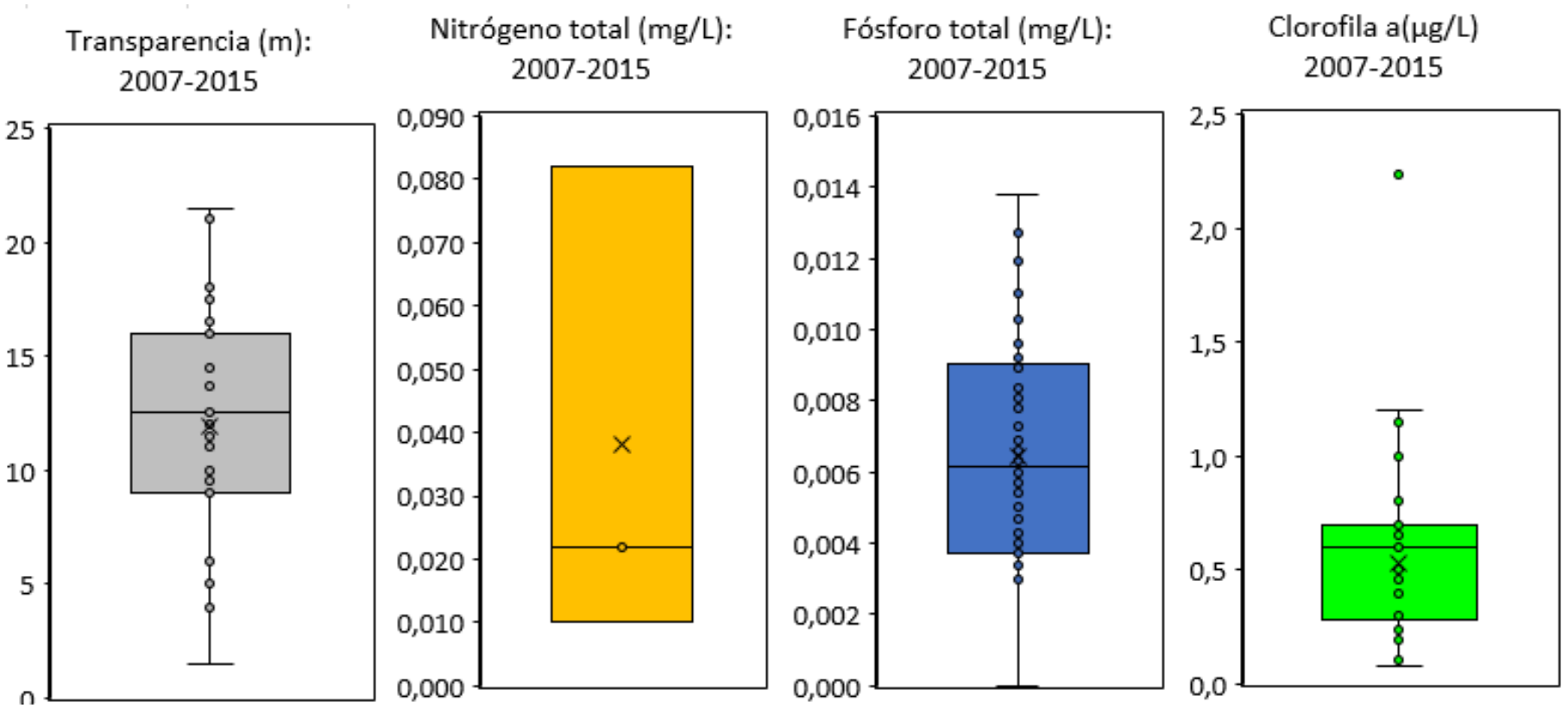


Figura 27. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Todos Los Santos 2007-2015.

4.3.4.15 Base de datos lago Chapo

Descripción general de la base de datos

La base de datos del lago Chapo consiste en datos provenientes de proyectos de la UACH, IFOP y del monitoreo de la DGA. La cantidad de estaciones varía entre una hasta 5 estaciones. La cantidad de muestreos varió en cada año, desde una sola campaña de muestreo (2010, 2011, 2012) hasta máximo 6 muestreos en 1979 (Tabla 36).

Tabla 36. Resumen base de datos físicos/químicos disponibles en el lago Chapo.

Origen Datos	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
UACH	1986	4	1	40
UACH	1987	9	1	90
UVAL	1998	12	1	12
DGA	2000	4	3	36
DGA	2001	4	3	36
DGA	2002	4	3	36
DGA	2003	4	3	36
DGA	2004	4	3	36
DGA	2005	4	3	36
DGA	2006	4	3	34
DGA	2007	3	3	27
DGA	2008	3	3	27
DGA	2009	2	3	19
DGA	2011	2	3	27
UACH	2012	1	6	38
IFOP	2014	1	7	40
DGA	2015	2	3	16
IFOP	2016	2	8	75
IFOP	2017	2	8	46
DGA	2017	1	2	12
DGA	2018	1	3	7
IFOP	2019	2	5	49
DGA	2020	2	2	15
			TOTAL	**790**

El archivo *Chapo MASTER consolidado* contiene las siguientes hojas (en orden desde la izquierda a la derecha):

- *Información General DGA*: códigos y ubicación estaciones, cuenca, subcuenca, profundidades parámetros y unidades
- *Registro de Datos DGA*: registro de parámetros revisados y validados por MW Ambientales y ENLACES SPA (2018)
- *Fecha y Hora de Muestreo DGA*: tabla sobre fechas y horas de muestreo de la DGA
- *Base de Datos in situ DGA*: mediciones de parámetros in-situ DGA
- *Base Datos Nutrientes DGA*: tabla sobre datos de nutrientes DGA
- *Datos UACH UVAI IFOP*: BBDD de UACH, UVAI y IFOP
- *Master 1color*: BBDD crudos original
- *OBSERVACIONES*: en esta hoja se define los criterios para realizar las observaciones para cada parámetro
- *MASTER 2 CONSOLIDADO*: corresponde al BBDD final consolidado según criterios establecidos y evaluación empírica de este consultor
- *Master 3 parametros tróficos:* parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Promedios:* promedios de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *Gráficos:* gráficos de parámetros tróficos NT, PT, Secchi, clorofila a
- *TABLA RESUMEN*: resumen de muestreo, estaciones y N muestras disponibles

Evaluación trófica

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores promedios anuales y desviación estándar y adicionalmente para el período 2014-2020 los valores mínimum, máximum y percentiles 50, 80, 90 y 95 para los parámetros tróficos claves transparencia, NT, PT y clorofila a. En la Figura 28 se muestra además para el período 2014-2020 la distribución de los parámetros tróficos utilizando cajas y bigotes (mediana, percentil 25 - 75, outliers). Se destaca lo siguiente:

- Este lago posee varios centros de cultivos de salmones y una planta hidroeléctrica.
- Ha sido muestreado continuamente en las últimas 2 décadas, por ende existen suficientes datos para realizar una evaluación bastante robusta de su estado trófico.
- Los parámetros tróficos indican mayoritariamente una buena calidad de agua al presentar valores típicos de un lago oligotrófico (transparencia, P total) o incluso ultraoligotrófico (clorofila a, N total).

- Sin embargo, ocasionalmente se reporta también valores elevados (hasta mesotrófico/eutrófico) de clorofila a y nitrógeno total (especialmente cerca de centro de cultivo)

Tabla 37. Lago Chapo: Promedio, desviación estándar (DS) por año y por período 2014-2020, con descripción de valores mínimos, máximos y percentiles para transparencia, NT, PT y clorofila a. Números entre paréntesis indican cantidad de datos. Colores indican clasificación según Tabla 9.

Ultra oligotrófico	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico

Año	Transparencia (m)	DS	Nitrógeno Total (mg/l)	DS	Fósforo Total (mg/l)	DS	Clorofila a (µg/l)	DS
1986	18,8 (4)	5,3	(0)	-	0,001 (32)	0,000	0,41(32)	0,26
1987	16,1(9)	4,9	(0)	-	0,003 (80)	0,001	0,47 (72)	0,26
1998	11,2 (11)	2,0	(0)	-	0,007 (12)	0,001	1,43 (11)	0,71
2000	(0)	-	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2001	13,7 (12)	2,5	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2002	11,2 (12)	2,1	(0)	-	(0)	-	(0)	-
2003	13,5 (12)	2,1	0,089 (27)	0,032	0,003 (9)	0,000	(0)	-
2004	9,5 (12)	1,9	0,075 (27)	0,031	0,007 (27)	0,003	(0)	-
2005	10,1(12)	3,2	0,107 (27)	0,061	0,006 (18)	0,006	1,78 (27)	0,98
2006	14,2 (11)	3,4	0,249 (26)	0,093	0,009 (30)	0,005	2,14 (33)	1,59
2007	9,9 (9)	3,6	(0)	-	0,005 (27)	0,002	2,26 (27)	1,47
2008	10,4 (9)	4,7	(0)	-	0,007 (27)	0,004	2,80 (27)	1,70
2009	9,3 (6)	1,0	0,037 (9)	0,011	0,006 (9)	0,000	2,49 (17)	1,66
2011	6,0 (5)	0,9	0,119 (19)	0,107	0,007 (18)	0,003	1,65 (18)	1,47
2012	7,5 (7)	1,2	0,075 (40)	0,008	0,006 (40)	0,001	5,10 (21)	1,21
2014	(0)	-	0,063 (40)	0,018	0,006 (40)	0,002	(0)	-
2015	11,2 (3)	4,9	0,041 (13)	0,051	(0)	-	4,11(14)	2,54
2016	(0)	-	0,066 (74)	0,017	0,006 (74)	0,004	(0)	-
2017	11,0 (2)	1,4	0,058 (45)	0,016	0,005 (45)	0,001	0,66 (12)	0,36
2018	12,3 (2)	2,5	0,228 (6)	0,079	0,005 (6)	0,001	0,45 (6)	0,18
2019	(0)	-	0,056 (49)	0,013	0,005 (49)	0,002	(0)	-
2020	13,4 (4)	1,4	(0)	-	0,006 (14)	0,002	0,35 (6)	0,13
2014-2020	12,1 (11)	2,7	0,065 (227)	0,036	0,006 (228)	0,002	1,85 (38)	2,32
Mínimum	5,5	-	0,010	-	0,003	-	0,16	-
Percentil 50	13,0	-	0,058	-	0,005	-	0,71	-
Percentil 80	14,0	-	0,074	-	0,006	-	3,38	-
Percentil 90	14,5	-	0,086	-	0,006	-	5,26	-
Percentil 95	14,5	-	0,101	-	0,007	-	6.23	-
Maximum	14,5	-	0,310		0,035	-	9,63	-

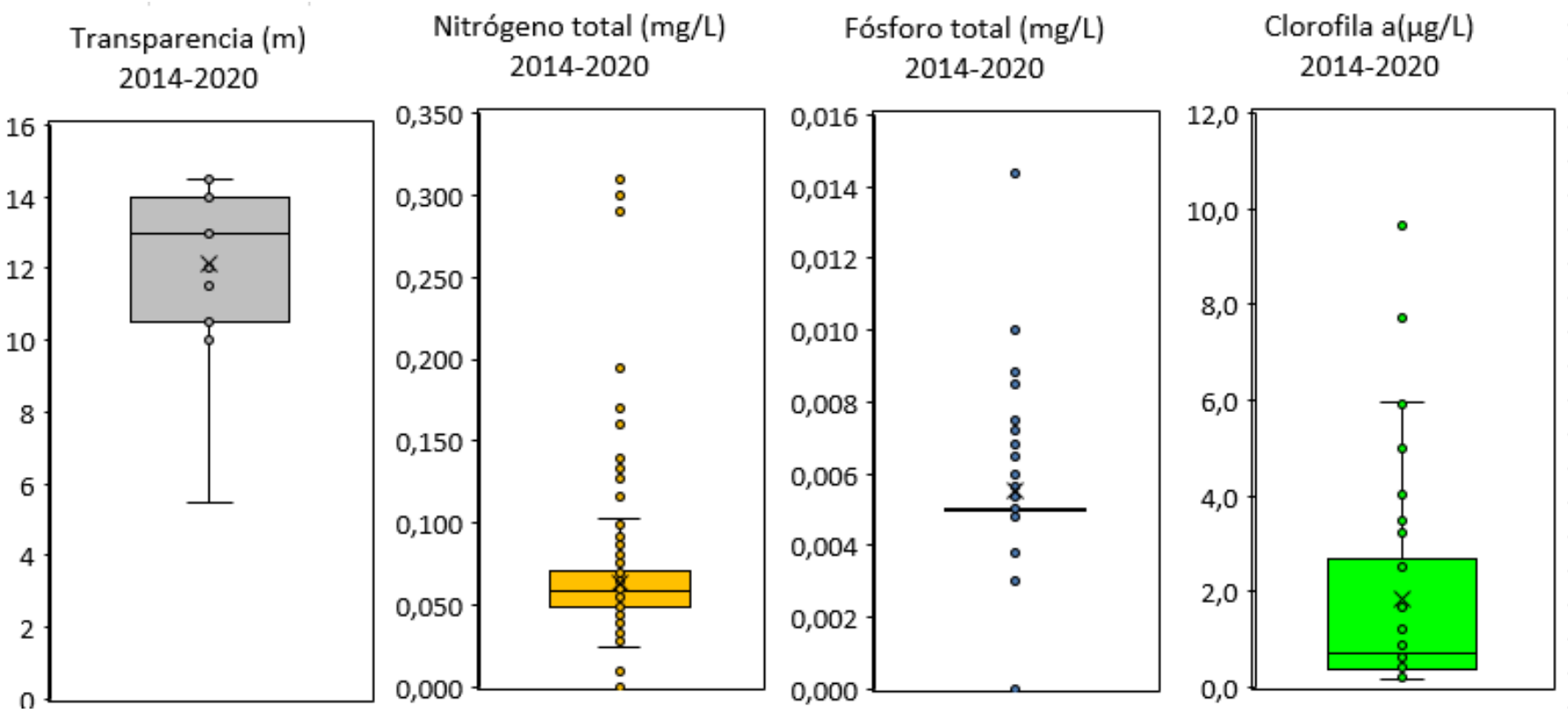


Figura 28. Box whisker plots de parámetros tróficos del lago Chapo 2014-2020.

4.4 Elaboración base de datos fitoplancton

La planilla contiene información de la comunidad de fitoplancton de 12 lagos desde el año 2011 al 2019 (Tabla 38). En Anexo digital, archivo Excel titulado "Base_Datos_Fitoplancton_LNP" (Anexo 7) se entrega la base de datos.

Tabla 38. Número de datos de abundancia de taxones por lago y año incluidos en la planilla de datos.

TAXA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
COLICO			148		309	96		95		648
CABURGA	35	14	46				12		27	134
CALAFQUEN	42	289			1.744					2.075
PANGUIPULLI	12	134			1.879					2.025
RIÑIHUE	21	232			1.453					1.706
PIRIHUEICO					1.674					1.674
RANCO		118	196	124	394	204				1.036
MAIHUE			133	57	58	47				295
PUYEHUE		126	273	147	1.409					1.955
RUPANCO		116	284	120		73				593
TODOS LOS SANTOS	42				34					76
CHAPO					30		65			95
Total	**152**	**1.029**	**1.08**	**448**	**8.984**	**420**	**77**	**95**	**27**	**12.312**

Cada especie cuenta con un registro del sitio de muestreo, profundidad y fecha de muestreo, así como la identificación taxonómica (a nivel de Phylum, Clase, Orden, Género, Especie) y abundancia (medida como células por litro).

Se registraron 8 Phylum, 15 clases, 45 órdenes, y 210 taxones.

Los datos fueron extraídos de los informes anuales emitidos por el EULA (detallados en apartado de referencias) y la DGA en el marco de monitoreo de la Red de Lagos y el proyecto Análisis y reformulación red de monitoreo de lagos región de Los Ríos.

4.5 Elaboración base de datos sedimentos

La base de datos de los sedimentos lacustres de los lagos Nor-patagónicos contiene información de siete de ellos, a saber: Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue, Ranco y Puyehue.

Los lagos Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue y Puyehue, cuentan con información de parámetros como son: fósforo total, materia orgánica, sílice biogénica, pH y potencial Redox (Eh). Los muestreos fueron realizados durante el año 2015 durante los meses de enero, febrero, marzo, junio, agosto, octubre y noviembre. Esta información fue obtenida en el informe "Análisis y reformulación red de monitoreo de lagos región de Los Ríos" (DGA, 2017).

Por su parte, el lago Ranco cuenta con información proporcionada por el POAL para los años 2015, 2017, 2018, y entrega datos como: mercurio total, cadmio total, xileno, pentaclorofenol, plomo total, carbono orgánico total, materia orgánica, HAP´s, arsénico total, hidrocarburos totales, cobre total, fósforo total, nitrógeno total y granulometría.

En la Tabla 39 se entrega resumen de dicha información, mientras que en la carpeta llamada "Base_Datos_Sedimentos_LNP" (Anexo 8) se entrega la base de datos detallada.

Tabla 39. Resumen base de datos de sedimentos disponibles para cada uno de los siguientes lagos: Calafquén, Neltume, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue, Ranco y Puyehue.

Lago	Origen	Año	N° Muestreos	N° Estaciones	N° muestras
Cal., Nel., Pan., Pir., Riñ., Puy.	DGA	2015	7	3	21*
Ranco	POAL	2015	2	3	120
	POAL	2016	2	3	102
	POAL	2017	2	3	114
				TOTAL	**357**

*número de datos para cada lago.

4.6 Parámetros morfométricos

Un lago y su cuenca de drenaje constituyen una sola unidad, donde las características del cuerpo de agua están profundamente influenciadas por los procesos que se desarrollan en la cuenca (Tundisi, 1986, Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995). El estudio comparativo de los sistemas acuáticos requiere del conocimiento acabado de las características morfológicas de los lagos, más cuando muchas de las características físicas, químicas y biológicas de la columna de agua, están directamente relacionadas con la morfología de los ambientes lacustres. Por esto es necesario conocer de manera cuantitativa las diversas formas de los cuerpos acuáticos, para analizar y comparar las características de los diferentes lagos de manera integral.

Los parámetros morfométricos fueron obtenidos a partir de una completa revisión bibliográfica, que contempló la búsqueda de publicaciones científicas, informes técnicos y las bases de datos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) y la Dirección General de Aguas (DGA). Para los lagos que no cuentan información de este tipo, se procedió a calcular los parámetros de longitud y superficie mediante la utilización del modelo de elevación digital utilizado en este estudio.

A continuación, se entrega una definición de los diferentes parámetros morfométricos utilizados en la caracterización de los lagos Nor-patagónicos:

- **Longitud máxima (L)**: Corresponde a la longitud de la línea que conecta los dos puntos más extremos de un lago. Debe representar lo más fielmente la longitud de las aguas abiertas y no deberá cruzar ninguna porción de tierra a menos que sea una isla.
  Es la distancia máxima sobre la superficie del lago entre dos puntos ubicados sobre la línea de costa. Esta longitud es potencialmente el fetch máximo o longitud efectiva por la cual el viento puede actuar sin ninguna interrupción.
- **Ancho máximo (AM)**: Es la longitud de la línea transversal que conecta los puntos más extremos de un lago y que no cruza otros terrenos además de islas. Se puede decir que es la medida de la línea recta tomada aproximadamente perpendicular al eje de longitud máxima. Es la distancia máxima entre la costa perpendicular a la línea de longitud máxima.

- **Ancho medio ($_AM_D$)**: Es igual al área superficial (A_0) dividida por la longitud máxima (L).
- **Profundidad máxima (Zm):** Es la mayor profundidad del lago.
- **Profundidad media (Z)**: Es el volumen dividido por el área superficial del lago.
- **Relación profundidad media / profundidad máxima**: Se expresa dividiendo la profundidad media por la profundidad máxima, indicando su valor la aproximación muy generalizada de la forma de la cubeta a la forma cónica.
- **Profundidad de criptodepresión**: es la parte teórica de un lago que queda por debajo del nivel del mar.
- **Perímetro o Longitud de Línea de costa (P)**: Es la longitud del perímetro del lago, que puede ser determinado por mediciones directas o bien a partir de la cartografía (SIG).
- **Desarrollo de Línea de Costa (D_L)**: Es una medida de la regularidad del contorno del lago, es decir, su mayor o menor semejanza a un círculo. Expresa la relación entre la longitud del perímetro del lago (P) y la longitud de círculo de la misma área del lago (A). Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$D_L = P / 2 \sqrt{\pi * A}$$

- **Volumen (V)**: Corresponde al volumen de agua del lago. El volumen es la suma de los volúmenes de los estratos sucesivos desde la superficie hasta el punto de mayor profundidad.
- **Área (A)**: Corresponde a la superficie del espejo de agua del lago.
- **Tiempo de renovación teórico**: Es el tiempo necesario para proporcionar un volumen de agua igual al volumen total de agua de un lago con el caudal medio natural de entrada o de llenado. Es el tiempo promedio requerido para llenar una cuenca lacustre con agua si esta fuera completamente vaciada.

En las Tablas 40 y 41, se entregan los resultados correspondientes a los parámetros morfométricos de los lagos considerados en el presente estudio. De acuerdo con ellas es posible observar que el Lago Ranco es el que presenta la mayor superficie y por lo tanto cuenta con mayor línea de costa, con valores de 429,6 km^2 y 203 km, respectivamente; en

comparación con el Lago Tinquilco, el cual presenta valores de 1,0 km^2 y 6,2 km, para estos mismos parámetros, ubicándolo como el cuerpo lacustre de menor tamaño de todos los lagos estudiados. Además, el Lago Ranco se destaca por poseer el mayor volumen, ancho máximo y medio, con valores de 50,9 km^3, 26,2 m y 14,6 m, respectivamente. En cuanto a la longitud máxima, destaca el Lago Rupanco, con un valor de 39,7 km. Respecto a la profundidad, el Lago Todos los Santos presenta los mayores valores con una profundidad máxima y media de 337 m y 191 m, respectivamente, por lo que se ubica en primer lugar en cuanto a este parámetro; el Lago Riñihue presenta el valor mayor de profundidad de criptodepresión con un valor de 216 m.

Con respecto al área de drenaje, el mayor valor corresponde a 2187,9 km^2, correspondiente al Lago Todos Los Santos. En cuanto al tiempo de residencia de sus aguas, el lago Rupanco es el que tiene el mayor valor con 8,5 años teóricos según los valores reportados por la literatura. En relación a este mismo parámetro es importante señalar que sólo se estimó el área aportante directa de los lagos, sin considerar el área correspondiente a los sistemas lacustres ubicados aguas arriba. Esto fue explicado detalladamente en el apartado 4.1.1.

En las Figuras 29 – 31 se presentan la curvas hipsográficas para los lagos Tinquilco, Calafquén, Pullinque, Panguipulli, Neltume, Riñihue, Pirihueico, Ranco, Maihue, Puyehue, y Chapo. En las Figuras 32 – 42 se presentan los mapas batimétricos para los mismos lagos Nor-patagónicos, los cuales fueron obtenidos de diferentes fuentes de información, entre los que destacan los trabajos realizados por la Universidad Austral y la información proporcionada por el SHOA.

Si bien de los Lagos Huilipilún, Huishue, Gemelas, Gris y Constancia no cuentan con información sobre sus características batimétricas, se destaca la altitud de este último, ya que se encuentra ubicado a una elevación de 1.303 m.s.n.m.

Tabla 40. Parámetros morfométricos de los lagos Nor-patagónicos.

PARÁMETROS	UNIDAD	L. Colico	L. Carburgua	L. Huilipilún	L. Tinquilco	L. Calafquén	L. Pullinque	L. Pellaifa	L. Panguipulli	L. Neltume	L. Riñihue	L. Pirihueico
Latitud	-	39º04' S	39º07,5' S	39º08' S	39º09' S	39º32' S	39º33' S	39º36' S	39º43' S	39º47' S	39º50' S	39º57' S
Longitud	-	72º01' O	71º45,5' O	72º09' O	71º43' O	72º09' O	72º08' O	71º57' O	72º13' O	71º59' O	72º20' O	71º48' O
Altitud	m.s.n.m	327	470	344	769	204	199	221	131	197	107	603
Longitud máxima	km	17,4	16,5	6,1	2,6	25,1	5,0	6,4	28,3	6,3	27,0	23,0
Ancho máximo	km	5,3	3,7	2,7	0,6	7,8	1,73	1,9	9,7	2,4	5	2,4
Ancho medio	km	3,2	3,1	1,8	0,4	4,7	1,2	1,1	4,1	1,5	2,9	1,3
Perímetro o Longitud de línea de costa	km	52,6	46,9	18,0	6,2	86,9	21,7	18,2	126,4	20,5	79,4	72,3
Área superficial	km^2	56,3	51,8	11,2	1,0	117,1	6,0	6,8	114,1	9,7	89,5	31,6
Desarrollo de línea de costa	-	2,0	1,8	1,5	1,7	2,3	2,5	2,0	3,3	1,9	2,4	3,6
Profundidad máxima	m	S.I.	327	S.I.	25	214	25	93	268	86	323	144
Profundidad media	m	S.I.	180	S.I.	17,5	114	12,2	48,5	119,8	59,7	154,7	57,0
Profundidad criptodepresión	m	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	10	S.I.	S.I.	137	S.I.	216	S.I.
Relación prof. media / Prof. máxima	-	S.I.	0,52	S.I.	0,65	0,54	0,51	0,52	0,47	0,67	0,5	0,42
Volumen	km^3	S.I.	8,880	S.I.	0,018	13,331	0,073	0,340	13,660	0,579	13,843	1,799
Área de drenaje	km^2	458,13	328,25	25,96	24,54	687,12	37,05	40,85	883,43	766,16	481,47	445,08
Relación Área drenaje / Área lago	-	8,1	6,3	2,3	24,5	5,9	6,2	6,0	7,7	79,1	5,4	14,1
Tiempo de renovación teórico	años	S.I.	7,7	S.I.	S.I.	2,9	S.I.	S.I.	1,4	0,2	1,4	1,0
Fuente de información	-	EULA, 2021	Campos, 1984 EULA 2021	EULA, 2021	Woelfl, 2015 EULA, 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021	Campos, 1984 EULA 2021

S.I.: Sin información.

Tabla 41. Parámetros morfométricos de los lagos Nor-patagónicos (continuación).

PARÁMETROS	UNIDAD	L. Ranco	L. Maihue	L. Huishue	L. Gemelas	L. Gris	L. Constancia	L. Puyehue	L. Rupanco	L. Los Santos	L. Chapo
Latitud	-	40º13' S	40º17' S	40º26' S	40º29' S	40º31' S	40º38' S	40º40' S	40º40' S	41º08' S	41º27,5' S
Longitud	-	72º23' O	72º02' O	71º59' O	71º55' O	71º54' O	71º52' O	72º28' O	72º28' O	72º12' O	72º30' O
Altitud	m s.n.m	64	91	507	1052	1052	1301	187	123	189	233
Longitud máxima	km	30,4	11,1	6,9	3,0	6,2	7,7	23,5	39,7	35,3	15,0
Ancho máximo	km	26,2	6,0	3,0	0,8	2,2	4,7	11,3	9,1	9,5	5,6
Ancho medio	km	14,6	4,2	2,0	0,6	1,4	2,3	7,1	5,9	5,1	3,02
Perímetro o Longitud de línea de costa	km	203,4	52,8	22,2	8,3	20,7	28,4	90,3	159,9	151,3	53,1
Área superficial	km^2	429,6	48,8	13,4	1,7	9,4	18,1	158,6	234,6	176,4	45,5
Desarrollo de línea de costa	-	2,8	2,1	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,9	3,2	2,2
Profundidad Máxima	m	200	220	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	121	274	337	298
Profundidad Media	m	118,7	130,0	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	74,5	163,0	191,0	177,2
Profundidad criptodepresión	m	136	129	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.-	151	148	65
Relación prof. media / prof. máxima	-	0,61	0,58	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	0,62	0,59	0,56	0,61
Volumen	km^3	50,959	6,343	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	11,794	38,0	34,4	8,063
Área de drenaje	km^2	2025,3	1343,0	135,7	6,9	44,97	38,98	1265,02	983,67	2187,9	321,91
Relación Área drenaje / Área lago	-	4,7	27,5	10,1	4,0	4,8	2,2	8,0	4,2	12,4	7,1
Tiempo de renovación teórico	años	4,8	1,3	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	3,4	8,5	4,0	5,5
Fuente de información	-	Campos, 1984 EULA, 2021	EULA, 2021	EULA, 2021	EULA, 2021	EULA, 2021	EULA, 2021	Campos et al., 1989 EULA, 2021	Campos et al., 1992 EULA, 2021	Campos et al., 1990 EULA, 2021	Woelfl, et al., 2003 EULA, 2021

S.I.: Sin información.

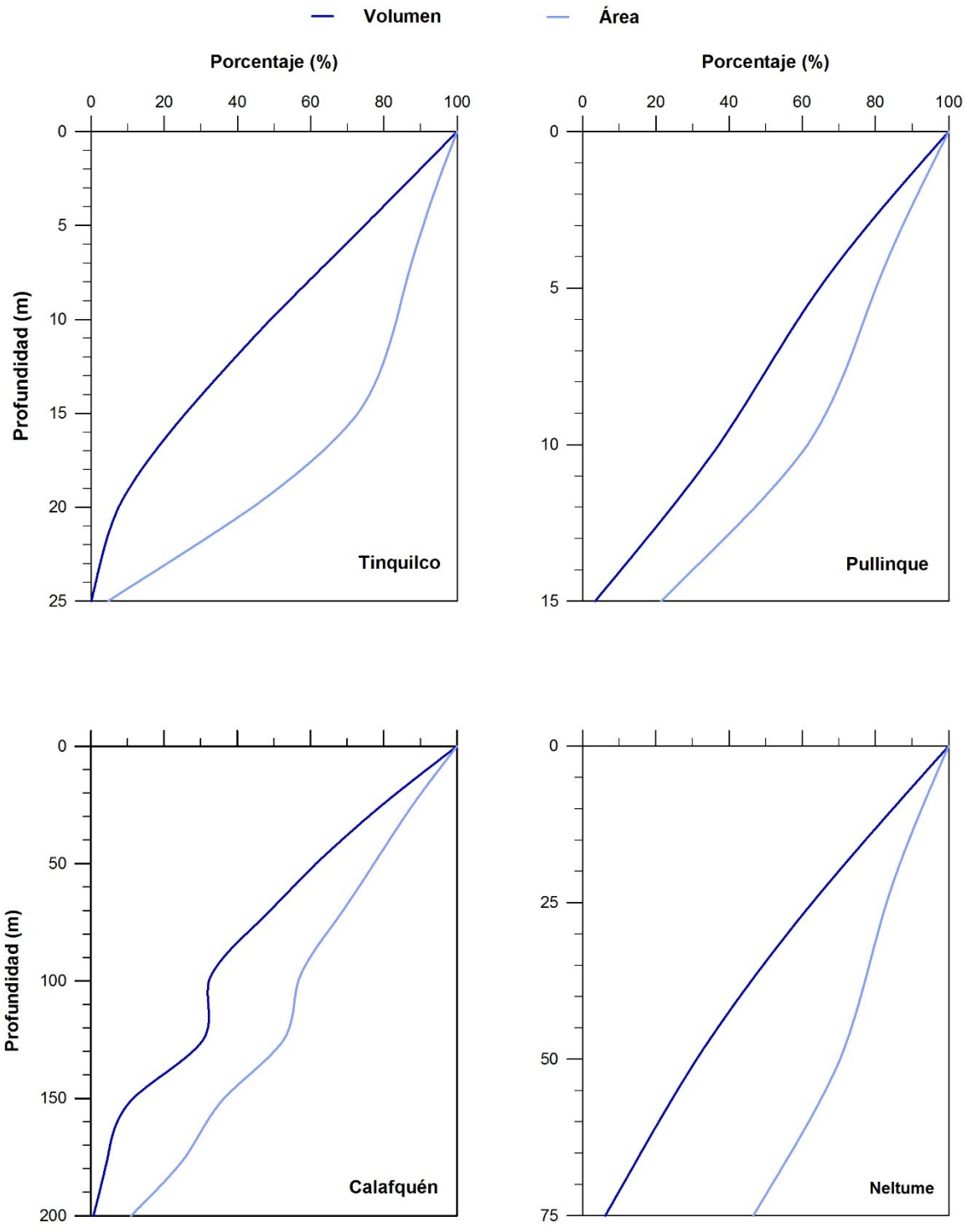


Figura 29. Curva hipsométrica de los lagos Tinquilco, Pullinque, Calafquén y Neltume.
Fuente: elaboración propia.

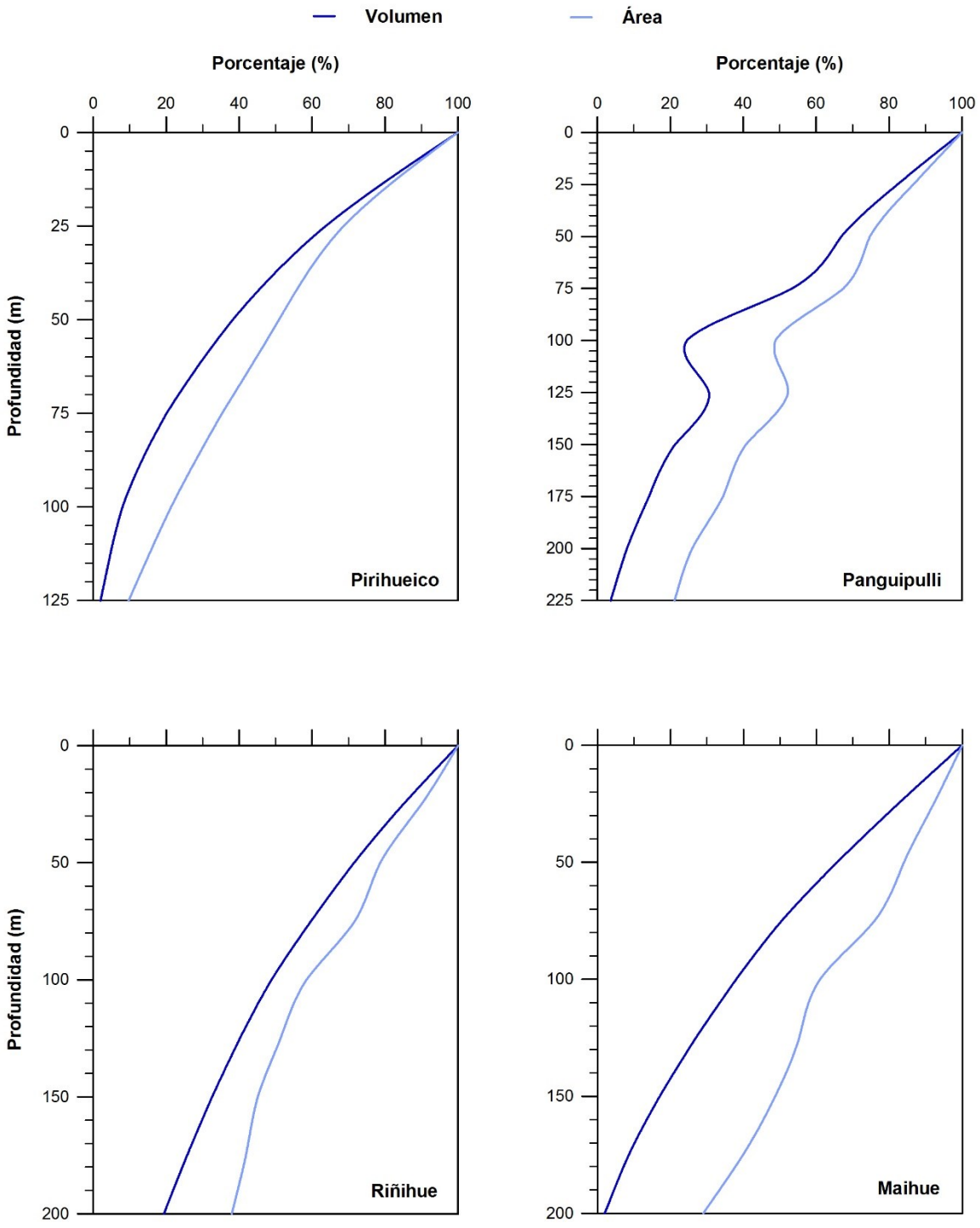


Figura 30. Curva hipsométrica de los lagos Pirihueico, Panguipulli, Riñihue y Maihue.
Fuente: elaboración propia.

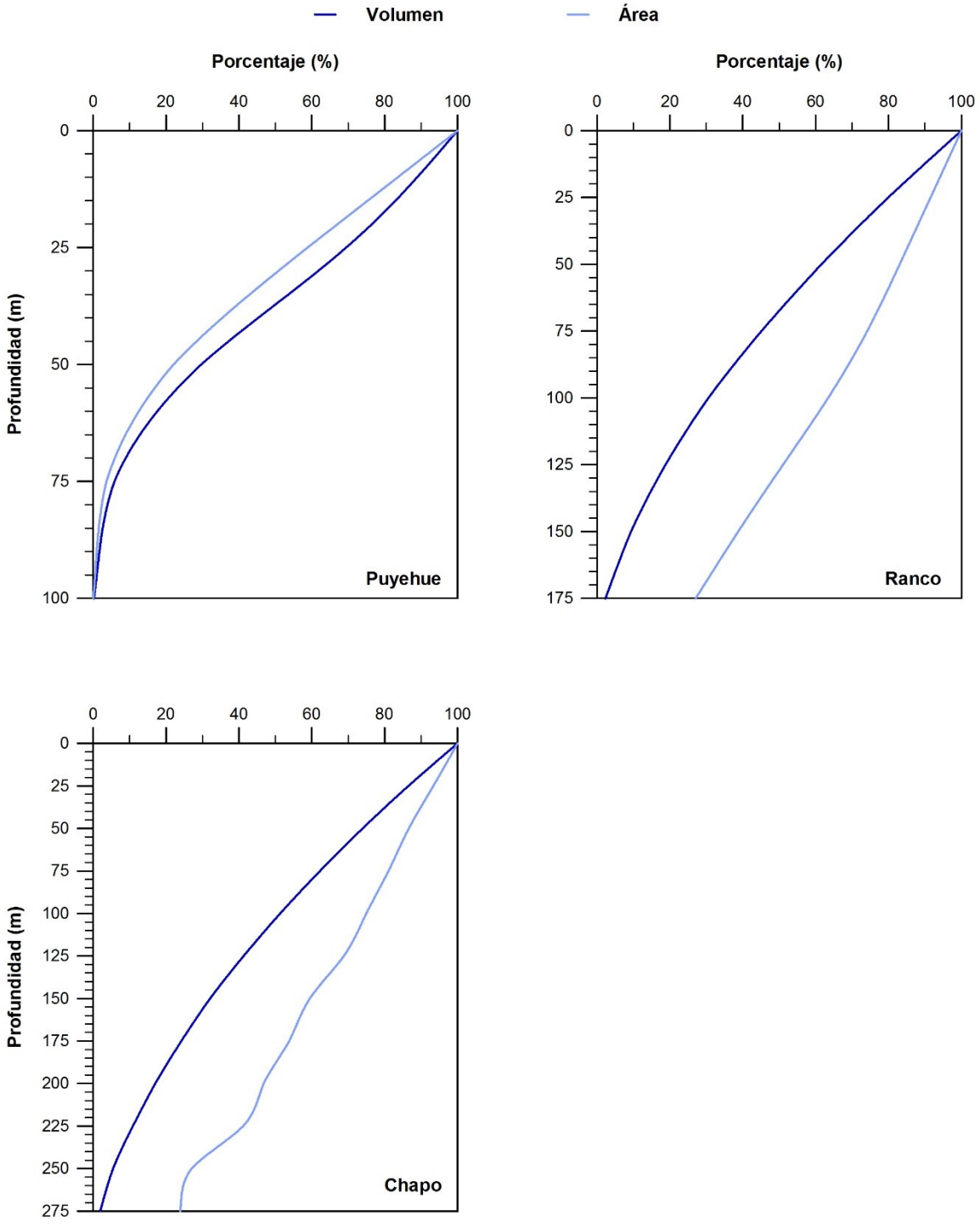


Figura 31. Curva hipsométrica de los lagos Puyehue, Ranco y Chapo. **Fuente:** elaboración propia.

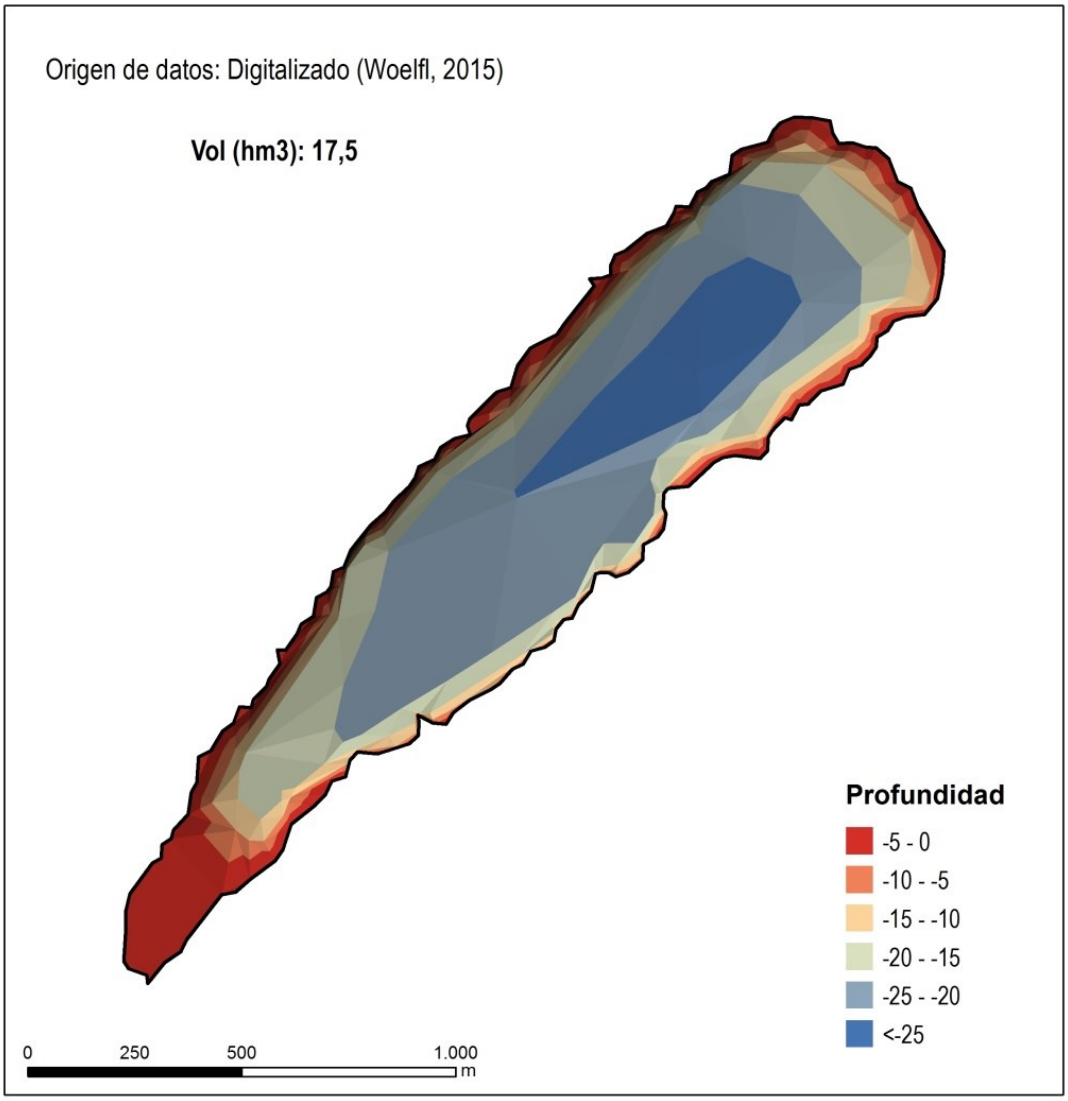


Figura 32. Batimetría del lago Tinquilco.

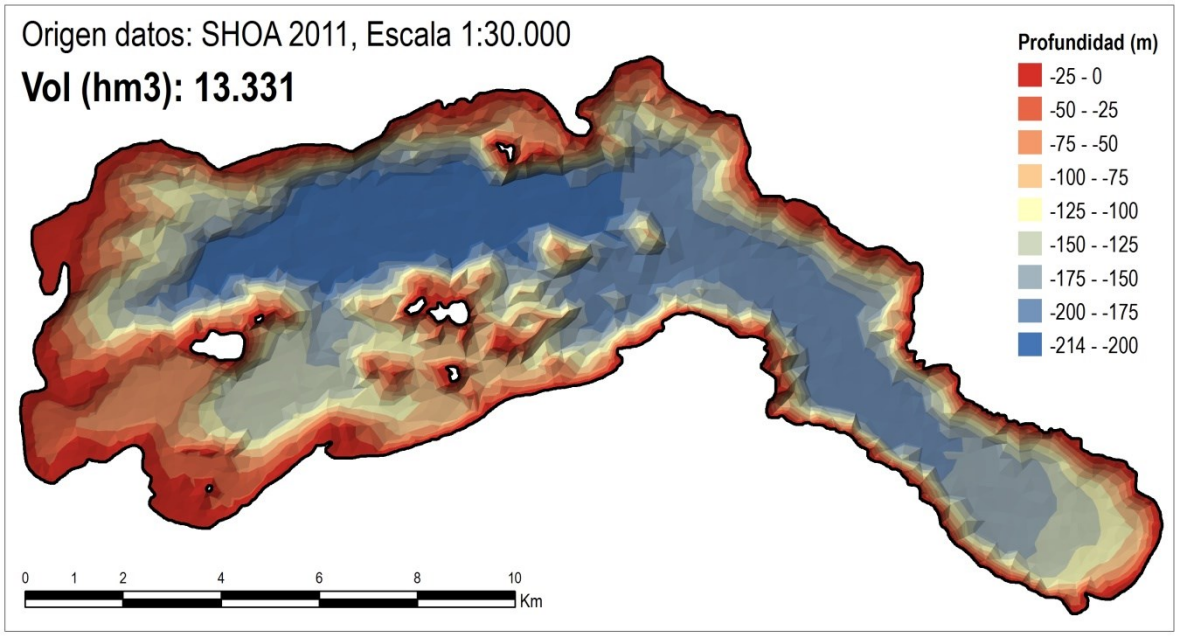


Figura 33. Batimetría del lago Calafquén.

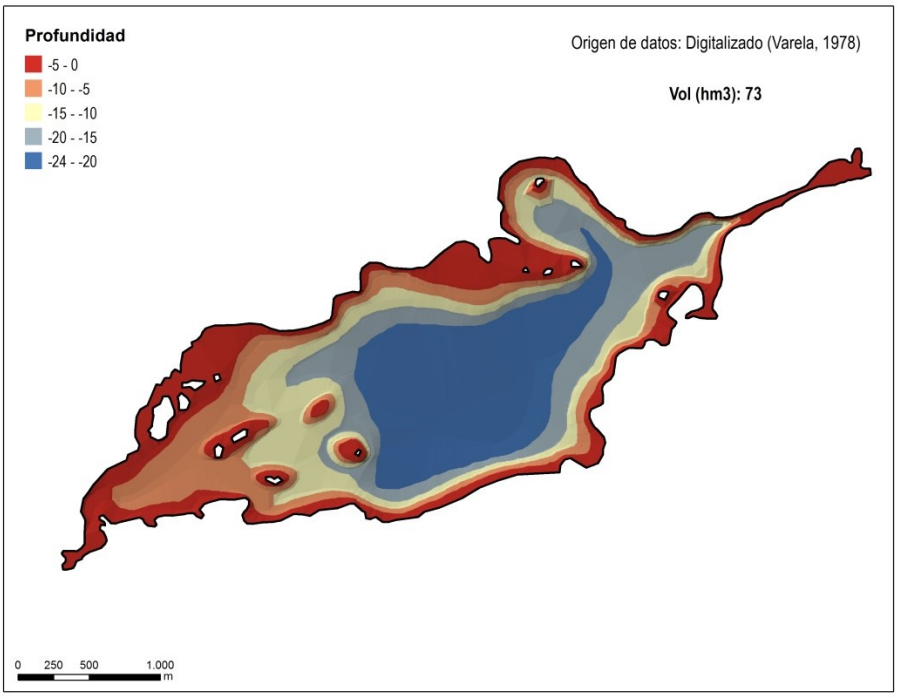


Figura 34. Batimetría del lago Pullinque.

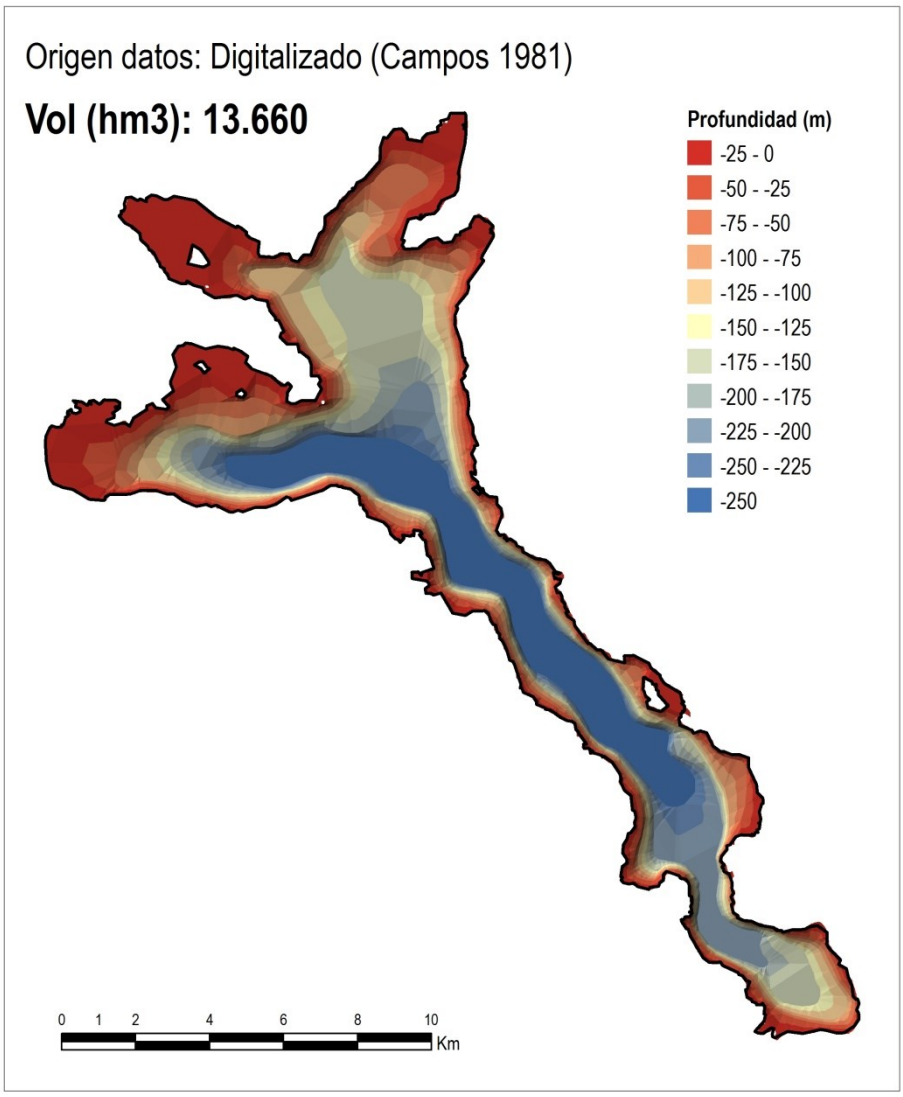


Figura 35. Batimetría del lago Panguipulli.

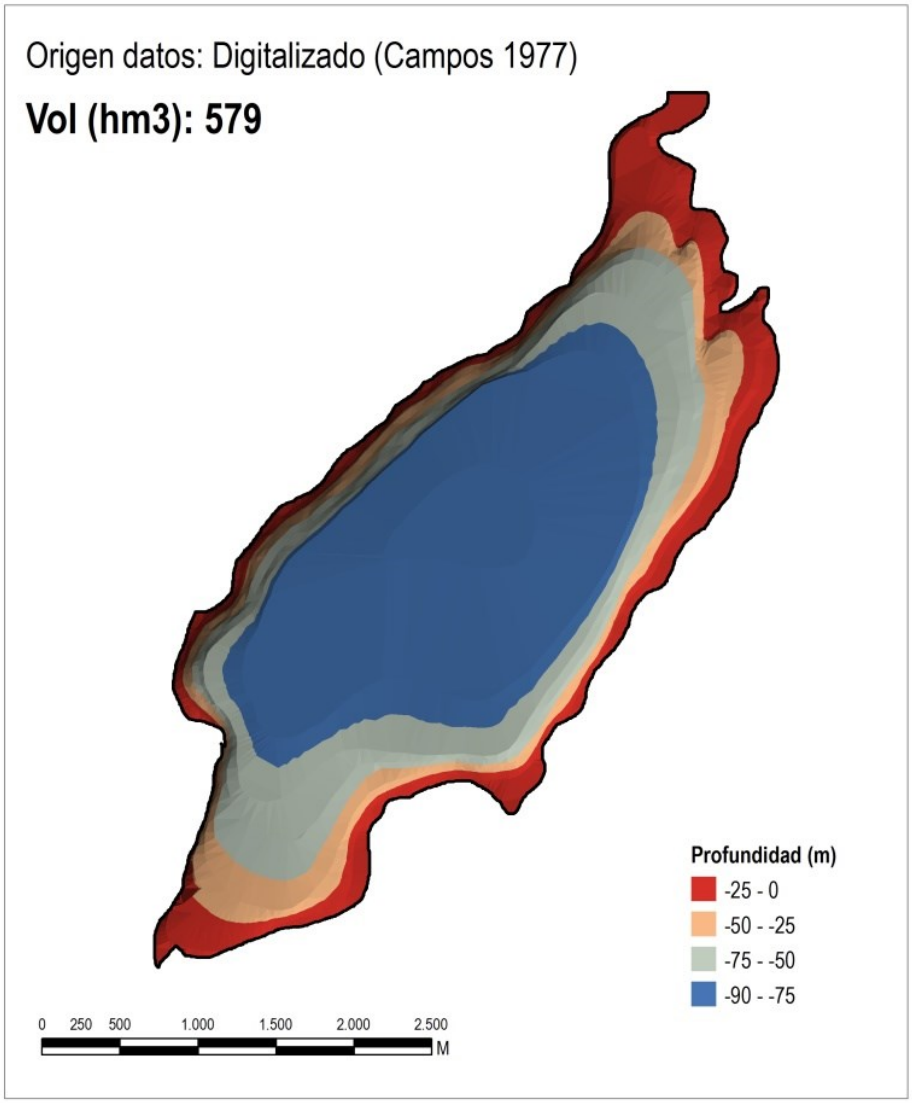


Figura 36. Batimetría del lago Neltume.

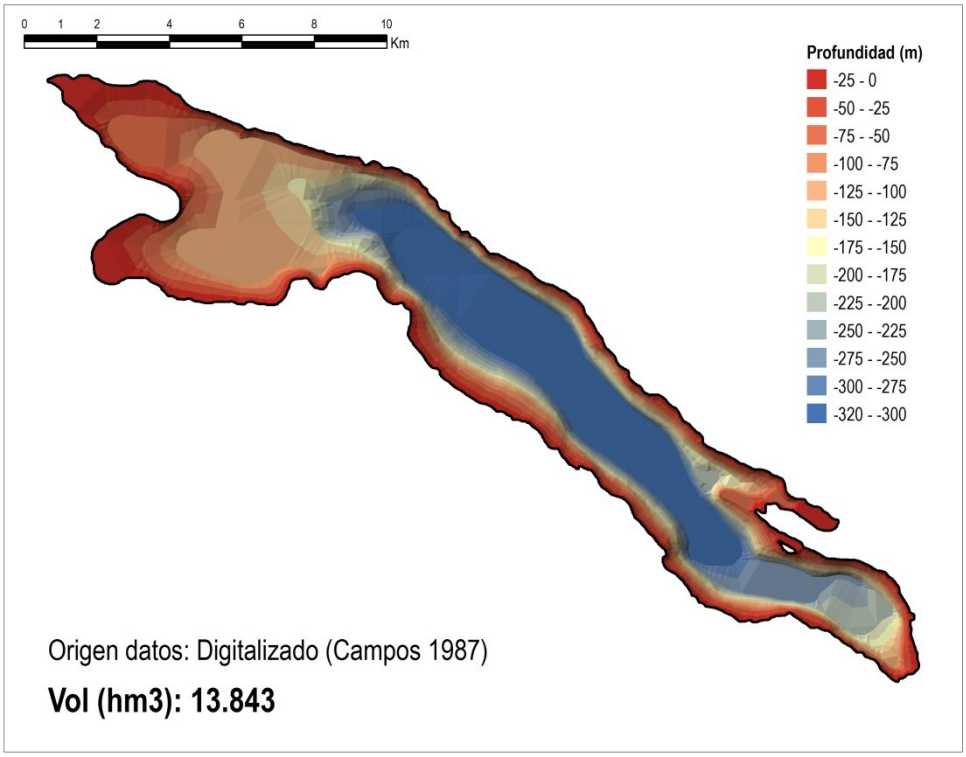


Figura 37. Batimetría del lago Riñihue.

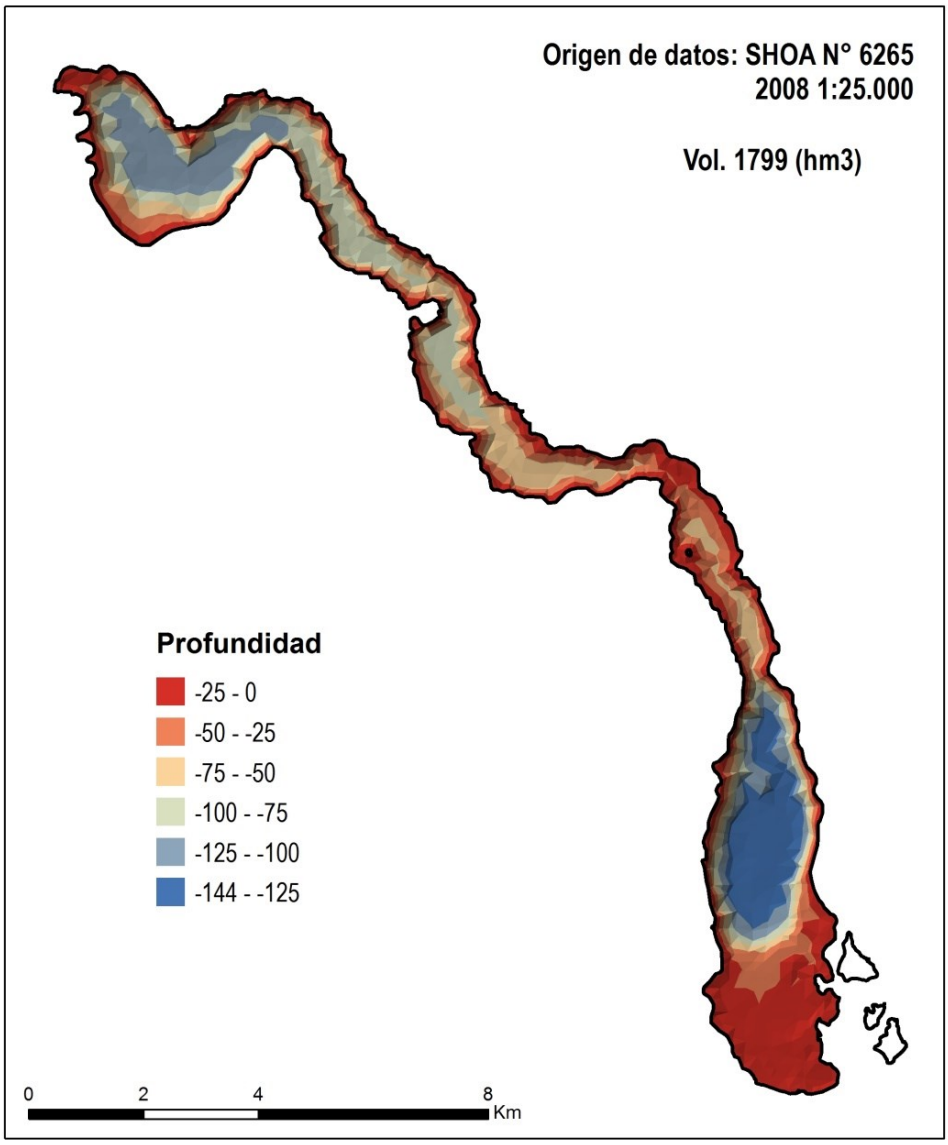


Figura 38. Batimetría del lago Pirihueico.

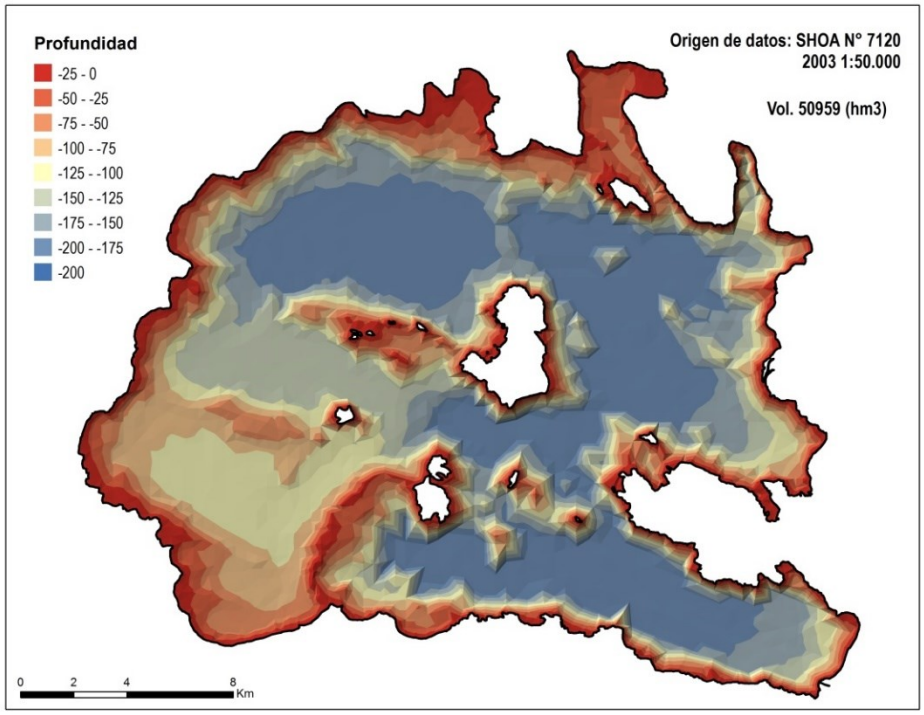


Figura 39. Batimetría del lago Ranco.

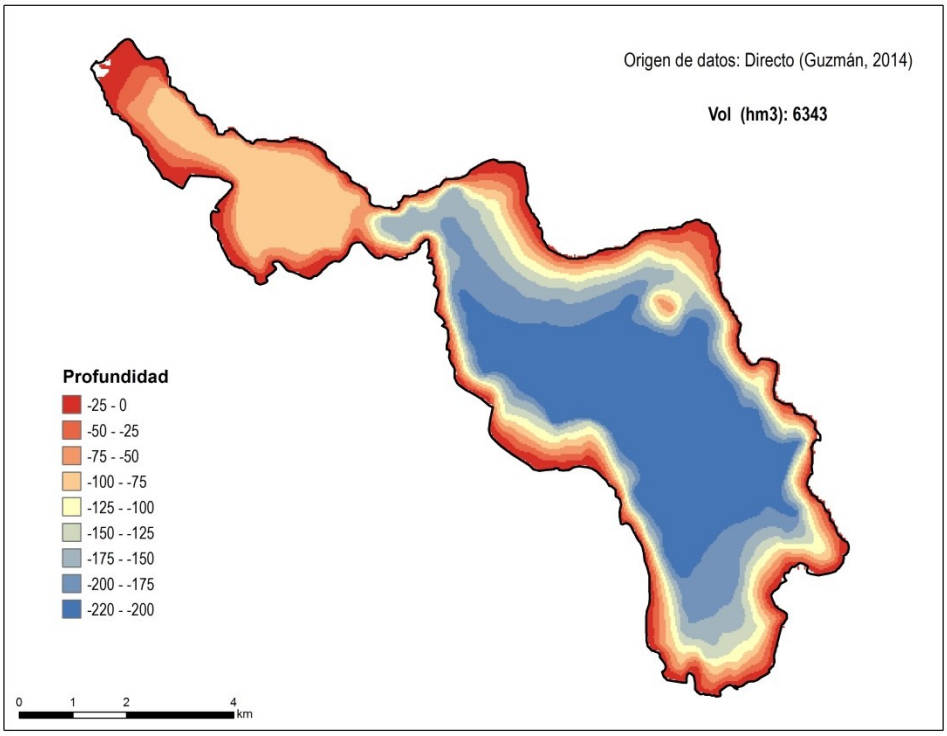


Figura 40. Batimetría del lago Maihue.

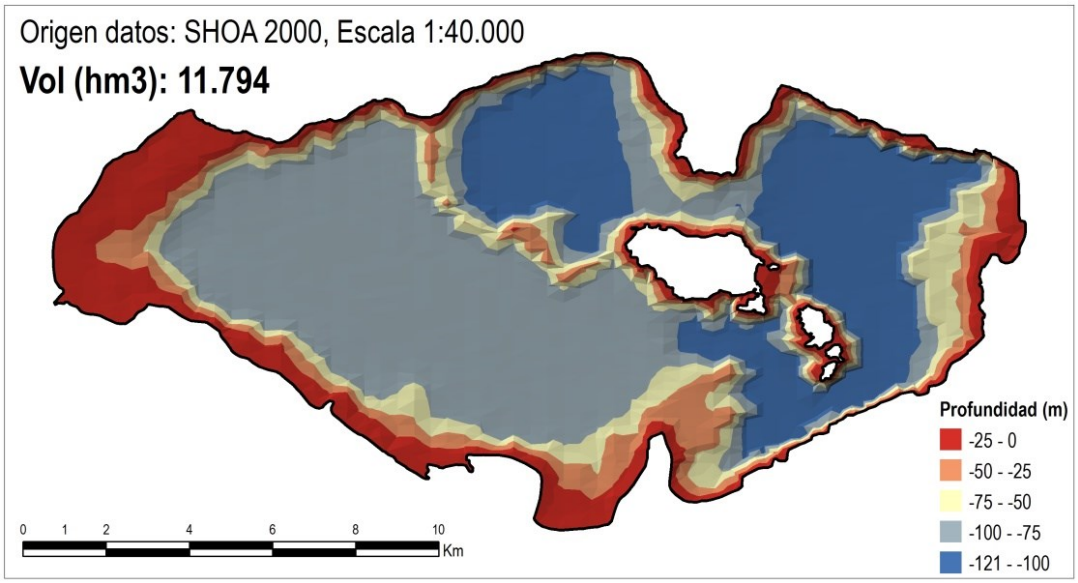


Figura 41. Batimetría del lago Puyehue.

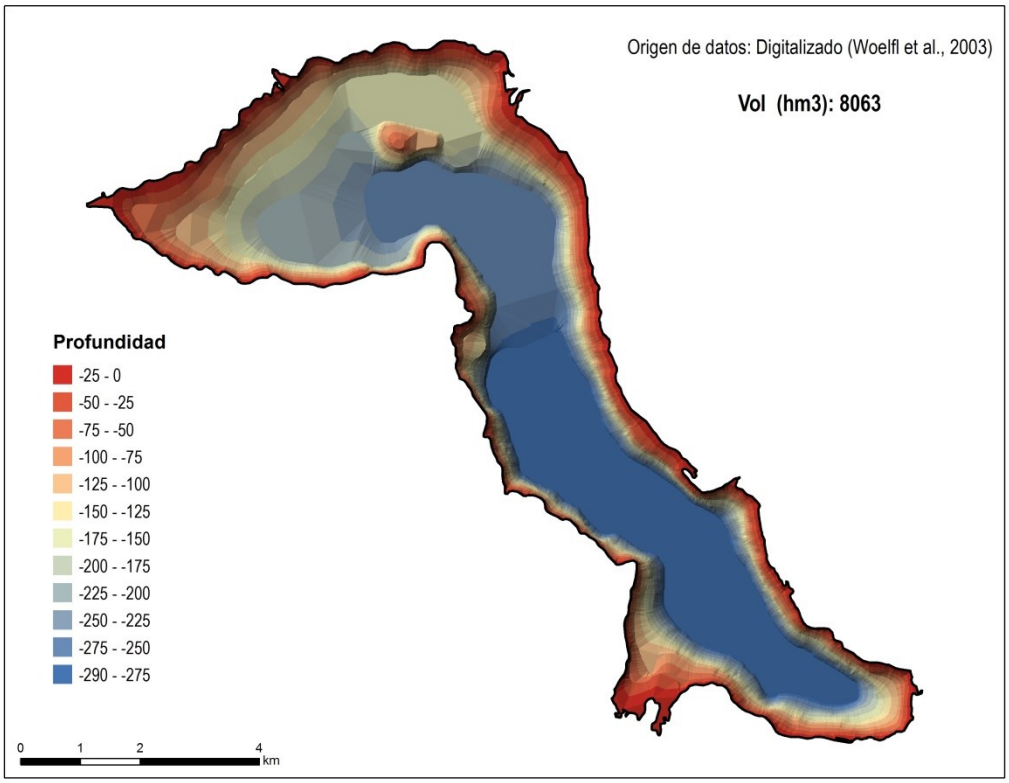


Figura 42. Batimetría del lago Chapo.

4.7 Parámetros hidrológicos

En cuanto a la información hidrológica es importante destacar que solo algunos lagos presentan estaciones hidrometeorológicas (https://dga.mop.gob.cl/servicioshidrometeorologicos) en sus cuencas de drenaje. En la Tabla 42 se presentan los caudales medios mensuales (m^3/s) de los últimos 10 años de los tributarios y/o efluentes de los lagos Colico, Calafquén, Pullinque, Panguipulli, Riñihue, Pirihueico, Maihue y Rupanco y en la Tabla 43 los valores correspondientes a las precipitaciones medias mensuales, para el mismo periodo de tiempo, para los lagos Colico, Carburgua, Tinquilco, Calafquén, Panguipulli, Riñihue, Pirihueico, Ranco, Maihue, Rupanco y Chapo. Para los lagos que no mencionan, no hay información disponible de caudales (Huilipilun, Caburgua, Tinquilco, Pellaifa, Pullinque, Neltume, Huishue, Gemelas, Gris Constancia, Puyehue, Todos los Santos y Chapo) y precipitación (Huilipilun, Pellaifa, Neltume, Ranco, Huishue, Gemelas, Gris, Constancia, Puyehue y Todos los Santos), respectivamente. De acuerdo con estas tablas es importante destacar clima lluvioso y caudales abundantes, con un comportamiento marcadamente estacional, con los mayores caudales y precipitaciones en invierno, mientras que en verano se alcanzan los menores valores de estos parámetros. Además, se destaca en cuanto a precipitaciones, el Lago Pirihueico, con un valor promedio anual de 3712 mm y los caudales registrados en el Lago Riñihue, con valores de afluente y efluente de 294 m^3/s y 315 m^3/s, respectivamente.

Tabla 42. Información hidrológica de caudales medios mensuales (m^3/s) de los últimos 10 años disponible para los lagos Norpatagónicos. Información extraída de la base de datos de la DGA, ver Anexo digital, carpeta "Base_Datos_Caudales_Precipitación_LNP" (Anexo 9).

Lago	**Colico**		**Calafquén**	**Pullinque**	**Panguipulli**	**Riñihue**		**Pirihueico**		**Maihue**	**Rupanco**
Efluente/Afluente	A	E	E	A	E	A	E	A	E	E	E
Mes/Estación-Río	Río Trafampulli	Río Curaco	Canal Hueninca	Canal Hueninca	Río Enco	Río Enco	Río San Pedro	Río Hua Hum	Río Fuy	Río Calcurrupe	Río Rahue
Código BNA	9405007-3	9405001-4	10106022-5	10106022-5	10110002-2	10110002-2	10113003-7	10100006-0	10100002-8	10304001-9	10340001-5
UTM Norte	5669263	5672662	5618214	5618214	5583439	5583439	5594066	5557777	5582185	5543000	5482222
UTM Este	252113	743911	748350	748350	745014	745014	717779	271685	252706	733081	694824
Enero	4	16	41	41	175	175	181	26	29	95	74
Febrero	2	9	40	40	105	105	130	13	12	75	60
Marzo	3	8	40	40	105	105	122	10	7	73	56
Abril	5	18	37	37	142	142	140	12	10	88	58
Mayo	9	30	40	40	203	203	215	21	25	130	88
Junio	24	76	58	58	400	400	470	56	87	220	131
Julio	25	75	70	70	491	491	519	66	88	220	144
Agosto	24	80	73	73	459	459	558	79	103	254	150
Septiembre	20	55	69	69	398	398	479	78	96	212	137
Octubre	21	46	65	65	419	419	405	78	89	166	117
Noviembre	17	30	63	63	385	385	324	75	84	151	98
Diciembre	8	20	44	44	241	241	236	50	51	115	82
Caudal medio anual	**14**	**39**	**53**	**53**	**294**	**294**	**315**	**47**	**57**	**150**	**99**

Tabla 43. Información de la precipitación media anual (mm) de los últimos 10 años disponibles para los lagos Nor-patagónicos. Información extraída de la base de datos de la DGA, ver Anexo digital, carpeta "Base_Datos_Caudales_Precipitación_LNP" (Anexo 9).

Lago	Colico	Caburgua	Tinquilco	Calafquén	Panguipulli	Riñihue	Pirihueico	Ranco	Maihue	Rupanco	Chapo
Año/Estación-Río	Curaco	Lago	Lago	Lago	Río Enco	Lago	Pto. Fuy	Lago	Lago	Río Rahue	Lago
Código BNA	09405001-4	09417001-k	09416002-2	10106002-0	10110002-2	10111002-8	10100002-8	10307001-5	10304002-7	10340001-5	10430001-4
UTM Norte	5672662	5658705	5660514	5618836	5583439	5594216	5582185	5533882	5544126	5482222	5412232
UTM Este	743911	260612	263997	746258	745014	718105	252706	715049	742815	694824	700916
2011	S.I.	2157	2637	1722	S.I.	2117	3662	1830	2397	1744	2984
2012	S.I.	2469	2386	1866	S.I.	2325	4185	2220	2877	1794	2991
2013	S.I.	2122	2415	1537	S.I.	1905	3859	1790	2105	1530	2983
2014	711	2380	2367	1842	S.I.	2275	4391	1747	2359	1338	2931
2015	43	2508	2487	3272	S.I.	2417	3949	1756	2415	1632	733
2016	1471	1461	1839	1396	S.I.	1502	2468	1080	1507	1176	S.I.
2017	856	1522	2132	1963	687	2288	4032	1756	2302	1825	S.I.
2018	2424	2451	2858	2058	1036	2331	3964	604	2151	1472	S.I.
2019	861	2109	2755	1510	1423	1926	3533	1284	1510	1238	S.I.
2020	127	925	2161	1495	849	1560	3077	235	1539	1431	S.I.
Pp. Media Anual	**928**	**2010**	**2404**	**1866**	**999**	**2064**	**3712**	**1430**	**2116**	**1518**	**2525**

S.I.: Sin información disponible

4.8 Elaboración del modelo conceptual "Forzantes-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas" (DPSIR).

Esta metodología se basa en el esquema del modelo Fuerza-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), la cual constituye un marco reconocido y extendido para la organización del estado del ecosistema. Este esquema, propuesto y adoptado por la agencia Europea del Medio Ambiente (DMA, 2000), a partir de un modelo inicial de la OCDE, tiene su origen en los estudios sociales y se utiliza particularmente en la organización de sistemas de indicadores en el contexto del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Se trata de un modelo sencillo que explica las relaciones del hombre con su entorno, basado en las relaciones causa-efecto entre los componentes de los sistemas sociales, económicos y ambientales, los cuales están interrelacionados por naturaleza y en la gestión del flujo de información entre ellos.

Su utilización es tan extendida que se encuentra en la mayoría de los anuarios de medio ambiente de los países desarrollados y en muchos de los elaborados por los organismos internacionales como Naciones Unidas, la OCDE y la Agencia Europea de Medio Ambiente.

A continuación, se analizan en orden los elementos dentro de este modelo, de acuerdo con lo que describe la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000):

- Fuerzas Impulsoras (Drivers): También llamado fuerzas motrices describe las condiciones ambientales, sociales, demográficas y económicas que influencian significativamente sobre las presiones.
- Presiones (Pressure): Son las actividades humanas que causan o pueden causar problemas en el medio ambiente. Los indicadores de presión describen la emisión de sustancias contaminantes, y el uso de los recursos naturales.
- Estado (State): El estado puede describirse como las condiciones del sistema en un momento específico y están representados por un conjunto de atributos que son

afectados por las presiones. El estado depende además de las condiciones naturales, de las presiones sobre el medio, y de las medidas de protección del medio ambiente que se hayan implantado.

- Impacto (Impact): Los impactos muestran las consecuencias de los cambios en el estado del medio ambiente o en la población, una vez identificadas las presiones que actúan sobre los cuerpos de agua.
- Respuesta (Response): Los indicadores de respuesta reflejan las iniciativas de la sociedad y la administración para mejorar los problemas ambientales.

El desarrollo de este modelo se basó en el análisis de los datos secundarios recopilados durante el desarrollo de esta investigación.

A continuación, se exponen las líneas generales seguidas para el análisis de Fuerzas Impulsoras, Presión, Estado, Impactos y Respuestas, para llevar a cabo su identificación en los lagos Nor-patagónicos.

Fuerzas Impulsoras: Como se menciona anteriormente, las fuerzas impulsoras o motrices se refieren a cualquier "factor" que produzca un efecto ambiental, o induzca un cambio ambiental, estos pueden ser de forma natural o inducidos por el hombre.

Para la selección de las que tienen mayor impacto, se utilizó el enfoque de Bowen y Riley (2003), Borja et al., (2006). En donde en base a un conjunto de datos bibliográficos, se seleccionan los que reflejan una adecuada interacción.

Ejemplos de impulsores:

- Demográficos (Población, número de hogares, etc.)
- Socioeconómicos
- Tecnológicos

La identificación de las fuerzas correspondientes al área de estudio se efectuó con la información sistematizada e integrada en esta investigación, los cuales responden al desarrollo de actividades económicas identificadas a partir de los proyectos SEIA de cada una de las cuencas aportantes de cada lago en estudio.

Presiones: Son producidas por las actividades humanas de forma directa. Para la identificación de estas se siguieron las indicaciones de la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000) en donde se recopiló información bibliográfica sobre el tipo y la magnitud de las presiones antropogénicas significativas a las que pueden estar sometidos las aguas superficiales, en particular, a modo de ejemplo esta estimación se basa en factores como:

- Contaminación de fuente puntual
- Contaminación por fuente difusa
- Extracción de agua (DDA)
- Alteraciones hidro-morfológicas
- Usos del agua

Estado: Un buen estado en los sistemas acuáticos se da cuando las concentraciones de contaminantes no exceden los estados de calidad ambiental, de acuerdo con la normativa vigente.

Para conocer el estado actual en el que se encuentran los lagos, se consideró la base de datos fisicoquímicos elaborada en el presente proyecto de asistencia técnica. De acuerdo con ella es posible señalar que todos los lagos en estudio presentan una condición oligotrófica. No obstante, estos lagos no cuentan con una norma secundaria de calidad del agua, es posible utilizar los criterios internacionales establecidos para sistemas oligotróficos como valores de referencia para el limitar la presencia de nutrientes en sus aguas.

Impactos: Para la identificación de este punto, se debe comprender que un impacto se define en el modelo, como el efecto ambiental que produce una determinada presión (DMA, 2006). Los impactos se relacionan con los cambios en el bienestar humano

causados por los cambios en el estado ambiental e incluyen la producción de bienes y servicios ecosistémicos.

Es importante señalar que la relación de cada lago en estudio con las distintas forzantes, presiones e impactos se estableció vinculando la incidencia de cada proyecto en el área de emplazamiento, ya sea directa e indirectamente; de esta forma se asume que los impactos son puntuales o potenciales a lo largo del tiempo considerando el desarrollo de la actividad (*e.g* desarrollo demográfico).

Servicios Ecosistémicos:

Los servicios ecosistémicos (SE) son contribuciones que los ecosistemas hacen al bienestar humano, que surgen de la interacción de procesos bióticos y abióticos (Haines & Potschin, 2010). En algunos casos la gente no los percibe (Costanza, 1997), por lo cual se han establecido metodologías para su identificación y cuantificación. Este trabajo seguirá la propuesta de la Evaluación de Ecosistemas de Milenio, programa general de las Naciones Unidad, la cual propone agrupar en tres ejes principales definidos como SE de provisión, SE de Regulación y SE Culturales.

Los pasos por seguir son los siguientes:

1) Delimitación del Socio-ecosistema
2) Identificación de las Unidades Suministradoras de los SE
3) Identificación de los SE
4) Identificación de los beneficiarios de los SE
5) Cuantificación de los SE.

El uso de los SE permite vincular mejor su relación con la sociedad, ya que por ejemplo la interpretación de las fuerzas impulsoras en el modelo coincide con los impulsores indirectos conceptualizados por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MA, 2005), y lo mismo para el caso de las presiones del modelo.

4.8.1 Identificación de Forzantes

De acuerdo con la información sistematizada en el objetivo específico uno, que refleja la información disponible en Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y datos de la Superintendencia de Medio Ambiente- Ministerio de Medio Ambiente (SMA-MMA), que guarda relación con el desarrollo de actividades e identificación de fuentes puntuales y difusas; se identificaron los forzantes capaces de provocar impactos en la calidad de agua de los lagos Nor-patagónicos estudiados. Hay que tener en consideración que las forzantes no son específicas, debido a que una misma variable puede tener un impacto económico-social positivo, pero uno negativo en la dimensión ambiental en cada uno de los lagos en estudio. Rara vez son observados de manera directa por lo que deben ser caracterizados entendiendo sus efectos (MEA 2003).

En este sentido, la mayor parte de las forzantes identificadas están asociadas a procesos o conjuntos de procesos que actúan de manera difusa, alterando el funcionamiento de los ecosistemas generando una o más presiones. Estas forzantes corresponden a componentes demográficos, socioeconómicos, sociopolíticos, culturales y tecnológicos; donde muchas veces la interacción de varios de estos forzantes aumenta la demanda y el consumo de los recursos. De manera excepcional y de acuerdo con el contexto natural de nuestro país, hemos considerado forzantes de tipo natural que ejercen una presión indirecta en los ecosistemas naturales.

En consecuencia, los forzantes identificados se presentan en la Tabla 44, donde la mayor parte de las forzantes responden al desarrollo de actividades Socioeconómicas de las áreas de interés repercutiendo a través de sus presiones e impactos en el flujo de servicios ecosistémicos que provee. El detalle de cada una de estas forzantes sobre los lagos en estudio se encuentra disponible en el Anexo 10, documento excel “Forzantes_LNP”.

Por ejemplo, el desarrollo de la *Producción Acuícola* permitirá aumentar la disponibilidad de alimento, lo que representa un aumento de la provisión del recurso, sin embargo, a

expensas del aporte de contaminantes y residuos a los sistemas acuáticos e incluso la invasión de especies exóticas. En este sentido, la percepción de los cambios provocados en los ecosistemas a través de la identificación de forzantes debe ser considerada al momento de dirigir las intervenciones o respuestas sociales orientadas a mejorar los problemas, y es lo que pretende evidenciar la utilización del modelo Forzante-Presión-Estado-Impacto-Respuesta.

Tabla 44. Principales forzantes identificados en las áreas de estudio.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD
Demográfico	Desarrollo demográfico rural y urbano	Viviendas áreas aportantes lagos
	Actividades de transporte	Navegación y transporte de pasajeros
Socioeconómicos	Producción acuícola	Proyectos de acuicultura
	Infraestructura y transporte	Estación de servicio, reposición ruta y torres de comunicación
	Actividad Inmobiliaria	Proyectos Inmobiliarios
	Actividad Minera	Extracción de áridos
	Actividad turística	Turismo, Sendero y Equipamientos en Parques
	Actividad Forestal	Monocultivo forestal
	Incendios	
	Actividad agropecuaria	Uso de suelo agropecuario/Centro Faenamiento, Planta Proceso
	Generación Hidroeléctrica	Construcción y/o ampliación de centrales
	Infraestructura Portuaria	Construcción puertos, atracaderos, rampas, boyas de fondeo para embarcaciones.
Culturales	Regulación Uso Territorio	Modificación Plan Regulador
Tecnológicos	Saneamiento ambiental	Alcantarillado y Plantas de tratamiento
		Sistema de tratamiento RILES agroindustria
		Tratamiento de RILES de piscicultura
Natural	Vulcanismo (Directo e Indirecto)	Erupción volcánica
	Geológico	Eutroficación Natural
	Cambio Climático	

4.8.2 Identificación de Presiones

De acuerdo con las forzantes identificadas en el ítem anterior, se seleccionaron las presiones que pueden producir impactos en la calidad de las aguas de los lagos Norpatagónicos de Chile, tanto a nivel general como particular. En este sentido, las presiones influyen de manera directa en los procesos ecosistémicos, siendo factores naturales o

inducidos por los seres humanos que actúan sobre los procesos biofísicos de los ecosistemas, y pueden medirse con distintos grados de exactitud. Debe quedar claro que tanto los forzantes como las presiones actúan de manera conjunta.

En contexto con la información recopilada, se corrobora que las principales presiones coinciden en la mayoría de los casos con las propuestas generales de la Evaluación de los Ecosistemas el Milenio (MA 2005), y se asocian al cambio de *uso de suelo*, *contaminación del agua, invasión de especies exóticas, sobreexplotación de recursos, cambios de los ciclos biogeoquímicos*, cuyos efectos se verán acentuados por el *cambio climático (Montes & Sala 2007)*.

En este sentido, el cambio en los usos del suelo suele influir directamente en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lacustres, así como en su biodiversidad. Por otro lado, el aumento de la contaminación por fertilizantes y/o pesticidas es otra gran presión asociada a las actividades agropecuarias, así como lo puede llegar a ser los cambios en el balance de los ciclos biogeoquímicos y la proliferación de especies invasoras, que desplazan a las poblaciones autóctonas (ocupado sus hábitats, compitiendo por alimento o predando directamente).

También son importantes las descargas de residuos sólidos y líquidos en las aguas donde se encuentran localizados los centros de cultivo, los cuales contienen: plásticos, estructuras metálicas, alimentos no ingeridos, excreciones, materia fecal, productos químicos, microorganismos y parásitos. En el caso de la industria del salmón, del total del alimento suministrado a las especies, el 75% y 80% quedaba en el ecosistema depositándose en el fondo marino (Buschmann, 2001). En la actualidad los estándares de calidad, la preocupación por el medio ambiente y nuevas exigencias de la normativa vigente, han impulsado nuevas tecnologías y procedimientos para aminorar los desperdicios que se eliminan al medio ambiente, mediante técnicas de reutilización con el propósito de elaborar subproductos, tales como el aceite y la harina de pescado (Claude et al., 2000). Estas y otras presiones se identifican en la Tabla 45).

Tabla 45. Principales presiones asociadas a los forzantes identificados en las áreas de estudio.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES
Demográfico	Desarrollo demográfico rural y urbano	Viviendas áreas aportantes lagos	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes) Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, presencia de fosas sépticas y/o pozos negros). Aporte de Nutrientes: Materia Orgánica, sedimentos provenientes área de drenaje.
	Actividades de transporte	Navegación y transporte de pasajeros	Aporte de hidrocarburos por atraque de embarcaciones motorizadas para carga y descarga de pasajeros o mercancías.
Socioeconómico	Producción acuícola	Proyectos de acuicultura	Invasión de especies exóticas (escape de especies de cultivo). Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes área de drenaje. Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes
	Infraestructura y transporte	Estación de servicio, reposición ruta y torres de comunicación	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)
	Actividad Inmobiliaria	Proyectos Inmobiliarios	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes) Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes área de drenaje. Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, y presencia de fosas sépticas y/o pozos negros). Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes
	Actividad Minera	Extracción de áridos	Cambio en la hidrogeomorfología del cauce para aquellas actividades dentro de las áreas de drenaje de los lagos. Extracción de recursos no metálico (incluyen compuestos y rocas utilizados en la construcción, como fertilizantes o en productos químicos de síntesis. Los más utilizados son: nitratos, sulfatos, fosfatos, mármol, granitos, arenas y gravas).
	Actividad turística	Turismo, Sendero y Equipamientos en Parques	Aumento intensivo actividades turísticas y recreativas.
			Invasión de especies exóticas (ejemplo Didymo).
	Actividad Forestal	Monocultivo forestal	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes) Erosión del suelo (aporte de nutrientes y sedimentos por nutrientes a través de escorrentía superficial por efecto de la erosión y remoción de suelo). Aplicación de herbicidas y pesticidas en producción forestales (Lixiviación e infiltración de estos compuestos, incorporación a la red de drenaje) /Aporte de nutrientes
	Incendios		Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes) Destrucción cubierta vegetal
	Actividad agropecuaria	Uso de suelo agropecuario/Centro Faenamiento, Planta Proceso	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes) Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES
			Aplicación de herbicidas y pesticidas en producción forestales (Lixiviación e infiltración de estos compuestos, incorporación a la red de drenaje) /Aporte de materia orgánica, nutrientes, sedimentos provenientes área de drenaje, purines de agroindustria Erosión del suelo (aporte de nutrientes y sedimentos por nutrientes a través de escorrentía superficial por efecto de la erosión y remoción de suelo). Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, presencia de fosas sépticas y/o pozos negros).
	Generación Hidroeléctrica	Construcción y/o ampliación de centrales	Alteración del régimen hídrico/Operación de la Central.
	Infraestructura Portuaria	Construcción puertos, atracaderos, rampas, boyas de fondeo para embarcaciones.	Aporte de hidrocarburos por atraque de embarcaciones motorizadas para carga y descarga de pasajeros o mercancías. Cambio geomorfológico del borde costero por construcción de infraestructura portuaria
Culturales	Regulación Uso Territorio	Modificación Plan Regulador	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)
Tecnológicos	Saneamiento ambiental	Alcantarillado y Plantas de tratamiento	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes
		Sistema de tratamiento RILES agroindustria	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes
		Tratamiento de RILES de piscicultura	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes
Natural	Vulcanismo (Directo e Indirecto)	Erupción volcánica	Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES
	Geológico	Eutroficación Natural	Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes área de drenaje
	Cambio Climático		Intensificación de Eventos Extremos: Aumento en la radiación
			Intensificación de Eventos Extremos: Aumento en la temperatura
			Intensificación de Eventos Extremos: Disminución de precipitaciones
			Intensificación de Eventos Extremos: Disminución de caudales afluentes a los lagos

4.8.3 Estado Ambiental

De acuerdo con la información fisicoquímica y biológica sistematizada en este informe, se evidencia que los lagos en su mayoría presentan una condición oligotrófica, lo cual se corrobora con la información resumida en la Tabla 46.

Tabla 46. Condición trófica de los lagos en estudio de acuerdo con la información disponible.

N°	LAGO	RESULTADOS INCLUÍDOS EN ESTE ESTUDIO
1	Colico	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
2	Caburgua	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
3	Huilipilún	S.I
4	Tinquilco	Oligotrófico
5	Calafquén	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
6	Pullinque	S.I.
7	Pellaifa	S.I.
8	Pirihueico	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
9	Neltume	Ultraoligotrófico/Oligotrófico – Mesotrófico
10	Panguipulli	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
11	Riñihue	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
12	Ranco	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
13	Maihue	Oligotrófico
14	Huishue	S.I.
15	Gemelas	S.I.
16	Gris	S.I.
17	Constancia	S.I.
18	Puyehue	Ultraoligotrófico/Oligotrófico – Mesotrófico
19	Rupanco	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
20	Todos Los Santos	Ultraoligotrófico/Oligotrófico
21	Chapo	Ultraoligotrófico/Oligotrófico

S.I.: Sin información disponible

Lo anterior, concuerda con lo reportado en el estudio "*Análisis y Reformulación de red de monitoreo de lagos región de los ríos*" (DGA 2017), para los lagos Panguipulli, Riñihue, Calafquén, Neltume, Pirihueico y Puyehue. Donde particularmente, las mediciones de algunos parámetros físico - químicos (*e.g*. nutrientes), han permitido elaborar diversos diagnósticos, señalando que en la mayoría de los lagos el fósforo presenta fluctuaciones temporales, las cuales tienden aumentar en la mayoría de los lagos, al igual que el nitrógeno total en los lagos Riñihue y Calafquén, mientras que en Panguipulli y Neltume disminuyen (Figura 43) (ver *Análisis y Reformulación de red de monitoreo de lagos región de los ríos*" (DGA 2017)). Esta condición no está exenta de la infiltración de aguas utilizadas en la salmonicultura y de aguas servidas provenientes de sectores aledaños que no cuentan con plantas de tratamiento (*e.g* Lago Calafquén). Dicha adición de nutrientes a los cuerpos acuáticos ha sido reconocida internacionalmente como una de las causas de desbalance de los procesos productivos internos y el origen de los cambios en el estado trófico de los cuerpos de agua afectados (Costa-Pierce & Soemarwoto, 1990; Costa-Pierce, 1996), de modo que el servicio de depuración del agua es el que generalmente se encuentra más degradado. Paralelamente, estos cambios pueden estar asociados también a los cambios de uso de suelo en las respectivas cuencas, siendo progresivo el reemplazo de bosque nativo hacia suelos con usos agrícolas, forestales y turísticos.

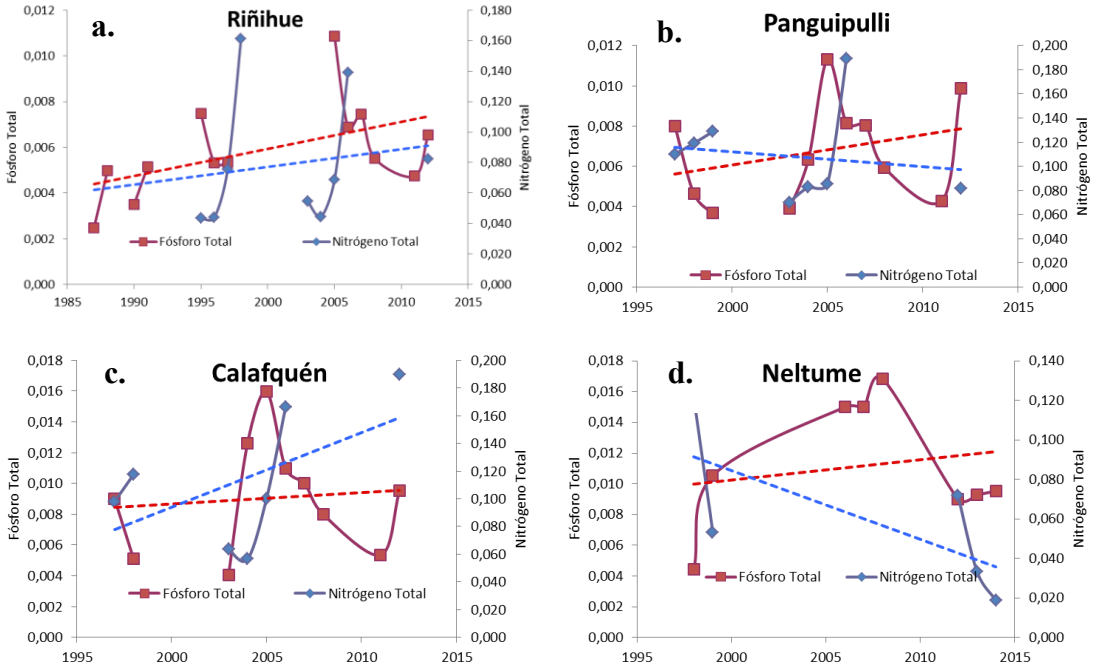


Figura 43. a.Tendencia nutrientes Lago Riñihue b. Lago Panguipulli c. Lago Calafquén d. Lago Neltume (Extraído de Análisis y Reformulación de red de monitoreo de lagos región de los ríos" (DGA 2017)).

Es importante considerar además que la información del componente *"Estado"* se complementó con la levantada en la sección 6.3.3 que hace alusión a los servicios ecosistémicos identificados para cada una de las áreas de interés. Sin embargo, es importante señalar que es necesario levantar información en terreno, con apoyo de los diversos actores que habitan el territorio, de manera de sistematizar la información del Estado Ambiental de cada uno de los socio-ecosistemas.

4.8.4 Impactos

En relación con los impactos, las condiciones ambientales y la calidad de las aguas hacen del sur de Chile el área idónea para situar y desarrollar todo tipo de actividades, a diferencia

de otros espacios geográficos (Buschmann et al., 2002, Bustos, 2012). En este sentido, lo que mayormente se releva para la mayoría de los lagos en estudio guardan relación con la industria acuícola, lo que genera efectos ambientales significativos (Buschmann 2001). Más aun considerando que en Chile, la pesca y la acuicultura constituyen una actividad económica relevante, cuyo aporte se estima en un 1 % del Producto Interno Bruto (PIB), alcanzando el 8 % de las exportaciones nacionales en 2016 (Buschmann et al., 2019).

Por otro lado, la disminución de la calidad el agua de los ecosistemas lacustres podría verse afectada por eventos de eutroficación (Aparicio, 2012), perturbando las características de los ecosistemas, alterando la cadena trófica e incrementando la entropía, con consecuencias ecológicas evidentes, como ecosistemas con biodiversidad reducida y que albergan especies oportunistas invadiendo nichos de otras especies. A su vez, la transmisión de enfermedades a fauna silvestre asociada trae consigo importantes efectos sobre la fauna local, especialmente por la competencia que se genera por el alimento común y por el espacio geográfico, y porque se perturba la solidez genética (Claude et al., 2000). Sumando la disminución del valor del paisaje y la pérdida de áreas recreativas producto de la construcción de instalaciones de diversa índole (*e.g* galpones, casetas, balsas, infraestructura portuaria), que entregan características artificiales al paisaje natural. El detalle de los impactos se presenta en la Tabla 47.

Tabla 47. Principales impactos asociadas a las presiones identificadas en las áreas de estudio.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
Demográfico	Desarrollo demográfico rural y urbano	Viviendas áreas aportantes lagos	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Fragmentación de hábitat/Enfermedades Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, presencia de fosas sépticas y/o pozos negros).	Disminución de la calidad del agua (contaminación microbiológica, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas). Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte de Nutrientes: Materia Orgánica, sedimentos provenientes de área de drenaje	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Floración algal Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas). Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Actividades de transporte	Navegación y transporte de pasajeros	Aporte de hidrocarburos por atraque de embarcaciones motorizadas para carga y descarga de pasajeros o mercancías.	Disminución de la calidad del agua (aporte de hidrocarburos). Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Disminución del valor estético del paisaje. Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
Socioeconómico	Producción acuícola	Proyectos de acuicultura	Invasión de especies exóticas (escape de especies de cultivo).	Transmisión de enfermedades de fauna silvestre (traspaso de patologías a la ictiofauna local)
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
			Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Cambios en la integridad del hábitat acuático (contaminación del borde y fondo lacustre por residuos sólidos).
				Disminución de la calidad del agua (contaminación microbiológica, aumento del estado trófico
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje).
			Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes de área de drenaje	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
				Floración algal
				Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas).
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Enfermedades (transmisión a fauna silvestre)
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
	Infraestructura y transporte	Estación de servicio, reposición ruta y torres de comunicación	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo.
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje).
				Fragmentación de hábitat/Enfermedades
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
			(altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Actividad Inmobiliaria	Proyectos Inmobiliarios	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Fragmentación de hábitat/Enfermedades Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes de área de drenaje	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Floración algal Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas). Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, y presencia de fosas sépticas y/o pozos negros).	Disminución de la calidad del agua (contaminación microbiológica, aumento del estado trófico) Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas).
			Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual). Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
				acuática.
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Enfermedades (transmisión a fauna silvestre) Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
	Actividad Minera	Extracción de áridos	Cambio en la hidrogeomorfología del cauce para aquellas actividades dentro de las áreas de drenaje de los lagos.	Cambios en la integridad del hábitat acuático (alteración física y morfológica del hábitat). Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática (cambios en las comunidades de fondo) Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Extracción de recursos no metálico (incluyen compuestos y rocas utilizados en la construcción, como fertilizantes o en productos químicos de síntesis. Los más utilizados son: nitratos, sulfatos, fosfatos, mármol, granitos, arenas y gravas).	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, aumento de metales y sólidos disueltos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Actividad turística	Turismo, Sendero y Equipamientos en Parques	Aumento intensivo actividades turísticas y recreativo.	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática (cambios en las comunidades de fondo) Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Invasión de especies exóticas (ejemplo Didymo).	Transmisión de enfermedades de fauna silvestre Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica,

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
				nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje).
	Actividad Forestal	Monocultivo forestal	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Fragmentación de hábitat/Enfermedades Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Erosión del suelo (aporte de nutrientes y sedimentos a través de escorrentía superficial por efecto de la erosión y remoción de suelo).	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
			Aplicación de herbicidas y pesticidas en producción forestal (Lixiviación e infiltración de estos compuestos, incorporación a la red de drenaje) /Aporte de nutrientes	Disminución de la calidad del agua (incorporación de compuestos tóxicos). Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Incendios		Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Fragmentación de hábitat/Enfermedades Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
			Destrucción cubierta vegetal	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo.
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y degradación del paisaje).
				Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad.
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Actividad agropecuaria	Uso de suelo agropecuario/Centro Faenamiento, Planta Proceso	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo.
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje).
				Fragmentación de hábitat/Enfermedades
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Enfermedades (transmisión a fauna silvestre)
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
			Aplicación de herbicidas y pesticidas en producción forestal (Lixiviación e	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
			infiltración de estos compuestos, incorporación a la red de drenaje) /Aporte de materia orgánica, nutrientes, sedimentos provenientes área de drenaje, purines de agroindustria	Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Erosión del suelo (aporte de nutrientes y sedimentos a través de escorrentía superficial por efecto de la erosión y remoción de suelo).	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
			Aporte de coliformes fecales (ausencia de conexión al sistema de alcantarillado, presencia de fosas sépticas y/o pozos negros).	Disminución de la calidad del agua (contaminación microbiológica, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas). Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Generación Hidroeléctrica	Construcción y/o ampliación de centrales	Alteración del régimen hídrico/Operación de Centrales.	Cambios en la integridad del hábitat acuático (cambios en los flujos de caudal). Cambio del estado trófico (mesotrofía) debido a la disminución de caudales de crecidas necesarios para producir el lavado de la cuenca. Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática ocasionada por ejemplo por la aducción de biota con riesgo de ser turbinados. Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Afectación de comunidades locales y /o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Infraestructura Portuaria	Construcción puertos, atracaderos, rampas, boyas de fondeo para embarcaciones.	Aporte de hidrocarburos por atraque de embarcaciones motorizadas para carga y descarga de pasajeros o mercancías.	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
			Cambio geomorfológico del borde costero por construcción de infraestructura portuaria	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
Culturales	Regulación Uso Territorio	Modificación Plan Regulador	Cambio Uso Suelo: Reemplazo de cobertura natural para la construcción de viviendas para desarrollo turístico o intensificación de actividades productivas (altera tasas transporte, sedimentos y nutrientes)	Pérdida de áreas de interés turístico y recreativo. Disminución del valor estético del paisaje (cambio y artificialización del paisaje). Fragmentación de hábitat/Enfermedades Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
Tecnológicos	Saneamiento ambiental	Alcantarillado y Plantas de tratamiento	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Disminución de la calidad del agua (contaminación microbiológica, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/ o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Enfermedades (transmisión a fauna silvestre) Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
		Sistema de tratamiento RILES agroindustria	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Disminución de la calidad del agua (disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Afectación de comunidades locales y/ o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
				Enfermedades (transmisión a fauna silvestre)
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
		Tratamiento de RILES de piscicultura	Descarga de residuos al sistema acuático originados por proceso productivo o saneamiento ambiental	Disminución de la calidad del agua (disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
				Afectación de comunidades locales y/ o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
			Aporte Antibióticos, sales y otros contaminantes emergentes	Disminución de la calidad del agua (aumento de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Enfermedades (transmisión a fauna silvestre)
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
Natural	Vulcanismo (Directo e Indirecto)	Erupción volcánica	Destrucción cubierta vegetal y erosión de suelo.	Disminución de la calidad del agua (disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y degradación del paisaje).
			Erosión del suelo (aporte de nutrientes y sedimentos a través de escorrentía superficial por efecto de la erosión y remoción de suelo).	Disminución de la calidad del agua (disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y degradación del paisaje).
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática
			Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes de área de drenaje	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico
				Floración algal
				Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas).
				Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática.

FORZANTE	COMPONENTE	ACTIVIDAD	PRESIONES	IMPACTOS
				Disminución del valor estético del paisaje (cambio y degradación del paisaje).
	Geológico	Eutroficación Natural	Aporte de materia orgánica, sedimentos provenientes de área de drenaje	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Floración algal Problemas de uso de contacto directo (alteración de actividades recreativas y turísticas). Disminución del valor estético del paisaje (cambio y degradación del paisaje). Afectación de comunidades locales y/ o indígenas (degradación de sitios de significancia cultural y espiritual).
	Cambio Climático		Intensificación de Eventos Extremos: Aumento en la radiación Intensificación de Eventos Extremos: Aumento en la temperatura Intensificación de Eventos Extremos: Disminución de precipitaciones Intensificación de Eventos Extremos: Disminución de caudales afluentes a los lagos	Disminución de la calidad del agua (aumento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto en la columna de agua, aumento del estado trófico, Pérdida de biodiversidad. Variación en la composición y abundancia de la biodiversidad acuática. Floración algal

4.8.5 Respuestas

De acuerdo con la información disponible fue posible identificar algunas respuestas que a nivel local se están o se han ido implementando a lo largo del tiempo y que principalmente, guardan relación con la planificación del territorio en términos generales. En este sentido, es posible encontrar documentación que da cuenta de pequeñas menciones en la gestión de las áreas de estudio, como las que se presentan a continuación. Cabe mencionar que se incorporó en este ítem la considerada elaboración de Normas Secundarias de Calidad e Aguas para la protección de los lagos Nor-patagónicos de Chile.

4.8.5.1 Lago Colico

1. ***Plan Regulador Comunal de Cunco 2017.***
https://municunco.cl/wp-content/uploads/2019/07/Memoria-Explicativa-PRC-Cunco_ago2017.pdf

Zonificación – Espacio Funcional Turismo-Agrícola: Corresponde a aquellos sectores que comprenden los lagos Colico y Caburgua y sus alrededores planos. Se trata de zonas altamente intervenidas con un relieve suave, apto para la actividad agrícola y ganadera, pero que por su espléndido paisaje posee un potencial turístico muy alto. En esta zona se propone consolidar un desarrollo turístico de alto nivel, espacialmente bien regulado y con una oferta turística de calidad y variada. Debiera representar un centro reconocido internacionalmente, cuyos atractivos sean la naturaleza de los paisajes y los lagos Colico y Caburgua.

2. ***Ordenanza Municipal de Desarrollo Turístico Sustentable y Derechos Municipales. 2019.***
https://www.municunco.cl/transparencia/2/ordenanza%203%202020.pdf
ARTÍCULO 5: Son objetivos específicos de la presente Ordenanza los siguientes:

b) Formular, mantener y aplicar políticas públicas locales y establecer normas destinadas a la preservación, protección, restauración y la mejora de la calidad del medio ambiente urbano y rural. Estás normas deben velar, por su parte, por un uso racional y prudente de los recursos naturales, especialmente los recursos hídricos y los bosques, que permitan y faciliten un desarrollo sustentable en el tiempo y un uso eficiente y eficaz de la energía en sus distintas manifestaciones.

r) La regulación del libre acceso a las playas de río y de lago localizados en el territorio comunal.

**Establece varias regulaciones a nivel general en los lagos de las comunas.*

3. Acceso A Playa, Sector La Esperanza "Lago Colico, Comuna De Cunco.
https://www.prensaciudadana.cl/wp-content/uploads/2021/01/www.prensaciudadana.cl-resolucion-exenta-n-2053.pdf

4.Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.

5. Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA).

4.8.5.2 Lago Caburgua (Cunco- Pucón)

1. Plan Regulador Comunal de Cunco 2017.
https://municunco.cl/wp-content/uploads/2019/07/Memoria-Explicativa-PRC-Cunco_ago2017.pdf

Zonificación – Espacio Funcional Turismo-Agrícola: Corresponde a aquellos sectores que comprenden los lagos Colico y Caburgua y sus alrededores planos. Se trata de zonas altamente intervenidas con un relieve suave, apto para la actividad agrícola y ganadera, pero que por su espléndido paisaje posee un potencial turístico muy alto. En esta zona se

propone consolidar un desarrollo turístico de alto nivel, espacialmente bien regulado y con una oferta turística de calidad y variada. Debiera representar un centro reconocido internacionalmente, cuyos atractivos sean la naturaleza de los paisajes y los lagos Colico y Caburgua.

2. Ordenanza Municipal de Desarrollo Turístico Sustentable y Derechos Municipales. Municipalidad de Cunco 2019.

https://www.municunco.cl/transparencia/2/ordenanza%203%202020.pdf

***ARTÍCULO 5:** Son objetivos específicos de la presente Ordenanza los siguientes:*

b) Formular, mantener y aplicar políticas públicas locales y establecer normas destinadas a la preservación, protección, restauración y la mejora de la calidad del medio ambiente urbano y rural. Estás normas deben velar, por su parte, por un uso racional y prudente de los recursos naturales, especialmente los recursos hídricos y los bosques, que permitan y faciliten un desarrollo sustentable en el tiempo y un uso eficiente y eficaz de la energía en sus distintas manifestaciones.

r) La regulación del libre acceso a las playas de río y de lago localizados en el territorio comunal.
**Establece varias regulaciones a nivel general en los lagos de las comunas.*

3. Ordenanza municipal Pucón. 2020

https://municipalidadpucon.cl/oldweb/web2010/para%20descarga/ordenanzas/Ordenanza_2021.pdf

** Establece algunas regulaciones generales sobre recursos hídricos.*

Párrafo 1. Protección forestal

Artículo 14°: *Se prohíbe la corta y la quema de bosques nativos sin previa autorización, ya sea municipal o de CONAF, conforme a la ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. El titular debe solicitar asesoría para tales efectos. En especial, se prohíbe la tala de especies arbóreas que alteren significativamente el paisaje en la ribera de los lagos y ríos de la comuna, tal como lo indica el decreto del año 1977 del Ministerio de Agricultura que establece zona de protección "Lago Villarrica".*

Art. 107: *Queda absolutamente prohibido el arrojar cualquier tipo de animales, basura, desechos, objetos o cualquier otro elemento contaminante a las fuentes ornamentales públicas, piletas, causes abiertos, canales de regadío, ríos, lagunas, lagos u otra fuente de recursos hídricos. Asimismo, se prohíbe la realización de las necesidades fisiológicas en fuentes ornamentales o piletas.*

Art. 108: *Queda prohibido derramar o depositar compuestos químicos sobre calles, parques, jardines, ríos, lagos, orillas de playas, vías públicas, urbanas o rurales y en general, sobre cualquier bien nacional de uso público, bienes fiscales, municipales o particulares.*

4. Planes de Prevención y de Descontaminación: PDA Lago Villarrica

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo 22 del Decreto Supremo N° 39. de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento para la Dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación en la Resolución Exenta N° 1066, de 12 de noviembre de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, que inicia proceso de elaboración del Plan de Descontaminación por clorofila "a", transparencia y fósforo disuelto, para la cuenca del Lago Villarrica; en el Memorándum N' 494. de 29 de octubre de 2019, de la División de Recursos Naturales y Biodiversidad. por el cual se solicitó la elaboración de la resolución que amplía el plazo para la elaboración del anteproyecto del plan de descontaminación señalado; lo dispuesto en la resolución N° 7 de 2019 de la Contraloría General de la República que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón.

5. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***

Creación Normas Secundarias de Calidad

4.8.5.3 Lago Huilipilún

1. ***Pladeco Villarrica 2011-2020***

https://www.munivillarrica.cl/wp-content/uploads/2019/08/pladeco_2011_020.pdf

Fortalecimiento al desarrollo económico productivo: Plan integral de desarrollo turístico Habilitación acceso público Lago Huilipilun. Ribera Lago Huilipilun. Gestión acceso público ante Ministerio Bienes, Nacionales.

2. ***Ordenanza nº 3 Medio ambiente. Municipalidad Villarica.***

https://www.munivillarrica.cl/wp-content/uploads/2019/03/ordenanza_3.pdf

**Establece regulaciones generales asociadas a la deposición de residuos.*

ART. 1° Se prohíbe botar papeles basuras de cualquier tipo y en general toda clase de objetos o desechos en la vía pública, parques, cauces naturales y artificiales, sumideros, acequias, esteros, canales, lagunas y en cualquier depósito natural o artificial de aguas corrientes o estancadas de la Comuna de Villarrica.

ART.2° La limpieza de canales, sumideros, de aguas lluvias que atraviesan en general sectores urbanos y de expansión urbana, corresponde prioritariamente a sus dueños, sin perjuicio de la obligación municipal de concurrir a la limpieza de los mismos.
Sin perjuicio de lo anterior, será responsabilidad de los propietarios ribereños, evitar que se boten basuras y desperdicios a las acequias, canales, cursos de agua, y desagües de aguas lluvias con el objeto de garantizar su limpieza y que las aguas escurran con fluidez en su cauce.

ART.3° Prohíbese derramar agua que produzca aniegos en las vías públicas o de su uso público
Se presumirá, salvo prueba de lo contrario, responsables de esta acción, las personas naturales o jurídicas que tengan a su cargo la administración y/o uso de acueducto que produce el anego o derrame correspondiente.

ART.4° Queda prohibido botar escombros, basuras de cualquier tipo y otros materiales en los bienes nacionales de uso público, los cuales sólo podrán depositarse temporalmente en la vía pública, previo permiso municipal.

3. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
4. ***Creación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***

4.8.5.4 Lago Tinquilco

1. ***Planes de Prevención y de Descontaminación: PDA Lago Villarrica***

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo 22 del Decreto Supremo N° 39. de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento para la Dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación en la Resolución Exenta N° 1066, de 12 de noviembre de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, que inicia proceso de elaboración del Plan de Descontaminación por clorofila "a", transparencia y fósforo disuelto, para la cuenca del Lago Villarrica; en el Memorándum N' 494. de 29 de octubre de 2019, de la División de Recursos Naturales y Biodiversidad. por el cual se solicitó la elaboración de la resolución que amplía el plazo para la elaboración del anteproyecto del plan de descontaminación señalado; lo dispuesto en la resolución N° 7 de 2019 de la Contraloría General de la República que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón.

2. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
3. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***

4.8.5.5 Lago Calafquén

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***
3. ***Decreto Supremo N°30/2018: Zonas de Interés Turístico Panguipulli (ZOIT) Destino Siete Lagos***

4.8.5.6 Lago Pullinque

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***
3. ***Decreto Supremo N°30/2018: Zonas de Interés Turístico Panguipulli (ZOIT) Destino Siete Lagos***

4.8.5.7 Lago Pellaifa

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***
3. ***Decreto Supremo N°30/2018: Zonas de Interés Turístico Panguipulli (ZOIT) Destino Siete Lagos***

4.8.5.8 Lago Panguipulli

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***

2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***
3. ***Decreto Supremo N°30/2018: Zonas de Interés Turístico Panguipulli (ZOIT) Destino Siete Lagos***

4.8.5.9 Lago Neltume

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***
3. ***Decreto Supremo N°30/2018: Zonas de Interés Turístico Panguipulli (ZOIT) Destino Siete Lagos***

4.8.5.10 Lago Riñihue

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***

4.8.5.11 Lago Pirihueico

1. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
2. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***

4.8.5.12 Lago Ranco

1. Modificación Plan Regulador Comunal Lago Ranco

http://www.municipalidadlagoranco.cl/wordpress/PlanRegulador/2.pdf

Áreas de Restricción: Son tres zonas. La primera es la zona de Resguardo de Terrenos de Playas Fiscales (ZR – 1), correspondiente a los terrenos de playas fiscales en todo el frente costero del área urbana de la localidad de Lago Ranco.

2. ***Ordenanza Normas de Uso de Playas Fluviales y Lacustres 2020. Municipalidad Futrono.***

https://www.munifutrono.cl/download/ordenanza-normas-de-uso-de-playas-fluviales-y-lacustres-2020/

**Establece diversas regulaciones sobre el uso del borde lacustre.*

3. ***Ordenanza sobre Medio Ambiente Municipalidad La Unión***

http://transparencia.munilaunion.cl/Documentos/Ordenanzas/7abcadOrdenanza%20Local%20Sobre%20Medio%20Ambiente.pdf

**Establece regulaciones generales sobre fuentes de aguas*

Aseo y Protección de Bienes Públicos y Fuentes de aguas acumuladas

ART. 1: *Prohíbese botar basura de cualquier naturaleza en la vía pública, parques, jardines, o cualquier sitio público y en cualquier curso de agua sea este natural o artificial.*

ART.2: *Prohíbese la ejecución de trabajos de mecánica en la vía pública, sólo excepcionalmente se aceptará la reparación menor de un vehículo si en su ubicación no cause obstrucción en la vía pública, también se prohíbe el lavado de vehículos en la vía pública.*

4. ***Fija acceso peatonal a playa ubicada en el desagüe del Lago Ranco. 2019.***

https://www.diariooficial.interior.gob.cl/publicaciones/2019/10/16/42478/01/1668267.pdf

5. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
6. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)***

4.8.5.13 Lago Maihue

1. ***Ordenanza Normas de Uso de Playas Fluviales y Lacustres 2020. Municipalidad Futrono.***
   https://www.munifutrono.cl/download/ordenanza-normas-de-uso-de-playas-fluviales-y-lacustres-2020/
   **Establece diversas regulaciones sobre el uso del borde lacustre.*

   ***Artículo 1**: Objeto. La presente ordenanza municipal tiene por objeto regular el correcto y ordenado uso del borde fluvial y lacustre de las playas ubicadas en la comuna de Futrono. Lo anterior, comprende terrenos playas, playas balnearios y cuerpos de agua ubicados dentro de la comuna. Lo anterior, en el marco de la atribución del Municipio de administrar los bienes nacionales de uso público conforme lo establecido en el artículo 5 letra c) de la Ley N° 18.695 Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades.*

   ***Artículo 2:** Del ámbito de aplicación. La presente ordenanza municipal regirá dentro de todo el territorio que corresponda a la comuna de Futrono, en el espacio que constituye playas, terrenos de playas, balnearios, cuerpos de agua, lacustres y fluviales, que son bienes nacionales de uso público y principalmente en aquellos balnearios y cuerpos de agua donde la Municipalidad cuenta con concesión de uso de playas y cuerpos de agua.*

2. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
3. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Aguas (NSCA)***

4.8.5.14 Lago Puyehue

1. ***Decreto 369 actualiza deslindes de los Parques Nacionales Vicente Pérez Rosales y "Puyehue", en la X región de Los Lagos***

https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=12778

I"II.- El Lago Todos Los Santos, Lago Cayutué y demás cuerpos de agua localizados dentro de los límites de la unidad, están afectos al carácter de Parque Nacional y a las normas de protección vigentes."

2. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
3. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Aguas (NSCA).***
4. ***Figura de Protección de Áreas Protegidas (e.g Parque Nacional)***

4.8.5.15 Lago Rupanco

1. ***Res. Ex. N° 2-2017 Establece Medidas de Administración para las Especies Ícticas de Importancia Recreativa en el Lago Rupanco***

Autorizase la actividad de pesca recreativa de especies salmónidas Lago Rupanco, Región de Los Lagos, exceptuando los ríos y arroyos afluentes y efluentes.

2. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
3. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Aguas (NSCA)***

4.8.5.16 Lago Todos Los Santos

1. ***Decreto 369 actualiza deslindes de los Parques Nacionales Vicente Pérez Rosales y "Puyehue", en la x Región de los Lagos***

https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=12778

I"II.- El Lago Todos Los Santos, Lago Cayutué y demás cuerpos de agua localizados dentro de los límites de la unidad, están afectos al carácter de Parque Nacional y a las normas de protección vigentes."

2. ***Gestión de plan anual de mediciones y control de contaminación del Lago Todos Los Santos. PLAN DE DESARROLLO COMUNAL PUERTO VARAS 2019-2022***

https://ptovaras.cl/files/PLADECO_APROBADO_2019-2022.pdf

3. ***Ordenanza del Medio Ambiente. Municipalidad Puerto Varas. 1995.***

https://ptovaras.cl/files/9871b-Ordenanza-de-Medio-Ambiente.pdf

De la protección de los cauces y fuentes de agua

ART.29: Sin perjuicio de las facultades y atribuciones de órganos del Estado, en materia de protección de cauces y fuentes de agua, ornato y protección del medio ambiente, podrá desarrollar actividades tendientes a su protección y mantenimiento.

ART.30: Corresponde a la Municipalidad la limpieza y mantenimiento de sumideros de agua lluvias, canales, acequias, esteros, etc. Que se encuentren en áreas urbanas y bienes nacionales de uso público. Corresponderá a los respectivos propietarios igual obligación respecto de cauces o fuentes de agua sean estas naturales y/o artificiales que existan o crucen por predios particulares.

Párrafo 2: De las prohibiciones en materia de protección de cauces y fuentes de agua

ART.31: Prohíbese estrictamente, con respecto a la debida protección y limpieza de las fuentes y cauces de agua de la comuna los siguientes actos:

a) *Botar basuras de cualquier tipo en general, toda clase de objetos, desechos sólidos o líquidos contaminantes en cauces y/o fuentes naturales y/o artificiales de agua, sumideros, acequias, esteros, canales, lagunas y en cualquier depósito natural y/o artificial de aguas corrientes o estancadas en la comuna.*
b) *Modificar sin la autorización correspondiente el cauce de las aguas de ríos, esteros, canales, acequias, etc.*
c) *Desarrollar en cauces o fuentes naturales y/o artificiales de agua actividades que impliquen la descarga en ellos de elementos contaminantes.*

4. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
5. ***Creación Norma Secundaria de Calidad Aguas (NSCA)***

4.8.5.17 Lago Chapo

1. ***Res.Ex. N° 4089 - 28.08. 2019***

http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/res.ex_.4089-2019.pdf

Que, en mérito de lo antes señalado, concluye dicho informe técnico que por la negatividad a la presencia de ISav, en centros de cultivo de salmón coho y trucha arcoíris, procede declarar como zonas libres de ISA HPRO y Otros HPR a los cuerpos de agua que pasa a individualizar:

Tabla 48. Lagos declarados como zonas libres de ISAv y otros HPR.

Región	Cuerpo de Agua	Zonificación
Los Ríos	Río Valdivia	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Río Tornagaleones	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Lago Puyehue	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Río Bueno	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
Los Lagos	Lago Rupanco	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Lago Llanquihue	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Lago Chapo	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR
	Río Maullín (ACS 4)	Zona Libre de ISAv HPR0 y otros HPR

2. ***Implementación Normas Primarias de Calidad Aguas (NPCA), (Decreto 143); para actividades de recreación con contacto directo.***
3. ***Creación Normas Secundarias de Calidad Aguas (NSCA)***

4.8.6 Relaciones

El modelo de las relaciones plantea el reto que la valoración de los ecosistemas tiene con el bienestar humano, traducido finalmente en las respuestas que las forzantes y presiones puedan tener. La aplicación de este modelo reposa sobre la disponibilidad, búsqueda y

elaboración de indicadores ambientales, cuya valoración proporcione información simplificada sobre los elementos o procesos clave relacionados con los problemas ambientales complejos (Haines-Young & Potchin 2010).

En este sentido, sólo se logró relevar información, facilitando a los gestores identificar posibles orígenes y evidenciar brechas para comprender mejor estas relaciones (Figura 44).

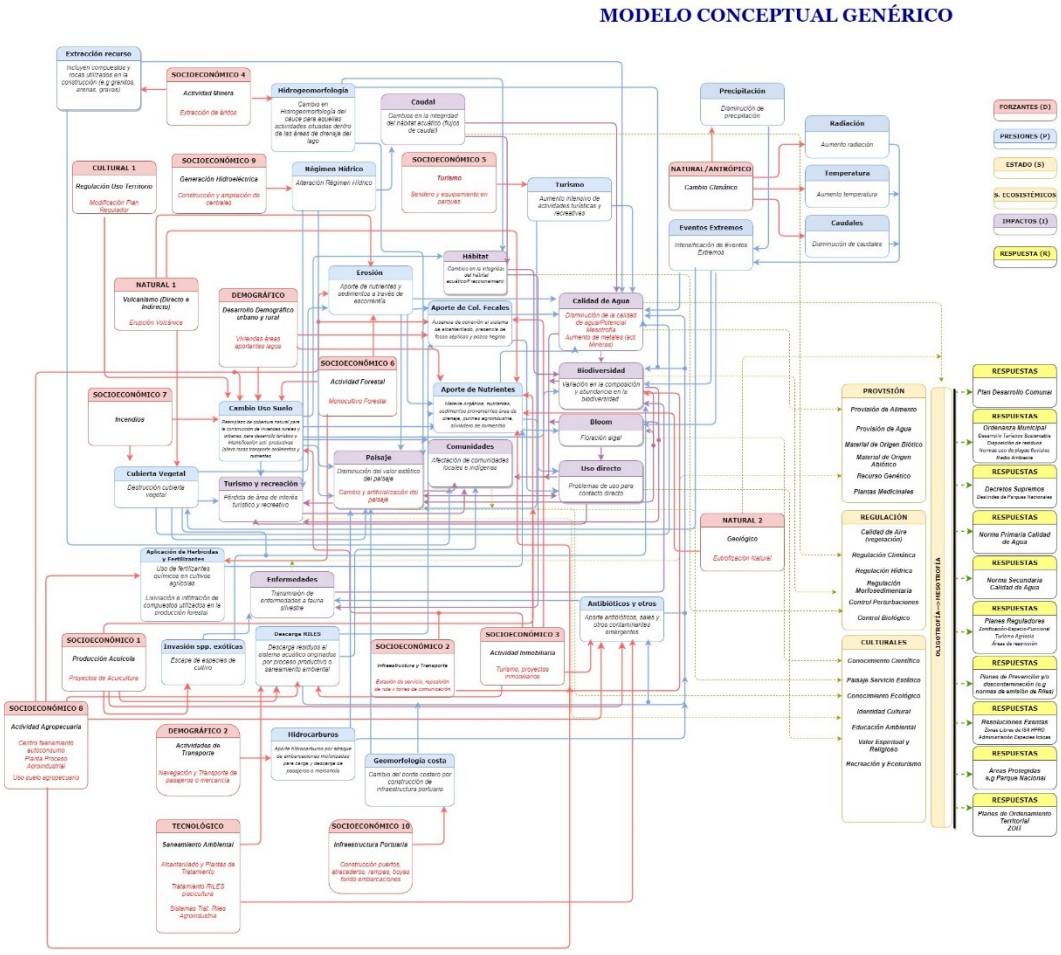


Figura 44. Modelo conceptual genérico para los lagos en estudio. **Fuente:** elaboración propia, realizado en Draw.io.

4.8.7 Modelos conceptuales

Los modelos conceptuales de los lagos particulares se visualizan en el anexo digital (Anexo 11, carpetas “Diagrama_Lagos Nor-patagónicos_VF”) (Visualizar con software Draw.io).

5. Recopilar y sistematizar metodologías internacionales de definición de estándares/normativas de calidad ambiental para la protección de lagos

La contaminación del agua y la perdida y degradación de hábitats en los lagos a causa de los impactos del calentamiento global y las perturbaciones humanas ha originado que un gran número de naciones desarrolle distintas iniciativas para implementar estrategias de gestión destinadas a mitigar la disminución de la calidad del agua y la pérdida de hábitat con el fin de que estos cuerpos de agua sigan caracterizándose por prestar servicios ecosistémicos a la sociedad. En general, el objetivo principal que presentan estas iniciativas es mejorar la calidad y el estado ecológico de las aguas continentales mediante la identificación de factores estresantes e implementando estrategias de gestión sostenible respaldadas por monitoreos (Dörnhöfer & Oppelt, 2016). Algunos ejemplos son la Directiva Marco Europea del Agua (2000), el Acuerdo de la Calidad del Agua de los Grandes Lagos de EE. UU y Canadá (1972), la Red Canadiense de Pulso de Lagos (2016) y la Estrategia Nacional de Gestión del Agua de Australia y Nueva Zelanda (1992).

5.1 Directiva Marco Europea del Agua (DMA)

La Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE), establece que todos los países de la Unión Europea deben prevenir el deterioro, mejorar y recuperar el estado de las masas de agua superficiales y potenciar que estén en buen estado ecológico. Asimismo, establece que se deben preservar las zonas protegidas, teniendo en cuenta los datos científicos y técnicos disponibles.

La Directiva Marco Europea del Agua (2000), nace tras la creciente preocupación por la calidad de los recursos hídricos en cuanto a problemas de eutroficación, la reacción de la pérdida de biodiversidad y la disminución del bienestar humano en general (Pander & Geist, 2013; da Silva et al., 2019). La DMA tiene como propósito cumplir con la implementación de un enfoque integral para proteger la sostenibilidad de los recursos hídricos en toda Europa, teniendo como objetivo establecer un marco para la protección de aguas superficiales continentales, aguas de transición, aguas costeras y aguas subterráneas (da Silva et al., 2019). Otro de sus objetivos principales es que tanto las aguas superficiales como subterráneas alcancen un buen estado ecológico o un buen potencial ecológico durante el segundo y tercer ciclo de gestión, siendo 2015-2021 y 2021-2027, respectivamente. Dentro de la DMA, para el caso específico de aguas superficiales, que es donde se contemplan los lagos; cada estado miembro europeo debe, primeramente, examinar el estado de las aguas superficiales clasificando el estado ecológico de estas siguiendo procedimiento estandarizados. Luego, deben desarrollar planes de gestión de cuencas (Pander & Geist, 2013; Jeppesen et al., 2011).

- **El enfoque basado en las cuencas hidrográficas es el más adecuado para gestionar el agua**

Los ríos no se detienen al llegar a la frontera de un país. Todo lo contrario, cruzan varios países hasta que desembocan en el mar. Todos los Estados miembros de la UE — excepto las islas como Chipre y Malta — comparten aguas con sus países vecinos. Una cuenca hidrográfica cubre la totalidad del sistema de un río: desde los nacimientos de los pequeños afluentes hasta el estuario. La UE y los Estados miembros han dividido las cuencas hidrográficas y sus zonas costeras asociadas en 110 demarcaciones hidrográficas, 40 de las cuales son internacionales y transfronterizas, y cubren alrededor del 60% del territorio de la UE. La gestión integrada de las cuencas hidrográficas plantea de forma holística la protección de las masas de agua en su totalidad, sus fuentes, afluentes y la desembocadura del río. El enfoque basado en las cuencas hidrográficas es el más adecuado para gestionar el agua. La Directiva marco del agua obliga a los Estados

miembros a redactar planes hidrológicos de cuenca para salvaguardar todas y cada una de las 110 demarcaciones.

- **Las aguas deben alcanzar un buen estado ecológico y químico, para proteger la salud humana, el suministro, los ecosistemas naturales y la biodiversidad**

La definición de estado ecológico hace referencia a la abundancia de flora acuática y fauna íctica, al contenido de nutrientes y a aspectos tales como la salinidad, la temperatura y la presencia de contaminantes químicos. Asimismo, se tienen en cuenta características morfológicas, como la cantidad de agua, el caudal, la profundidad y la estructura de los lechos fluviales. La DMA clasifica el estado ecológico de las aguas superficiales en cinco categorías: excelente, bueno, aceptable, deficiente y malo. Un estado «excelente» significa que no existe presión humana, o que esa presión es muy baja. Un estado «bueno» significa que existe una «ligera» desviación con respecto al estado excelente, un estado «aceptable» implica una desviación moderada, y así sucesivamente (Tabla 49). La UE tiene más de 100.000 masas de agua superficial: el 80% de ellas son ríos, el 15% son lagos y el 5% son aguas costeras y de transición. Para caracterizar el buen estado químico se han establecido normas de calidad ambiental para 45 contaminantes químicos y para otros ocho contaminantes previamente regulados, de alta incidencia en la UE (DIRECTIVA 2013/39/UE). En este sentido, la DMA está respaldada por otros textos legislativos de la UE, como la reglamentación REACH sobre productos químicos, la Directiva de emisiones industriales (DEI) y la reglamentación de la UE sobre pesticidas.

Tabla 49. Definiciones del estado ecológico muy bueno, bueno y aceptable en los lagos según la Directiva Marco del Agua.

Indicadores de calidad biológicos			
Indicador	**Muy buen estado**	**Buen estado**	**Estado aceptable**
Fitoplancton	La composición y abundancia taxonómicas del fitoplancton corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas. La abundancia media de biomasa de fitoplancton es coherente con las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo y no puede alterar significativamente las condiciones de transparencia específicas del tipo. Las floraciones planctónicas se producen con una frecuencia e intensidad coherentes con las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo.	Existen cambios leves en la composición y abundancia de los taxones planctónicos en comparación con las comunidades específicas del tipo. Dichos cambios no indican ningún crecimiento acelerado de algas que ocasione perturbaciones indeseables en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua o en la calidad fisicoquímica del agua o del sedimento. Se puede producir un ligero incremento de la frecuencia e intensidad de las floraciones planctónicas específicas del tipo.	La composición y abundancia de los taxones planctónicos difieren moderadamente de las comunidades específicas del tipo. La biomasa se encuentra moderadamente perturbada y puede llegar a producir una perturbación significativa indeseable en el estado de otros indicadores de calidad biológicos y en la calidad fisicoquímica del agua o sedimento. Se puede producir un incremento moderado de la frecuencia e intensidad de las floraciones planctónicas. Durante los meses de verano se pueden producir floraciones persistentes.
Macrófitas y organismos fitobentónicos	La composición taxonómica corresponde totalmente o casi totalmente a condiciones inalteradas. No existen cambios perceptibles en la abundancia media de macrófitos y de organismos fitobentónicos.	Existen cambios leves en la composición y abundancia de los taxones de macrófitos y de organismos fitobentónicos en comparación con las comunidades específicas del tipo. Dichos cambios no indican ningún crecimiento acelerado de organismos fitobentónicos o de	La composición de los taxones de macrófitos y de organismos fitobentónicos difiere moderadamente de la comunidad específica del tipo y se encuentra significativamente más distorsionada que en el buen estado. Existen signos manifiestos de

Indicadores de calidad biológicos			
Indicador	**Muy buen estado**	**Buen estado**	**Estado aceptable**
		formas superiores de vida vegetal que ocasione perturbaciones indeseables en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua o en la calidad fisicoquímica del agua o del sedimento. La comunidad fitobentónica no se encuentra afectada negativamente por aglomerados o capas de bacterias presentes debido a actividades antropogénicas.	cambios moderados en la abundancia media de macrófitos y de organismos fitobentónicos. La comunidad fitobentónica puede sufrir interferencias y, en algunas zonas, ser desplazada por aglomerados y capas De bacterias presentes debido a actividades antropogénicas.
Fauna bentónica de invertebrados	La composición y abundancia taxonómicas corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas. El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles no muestra ningún signo de alteración en comparación con los valores inalterados. El grado de diversidad de taxones de invertebrados no muestra ningún signo de alteración en comparación con los valores inalterados.	Existen leves cambios en la composición y abundancia de los taxones de invertebrados en comparación con las comunidades específicas del tipo. El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles muestra signos leves de alteración en comparación con los valores específicos del tipo. El grado de diversidad de taxones de invertebrados muestra signos leves de alteración en comparación con los grados específicos del tipo.	La composición y abundancia de los taxones de invertebrados difieren moderadamente de las comunidades específicas del tipo. Están ausentes los grupos taxonómicos principales de la comunidad específica del tipo. El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles y el grado de diversidad son considerablemente inferiores al grado específico del tipo y significativamente inferiores al buen estado.
Fauna ictiológica	La composición y abundancia de las especies corresponden totalmente o casi totalmente a	Existen leves cambios en la composición y abundancia de las especies en comparación con las	La composición y abundancia de las especies ictiológicas difieren moderadamente de las

Indicadores de calidad biológicos			
Indicador	**Muy buen estado**	**Buen estado**	**Estado aceptable**
	condiciones inalteradas. Están presentes todas las especies sensibles a las perturbaciones específicas del tipo. Las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas muestran pocos signos de perturbaciones antropogénicas y no son indicativas de que una especie concreta no logre reproducirse o desarrollarse.	comunidades específicas del tipo atribuibles a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas. Las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas muestran signos de perturbaciones atribuibles a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicos o hidromorfológicos, y, en algunos casos, son indicativas de que una especie concreta no logra reproducirse o desarrollarse, hasta el punto de que algunos grupos de edad pueden estar ausentes.	comunidades específicas del tipo, lo que se puede atribuir a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicos o hidromorfológicos. La estructura de edad de las comunidades ictiológicas muestra signos importantes de perturbaciones atribuibles la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicos o hidromorfológicos, hasta el punto de que una proporción moderada de especies específicas del tipo esté ausente o muestre una presencia muy escasa.
Indicadores de calidad hidromorfológicos			
Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Régimen hidrológico	El caudal y la hidrodinámica del río, el nivel, el tiempo de permanencia y la conexión resultante a aguas subterráneas, reflejan total o casi totalmente las condiciones inalteradas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Condiciones morfológicas	La variación de la profundidad de los lagos, la cantidad y la estructura del sustrato, así como la estructura y condición de las zonas ribereñas de los lagos	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.

Indicadores de calidad biológicos			
Indicador	**Muy buen estado**	**Buen estado**	**Estado aceptable**
	corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.		
Indicadores de calidad fisicoquímicos [(1)]			
Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Condiciones generales	Los valores de los indicadores fisicoquímicos corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas. Las concentraciones de nutrientes permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas. Los valores de salinidad, pH, balance de oxígeno, capacidad de neutralización de ácidos, transparencia y temperatura no muestran signos de perturbaciones antropogénicas y permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas.	La temperatura, el balance de oxígeno, el pH, la capacidad de neutralización de ácidos, la transparencia y la salinidad no alcanzan valores que se encuentren fuera de la gama establecida para garantizar el funcionamiento del ecosistema y la consecución de los valores especificados anteriormente correspondientes a los indicadores de calidad biológicos. Las concentraciones de nutrientes no rebasan los valores establecidos para garantizar el funcionamiento del ecosistema y la consecución de los valores especificados anteriormente correspondientes a los indicadores de calidad biológicos	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes específicos sintéticos	Concentraciones cercanas a 0 y, al menos, por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas más avanzadas de uso general.	Concentraciones que no rebasan las normas establecidas de conformidad con el procedimiento especificado en el punto 1.2.6 sin perjuicio de las Directivas 91/414/CE y 98/8/CE (< eqs).	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes	Concentraciones que	Concentraciones que no rebasan las	Condiciones coherentes con la

Indicadores de calidad biológicos			
Indicador	**Muy buen estado**	**Buen estado**	**Estado aceptable**
específicos no sintéticos	permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas (valores de base = bgl).	normas establecidas de conformidad con el procedimiento especificado en el punto 1.2.6 [(2)] sin perjuicio de las Directivas 91/414/CE y 98/8/CE (< eqs).	consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.

[(1)] Se utilizan las siguientes abreviaturas: bgl = nivel de base; eqs = norma de calidad ambiental.

[(2)] La aplicación de las normas derivadas de conformidad con este protocolo no requerirá la reducción de las concentraciones de contaminantes por debajo de los niveles de base.

- **Seguimiento del estado ecológico y del estado químico de las aguas superficiales**

La red de seguimiento de las aguas superficiales se diseña de tal manera que ofrezca una visión general coherente y completa del estado ecológico y químico de cada cuenca hidrológica y permita la clasificación de las masas de agua en cinco clases de acuerdo con las Regiones ecológicas y tipos de masas de aguas superficiales. Los Estados miembros de la Unión Europea tienen que elaborar un mapa o mapas en los que se muestre la red de seguimiento de las aguas superficiales en el plan hidrológico de cuenca.

Los Estados miembros, basándose en el análisis de las características y la evaluación del impacto efectuados deben establecer, para cada período de aplicación del plan hidrológico de cuenca, un programa de reconocimiento inicial y un programa de seguimiento ordinario. Es posible, en algunos casos, que los Estados miembros necesiten poner en práctica programas de control de investigación.

Los Estados miembros deben medir los parámetros representativos del estado de cada indicador de calidad pertinente. En la selección de los parámetros para los indicadores de calidad biológicos, los Estados miembros deben identificar el nivel taxonómico necesario para obtener una fiabilidad y precisión adecuadas en la clasificación de los indicadores de calidad.

- **Selección de los indicadores de calidad**

A fin de evaluar la magnitud de la presión a la que están sometidas las masas de agua superficial, los Estados miembros deben efectuar un seguimiento los indicadores de calidad que muestren las presiones a las que la masa o masas están sometidas. Para evaluar el impacto de dichas presiones, los Estados miembros controlarán, según proceda, lo siguiente:

- Los parámetros correspondientes al indicador o indicadores de calidad biológicos más sensibles a las presiones a las que estén sometidas las masas de agua,

- Todas las sustancias prioritarias vertidas y los demás contaminantes vertidos en cantidades importantes,
- Los parámetros correspondientes al indicador de calidad hidromorfológico más sensible a la presión detectada.

Los parámetros vigilancia correspondientes a los indicadores de calidad fisicoquímicos se controlar con la periodicidad indicada a continuación (Tabla 50), salvo en caso de que se justifiquen intervalos mayores en función de los conocimientos técnicos y la apreciación de los especialistas. En el caso de los indicadores de calidad biológicos o hidromorfológicos, se efectuará como mínimo un control durante el período de controles de vigilancia.

En caso necesario, se llevarán a cabo otros controles en diferentes estaciones del mismo año para lograr este objetivo (DIRECTIVA 2000/60/CE).

Tabla 50. Periodicidad de control de los parámetros de calidad Biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos.

Indicador de calidad	Ríos	Lagos
Biológicos		
Fitoplancton	**6 meses**	**6 meses**
Otra flora acuática	**3 años**	**3 años**
Macroinvertebrados	**3 años**	**3 años**
Peces	**3 años**	**3 años**
Hidromorfológicos		
Continuidad	**6 años**	
Hidrología	**Continuo**	**1 mes**
Morfología	**6 años**	**6 años**
Fisicoquímicos		
Condiciones térmicas	**3 meses**	**3 meses**
Oxigenación	**3 meses**	**3 meses**
Salinidad	**3 meses**	**3 meses**
Estado de nutrientes	**3 meses**	**3 meses**
Estado de acidificación	**3 meses**	**3 meses**
Otros contaminantes	**3 meses**	**3 meses**
Sustancias prioritarias	**1 mes**	**1 mes**

Para las categorías de aguas superficiales, la clasificación del estado ecológico de la masa de agua debe ser representada por el menor de los valores de los resultados del control biológico y fisicoquímico de los correspondientes indicadores de calidad clasificado de acuerdo con la primera columna de la Tabla 51. Los Estados miembros facilitarán un mapa de cada cuenca hidrográfica que ilustre la clasificación del estado ecológico de cada masa de agua, con un código de colores de acuerdo a la segunda columna de la Tabla 51, para reflejar la clasificación del estado ecológico de la masa de agua:

Tabla 51. Clasificación del estado ecológico y código de colores para su representación.

Clasificación del estado ecológico	Código de colores
Muy bueno	Azul
Bueno	Verde
Aceptable	Amarillo
Deficiente	Naranja
Malo	Rojo

- **Procedimiento para el establecimiento de las normas de calidad química**

Para la elaboaración de las normas de calidad ambiental para los contaminantes, con el fin de proteger la biota acuática, los Estados miembros deben actuar de acuerdo con las disposiciones que se exponen a continuación (DIRECTIVA 2013/39/UE).

Si es posible, deberán obtenerse datos, tanto puntuales como correspondientes a un período prolongado en el tiempo, respecto de los taxones que se mencionan más abajo y que sean pertinentes para el tipo de masa de agua afectada, así como de otros taxones acuáticos de cuyos datos se disponga. El «conjunto de base» de taxones lo componen:

- Algas y/o macrófitas
- Daphnia u organismos representativos de las aguas saladas
- Peces.

Para el establecimiento de la concentración media anual máxima se aplicará el siguiente procedimiento:

i. Los Estados miembros determinarán, en cada caso, factores de seguridad adecuados en consonancia con la naturaleza y calidad de los datos disponibles, con las indicaciones recogidas en el punto 3.3.1 de la parte II del «Documento técnico de orientación en apoyo de la Directiva 93/67/CEE de la Comisión sobre la evaluación del riesgo de las nuevas sustancias notificadas y del Reglamento (CE) no 1488/94 de la Comisión sobre la evaluación del riesgo de las sustancias existentes» y con los factores de seguridad establecidos en el siguiente cuadro:

	Factor de seguridad
Al menos un L(E)C50 puntual de cada uno de los tres niveles tróficos del conjunto de base	1 000
Un NOEC prolongado (peces o Daphnia o un organismo representativo de las aguas saladas)	100
Dos NOEC prolongados de especies que representen dos niveles tróficos (peces y/o Daphnia o un organismo representativo de las aguas saladas y/o algas)	50
NOEC prolongado de, al menos, tres especies (normalmente fauna ictiológica, Daphnia o un organismo representativo de las aguas saladas y algas) que representen tres niveles tróficos	10
Otros casos, incluidos datos de campo o ecosistemas modelo, que permitan el cálculo y la aplicación de factores de seguridad más precisos	Evaluación caso por caso

ii. En caso de que se disponga de datos sobre persistencia y bioacumulación, deberán tenerse en cuenta al derivar el valor final de la norma de calidad medioambiental.

iii. La norma así derivada deberá compararse con las posibles pruebas procedentes de estudios de campo. En caso de que aparezcan anomalías, deberá revisarse la derivación con objeto de calcular un factor de seguridad más preciso.

iv. La norma resultante deberá someterse a un examen crítico de expertos y a consulta pública con objeto, entre otras cosas, de permitir el cálculo de un factor de seguridad más preciso.

5.2 Acuerdo de la Calidad del Agua de los Grandes Lagos

El Acuerdo de la Calidad del Agua de los Grandes Lagos, representa el compromiso binacional, entre EE.UU y Canadá, para proteger el sistema de Los Grandes Lagos Laurentianos (Hartig et al. 2020). Este es uno de los sistemas de agua dulce más grandes del mundo, llegando a representar el 21% del agua dulce superficial del mundo. Sólo en los Estados Unidos, estos lagos proporcionan el agua potable a 48 millones de personas y respaldan una economía recreativa que se valora en $52 mil millones de dólares. Sin embargo, a pesar de la importancia ecosistémica y económica; los efectos producidos por la actividad industrial provocaron la contaminación del suelo, degradación de la calidad de agua, contaminantes tóxicos, pérdida de hábitat y la introducción de especies invasoras (Tyner & Boyer, 2020). Este acuerdo nace en 1972, producto de contaminación de estos lagos debido a la quema y deforestación de las cuencas de los ríos Buffalo, Cuyahoga y Rouge. Esto provocó que en la década de 1960 hubiese un despertar ambiental estableciendo la Ley de Agua de Canadá de 1970, la Ley de Política Ambiental Nacional de EE.UU. de 1970, la Ley de Agua Limpia EE.UU de 1972 y el acuerdo de los Grandes Lagos.

El acuerdo de Calidad del Agua de los Grandes Lagos (GLWQA, por sus siglas en inglés) entre Estados Unidads y Cánada fue firmado en el año 1972. La finalidad de este acuerdo fue identificar las prioridades binacionales e implementar acciones que permieran mejorar la calidad del agua y la salud de estos ecosistemas que cuentan con un tremendo valor ecológico y económico (Harting et al, 2020), gestionando los problemas con el fin de restaurar y mantener la integridad química, física y biológica de la gran cuenca de los 5

lagos. El acuerdo fue enmendado en los 1983 y 1987. En 2012, se actualizó para mejorar los programas de calidad del agua que garantizan la "integridad química, física y biológica" de los Grandes Lagos. La EPA coordina las actividades de los EE. UU. en virtud de este Acuerdo para implementar acciones para el control del fósforo y otros nutrientes.

5.3 Criterios EPA para Nutrientes para lagos y embalses

El enriquecimiento de las aguas superficiales en los Estados Unidos ha sido un problema de larga data, en la medida que aproximadamente la mitad de los problemas de contaminación acuática reportados se atribuyen al exceso de nutrientes y al crecimiento biológico asociado (EPA, 2000). La EPA ha establecido el Programa Nacional de Criterios de Nutrientes para abordar este problema de calidad del agua. Las aguas superficiales de interés son los lagos y embalses, arroyos y ríos, estuarios y aguas marinas costeras y humedales. Los criterios que representan las condiciones de enriquecimiento de las aguas superficiales, mínimamente impactadas por las actividades de desarrollo humano, se desarrollarán para cada una de las regiones del país. Estos luego se convertirán en la base para que los estados y tribus de los Estados Unidos desarrollen criterios de nutrientes para proteger los diferentes usos del agua establecidos (EPA, 2000).

El nitrógeno y el fósforo son las principales causas del enriquecimiento excesivo y son variables obvias para el establecimiento de los criterios de nutrientes, pero las variables de respuestas biológicas también son importantes para abordar las consecuencias del enriquecimiento excesivo.

Los limnólogos y administradores de lagos han alcanzado un consenso general sobre las respuestas de los lagos frente al aumento de nutrientes, que básicamente una concentración de fósforo total (TP) de más de 0.01 mg/L y/o de nitrógeno total (NT) de aproximadamente 0.15 mg/L, es probable que provoque problemas de floraciones de cianobacterias durante la temporada de crecimiento estival. De manera similar, el enriquecimiento crónico conduce a la degradación de la calidad del lago que se manifiesta en un bajo nivel de oxígeno disuelto, muerte de peces, floraciones de algas, incremento de macrófitas, aumento en las tasas de acumulación de sedimentos y cambios de especies tanto de la flora como de la fauna.

Sin embargo, debido a que algunas partes del país tienen un mayor enriquecimiento natural de nutrientes en suelo y diferentes regímenes de precipitación, la aplicación de ese enfoque general debe ajustarse por región. Por lo tanto, es necesario realizar un enfoque ecorregional y de condiciones de referencia para desarrollar criterios de nutrientes para cada una de las diferentes áreas geográficas y climatológicas del país. Inicialmente, los Estados Unidos continentales han sido divididos en 14 ecorregiones agrupadas por características geográficas similares (EPA, 2000).

Las variables de estado trófico son aquellas que se pueden utilizar para predecir el estado trófico de una masa de agua, e incluyen medidas de concentración de nutrientes (p. Ej., P y N total), biomasa de plantas (macrófitas o microalgas) (p. Ej., clorofila a, profundidad de Secchi) y atributos de la cuenca (p. Ej., uso del suelo). Todos podrían usarse para establecer criterios para abordar los problemas de eutroficación, pero solo unos pocos son variables factibles para la detección de alerta temprana. Según las Actas del Taller Nacional de Evaluación de Nutrientes (U.S. EPA, 1996), los parámetros de estado trófico más utilizados son TP, TN, clorofila, transparencia (Disco Secchi) y oxígeno disuelto. Además, se recomienda considerar algunos parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica, el uso del suelo y la carga de fósforo asociada, como una variable de alerta temprana. Actualmente, la EPA requiere que sólo que se utilicen el TP, TN, clorofila a y profundidad del disco Secchi, pero este número de variables puede aumentarse con otras mediciones si el estado o la tribu lo prefiere.

El fósforo y el nitrógeno son nutrientes esenciales para el crecimiento de los productores primarios (plantas acuáticas y microalgas) en los lagos. De estos dos nutrientes, el fósforo se considera con mayor frecuencia como el nutriente que regula la productividad primaria en los lagos y es el más susceptible de controlar. Como tal, a menudo es la variable de mayor preocupación con respecto a la eutroficación de lagos y embalses. Vollenweider (1968) y Sawyer (1947) categorizaron el estado trófico según la concentración de fósforo (EPA, 2000). Los lagos con concentraciones de fósforo inferiores a 10 µg / L se clasifican como oligotróficos; las concentraciones de fósforo entre 10 y 20 µg/L como lagos mesotróficos; y los lagos eutróficos presentan concentraciones de fósforo superiores a 20 µg / L.

Si bien se pueden usar variables adicionales como criterios de nutrientes, el esfuerzo inicial se concentrará en TP, TN, clorofila de algas y profundidad del disco Secchi o una medida similar de turbidez para reflejar la respuesta de producción primaria al enriquecimiento de los nutrientes. Otros indicadores, como el oxígeno disuelto (OD) y el crecimiento de macrófitas, y otros cambios de flora y fauna también se consideran útiles, pero los primeros cuatro son primordiales, especialmente los dos nutrientes limitantes. En todo el país, la eutroficación cultural (o enriquecimiento) es causada en gran parte por un exceso de N o P o por alguna combinación de los dos en sus diversas formas. El nitrógeno puede no ser crítico para muchos lagos de agua dulce, pero se vuelve significativo en los estuarios y aguas costeras. Una parte esencial del proceso para desarrollar criterios de nutrientes es prestar atención a los efectos posteriores. Por lo tanto, la reducción de nitrógeno y fósforo para los lagos es necesaria para beneficiar los tramos inferiores del sistema en general. El TN y TP se describen como variables causales, y la clorofila y la turbidez son variables de respuesta inicial.

El proceso de elaboración de criterios de nutrientes consta de cinco aspectos:

1. Datos históricos y otra información para proporcionar una perspectiva general sobre el estado del recurso.
2. Presentar los sitios de referencia y su condición de referencia colectiva describiendo el estado actual.
3. Modelado para refinar las implicaciones de los datos y el análisis anterior si es necesario.
4. Evaluación objetiva de toda la información anterior por los estados y por los Grupos de Asistencia Técnica Regional de la EPA (RTAG), una junta de especialistas estatales y federales establecidos en cada Región de la EPA para ayudar a desarrollar y administrar el Programa Nacional de Criterios de Nutrientes, para establecer los criterios ecorregionales, y para revisar los criterios propuestos de nutrientes estatales o tribales.
5. Atención a las consecuencias posteriores antes de que se establezca el criterio final.

Con este enfoque, se pueden establecer los criterios de referencia ecorregionales de la EPA, que los estados y las tribus pueden utilizar para elaborar sus propios criterios para proteger todos los usos del agua establecidos. Una responsabilidad clave de los RTAG, es el desarrollo de estos criterios ecorregionales y la revisión de los criterios estatales y tribales posteriores. Un resumen del enfoque del procedimiento para el desarrollo de criterios ecorregionales es el siguiente:

Los RTAG recopilan los datos de calidad de referencia existentes para al menos las cuatro variables principales a partir de bases de datos (STORET), universidades, gobiernos locales y otras agencias federales. La recopilación de datos está dirigida al tipo de cuerpo de agua de particular de interés y a las clases físicas establecidas, por ejemplo, lagos de volumen pequeño, mediano y grande. Dado que todos los Estados están representados en el RTAG, participan plenamente en el proceso.

- Los datos se revisan para determinar su calidad y utilidad y luego se evalúa la distribución de puntos de datos en toda la ecorregión para cada clase y se recopilan datos adicionales si es necesario.
- Cuando se está satisfecho con la idoneidad de la distribución de datos para las clases, se comparan los sitios de referencia dentro de cada ecorregión. Si hay cambios obvios en los valores de referencia (por ejemplo, a través del análisis de conglomerados), la ecorregión se subdivide en consecuencia o se modifican sus límites. Se debe realizar la misma evaluación para la distribución temporal para determinar si se necesitan criterios estacionales.
- En el proceso, se espera que los RTAG se coordinen con sus contrapartes para promover límites y criterios subregionales consistentes. El grupo de criterios de nutrientes de la EPA desempeñará un papel de mediación y coordinación en este proceso, pero las determinaciones iniciales serán realizadas por los RTAG.
- Las condiciones de referencia establecidas serán luego incorporadas con los otros elementos del desarrollo de criterios (perspectiva histórica, posible modelado de datos y preocupación por proteger la calidad aguas abajo) por el RTAG para establecer el criterio ecorregional particular para TP, TN, clorofila a y transparencia o medida similar de turbidez.

Estos criterios ecorregionales normalmente servirán como base para proponer y promulgar estándares de calidad del agua cuando un estado o tribu fallan en adoptar un estándar aceptable. La EPA espera que los estados y tribus de los Estados Unidos desarrollen criterios de nutrientes para cada clase de cuerpos de agua superficial dentro de los tres años posteriores al establecimiento de los criterios ecorregionales. Cabe señalar que los estados y tribus pueden optar por establecer sus criterios utilizando métodos distintos a los descritos en los manuales. La EPA promueve dicha flexibilidad, siempre que la alternativa propuesta sea:

- Basado en un enfoque científicamente definido.
- Contenga parámetros suficientes para abordar las causas y respuestas del enriquecimiento de nutrientes, es decir, consistente con las variables designadas por la EPA y con los cinco elementos de criterios de nutrientes señalados anteriormente.
- Proteja y mantenga la calidad aguas abajo, para preservar los usos de ella. Además de los criterios para proteger los usos, los Estados deben adoptar políticas y procedimientos antidegradación para proteger y mantener la calidad del agua existente.

5.4 Proyecto Lake Pulse (Canadá)

En Canadá, aproximadamente el 90% de los suministros de agua potable provienen de fuentes superficiales, de hecho, grandes ciudades como Toronto, Vancouver, Winnipeg y Quebec, dependen en parte del agua proveniente de lagos. Sin embargo, Canadá no cuenta con estándares aplicables a nivel nacional como es el caso de EE.UU y la Unión Europea, a través de la implementación de la Ley de Agua Limpia y la Directiva Marco del Agua, respectivamente; sino que presenta una política de agua dulce altamente fragmentada con aspectos cubiertos por gobiernos federales, provinciales, territoriales, indígenas y municipales. Es por esta razón que se evidencia la necesidad de crear una iniciativa a nivel nacional dirigida a solucionar los problemas ambientales comunes que afectan a los

ecosistemas lacustres, a fin de proporcionar la información necesaria que permita apoyar políticas, gestionar y proteger eficazmente los recursos de agua dulce. Es en este contexto que se desarrolla el proyecto Lake Pulse (Pulso de los Lagos). El objetivo general de Lake Pulse es evaluar el estado de salud de los lagos y los servicios ecosistémicos afectados por las actividades antrópicas. Este programa involucra tanto a universidades como agencias gubernamentales, colaborando en una evaluación nacional de lagos canadienses y determinando los efectos de las presiones antrópicas. El proyecto tiene por objetivos i) Evaluar el estado de salud de los lagos, identificando factores de estrés, el funcionamiento biogeoquímico y los servicios ecosistémicos que prestan; ii) Pronosticar los posibles cambios a futuro en el estado de salud utilizando escenarios climáticos y de uso del suelo; y iii) Desarrollar enfoques observacionales y computacionales para proporcionar herramientas que permitan formular políticas efectivas. En general, Lake Pulse, con el fin de alcanzar estos objetivos, utiliza diferentes aproximaciones metodológicas que incluyen el monitoreo limnológico, estudios paleolimnológicos, el modelamiento espacial, análisis estadístico y teledetección, abordando grandes escalas espaciales, que permiten examinar los lagos por región (Huot at al., 2019).

Lake Pulse, proyecto financiado por el Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá (NSERC, por sus siglas en inglés), es el primer programa de evaluación coherente de lagos en todo Canadá y supone el muestreo, por una sola vez, de aproximadamente 680 lagos durante tres veranos (2017-2019). El enfoque de selección de lagos se basa en un diseño de muestreo aleatorio estratificado, considerando la ecozona, tamaño del lago y el índice de impacto humano como criterios de agrupación. Las ecozonas se definen como regiones con características ecológicas, geológicas y climáticas similares (Ecological StratificationWorking Group, 1996). El estudio Lake Pulse se centra en las ecozonas más meridionales, donde se concentra la mayor población canadiense y donde los lagos están más impactados por las actividades antrópicas que se desarrollan en sus cuencas. Por razones de accesibilidad, los lagos seleccionados se encuentran a una distancia máxima de 1 km del camino.

El concepto de la salud de los ecosistemas es el principio rector de Lake Pulse y corresponde a una analogía de la relación paciente-médico (Smol, 1992). Por lo tanto, se

define el "estado de salud" como la desviación ("enfermedad") de un lago de su estado natural ("saludable"), alterando su capacidad para proporcionar los servicios ecosistémicos que antes poseía. En otras palabras, se considera un ecosistema alterado antropogénicamente como "insalubre" y un sistema prístino como "saludable". Esta simple definición proporciona una base conceptual, ya que resulta ser una herramienta de comunicación eficaz para una amplia audiencia, más allá del ámbito científico, que permite visualizar cómo los lagos están cambiando. Debido a que es más comprensible para el público, facilita divulgación pública y amplia difusión de resultados científicos.

En este contexto, un desafío clave es definir y cuantificar la desviación desde un estado prístino. Para ello, los lagos deben ubicarse dentro de su contexto histórico (es decir, su estado preindustrial, definido como anterior a 1880 d.C.). Además, los lagos deben ser evaluados frente a una diversidad de lagos similares dentro de una región ecológicamente relevante a través de un análisis comparativo de sus estados (Dixit et al., 1999). Por ejemplo, no se debería esperar que el estado natural de un lago de las praderas se parezca al de un lago de bosque boreal. Por lo tanto, se busca tener, tanto, referencias históricas como contemporáneas, con bajo impacto, de sitios para evaluar la salud de los lagos (por ejemplo, Dickens et al., 2017). Estos datos de referencia también ayudan a evaluar el progreso de Canadá para Implementar la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el agua dulce (Asamblea General de la ONU, 2015).

5.5 Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua de Nueva Zelanda

Por último, el caso de Nueva Zelanda, que se caracteriza por poseer muchos lagos que se han visto afectados por la eutroficación antrópica, contaminación de nutrientes y sedimentos, debido principalmente a la agricultura (Abell et al., 2020); se rige por la Declaración de Política Nacional para la Gestión de Agua Dulce (publicada en 2011), a partir de la cual los Consejos Regionales deben implementar sus políticas y planes a más tardar el 2025. Además, los Consejos Regionales son los encargados de monitorear la calidad del agua de sus lagos para gestionar los impactos ambientales que se dan en cada región. Esta información está disponible en la base de datos Land Air Water Aotearoa

(LAWA), que es una plataforma de datos ambientales de Nueva Zelanda. Esta plataforma se estableció como una asociación entre los dieciséis consejos regionales de Nueva Zelanda, el Instituto Cawthron y el Ministerio del Medio Ambiente, con el objeto de prestar ayuda a las comunidades locales a encontrar el equilibrio entre el uso de los recursos naturales, el mantenimiento de la calidad y la disponibilidad del agua. Según Abell et al. (2020), la cuantificación y el manejo de las actividades humanas en el estado trófico de los lagos requiere el conocimiento de la variabilidad natural del lago, y así cuantificar la eutroficación antropogénica, proporcionando un contexto para establecer objetivos y metas de gestión adecuadas. Las condiciones de referencia y las influencias se deberían desarrollar de forma individual para los lagos, sin embargo, para los lagos con condiciones de referencia similares es aconsejable agruparlos desarrollando rangos de valores para la categoría de lagos.

LAWA entrega información sobre la calidad del agua de los lagos de Nueva Zelanda. Los lagos son monitoreados para una variedad de indicadores ecológicos y de calidad del agua (fisicoquímicos y bacteriológicos) por consejos regionales. La información de LAWA se centra en la condición actual de los lagos monitoreados y cómo han cambiado con el tiempo, para ello se utiliza el índice de nivel trófico del lago (TLI) que combina varios indicadores para determinar la condición general del lago.

Es importante tener en cuenta que la información generada corresponde sólo a los lagos donde se ha realizado el monitoreo y donde hay datos de todos los parámetros necesarios para calcular el TLI. Normalmente los sitios monitoreados en el programa corresponden a las áreas más afectadas por las actividades humanas, sitios que poseen el mayor valor social y cultural o donde los cambios en la calidad del agua han resultado en la implementación de programas de monitoreo. En general, solo una pequeña proporción (124 lagos) de los aproximadamente 3.800 lagos (> 1 ha) en Nueva Zelanda se monitorean con regularidad en la actualidad para los indicadores requeridos para calcular el TLI.

El índice de nivel trófico (TLI) combina varias medidas de la calidad del agua de los lagos y proporciona un resumen integrado de la condición del lago. Se calcula utilizando las concentraciones de nutrientes claves (nitrógeno total y fósforo total), un indicador de la

biomasa de algas (clorofila a, el pigmento fotosintético presente en todas las plantas), así como una medida de la transparencia del agua (Tabla 52). Estos cuatro aspectos se combinan mediante una ecuación que arroja una puntuación entre 0 y 9 (que luego se convierte en una calificación de "muy buena" a "muy mala"), con puntuaciones más bajas que indican una mejor calidad del agua y valores más altos que indican una calidad de agua progresivamente más pobre. El aumento de los puntajes de TLI indica que un lago se está enriqueciendo con nutrientes con una probabilidad cada vez mayor de eventos de floración de algas, que están asociados con una menor claridad del agua. El TLI se calcula una vez al año y proporciona a los consejos regionales y administradores de lagos una medida integrada de la calidad del agua que se puede rastrear a lo largo del tiempo.

Tabla 52. Tipos de lagos, niveles tróficos y valores que definen los diferentes tipos de lagos (Burns et al. 2005).

Tipo de lago	**Nivel trófico**	**Chla (μg/L)**	**Profundidad Secchi (m)**	**PT (μg/L)**	**NT (μg/L)**
Ultra-microtrófico	0,0 – 1,0	0,13 – 0,33	31 – 24	0,84 – 1,8	16 – 34
Microtrófico	1,0 – 2,0	0,33 – 0,82	24 – 15	1,8 – 4,1	34 – 73
Oligotrófico	2,0 – 3,0	0,82 – 2,0	15 – 7,8	4,1 – 9,0	73 – 157
Mesotrófico	3,0 – 4,0	2,0 – 5,0	7,8 – 3,6	9,0 – 20	157 – 337
Eutrófico	4,0 – 5,0	5,0 - 12	3,6 – 1,6	20 – 43	337 – 725
Supertrófico	5,0 – 6,0	12,0 – 31,0	1,6 – 0,7	43 – 96	725 – 1.558
Hypertrófico	6.0 – 7.0	> 31	< 0,7	> 96	> 1.558

5.6 Índices de estado trófico

La clasificación de estados tróficos comenzó como un concepto continuo, pero evolucionó rápidamente a una clasificación de "tipos". La mayoría, pero no todos, los sistemas o índices de clasificación trófica existentes reflejan este énfasis tipológico. La representación de este tipo de esquema de clasificación es simplemente una lista de características para un tipo trófico específico. Los lagos se asignan a una clase trófica según su acuerdo con las características de la lista. Este tipo de clasificación tiene dificultades cuando determinadas variables pueden clasificar el lago en diferentes categorías.

La esencia de una clasificación trófica tipológica es la creencia de que existe un tipo real de lago llamado eutrófico en el sentido de que existe un tipo real de ser humano llamado joven, de mediana edad o anciano. Por lo tanto, los lagos pueden clasificarse y colocarse en uno de estos tipos. La eutroficación es el cambio de dirección progresivo de un lago de un tipo a otro. Una vez en un tipo, el lago adquiere ciertas características por las cuales puede ser reconocido y, por tanto, clasificado. Estas clasificaciones se reconocen fácilmente a partir de listas de características típicas de cada de estado trófico (Tabla 53).

El índice de la OCDE (Vollenweider y Kerekes, 1980) utilizó un enfoque estadístico para cuantificar los rangos de varias variables dentro de cada designación trófica (Tabla 54). Este índice se obtuvo preguntando a un grupo de científicos su opinión sobre cuál era el valor promedio de cada clase trófica para cada variable. Los datos resumidos se utilizaron para producir curvas en forma de campana para cada variable para cada clase (Figura 45). La superposición resultante enfatizó que los lagos de las mismas concentraciones pueden estar en más de una clase trófica.

Tabla 53. Sistema de Clasificación de tipología trófica basado en las características de los lagos (adaptado de Rast & Lee, 1987).

Variable	Características generales	
	Oligotrófico	**Eutrófico**
Producción total de plantas acuáticas	Bajo	Alta
Número de especies de algas	Alto	Bajo
Grupos algales característicos	Algas verdes, diatomeas	Cianobacterias
Plantas acuáticas enraizadas	Escasas	Abundantes
Oxígeno hipolimnético	Presente	Ausentes
Tipos de peces	Nadadores de agua fría profunda, como truchas y otros salmónidos.	Nadadores de aguas cálidas superficial, como percas, lucios y de aguas profundas como carpas y bagres.
Calidad de agua para uso doméstico e industrial	Buena	Pobre

Tabla 54. Rangos de la OECD basado en las opiniones de científicos (después de Vollenweider & Carekes, 1980).

Variable	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Fósforo total (µg/L) Media Rango	 8 3 - 18	 27 11 - 96	 84 16 - 390
Nitrógeno total (µg/L) Media Rango	 660 310 - 1600	 750 360 - 1400	 1.900 390 – 6.100
Clorofila a (µg/L) Media Rango	 1,7 0,3 – 4,5	 4,7 3 - 11	 14 2,7 – 7,8
Pick de clorofila a (µg/L) Media Rango	 4,2 1,3 - 11	 16 5 - 50	 43 10 - 280
Disco Secchi (m) Media Rango	 9,9 5,4 - 28	 4,2 1,5 – 8,1	 2,4 0,8 – 7,0

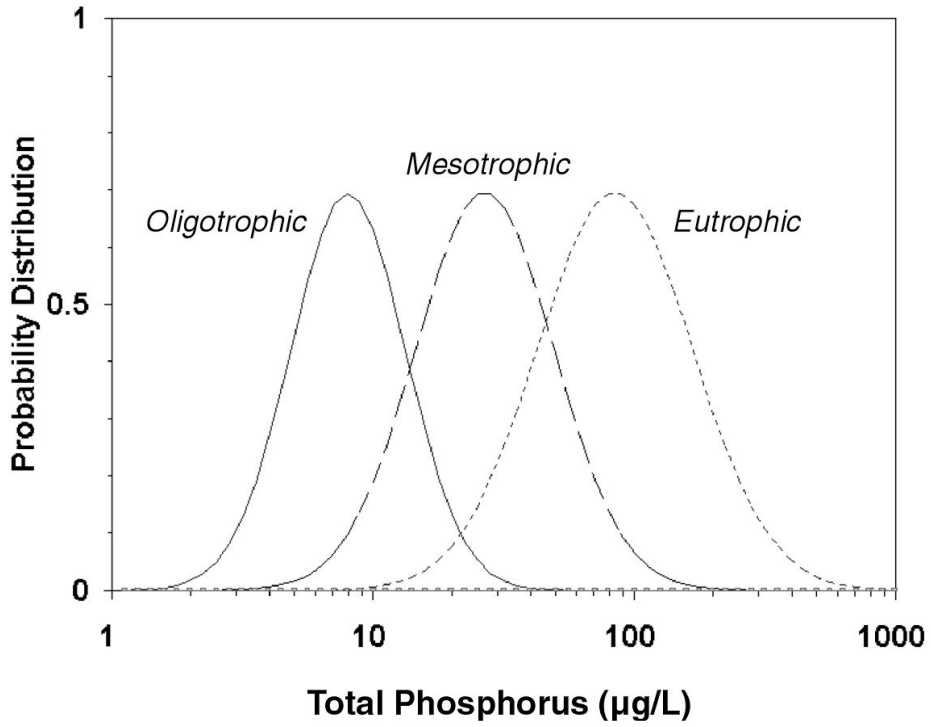


Figura 45. Curvas de distribución probabilística del fósforo total por clases de estado trófico.

En términos generales, los lagos y embalses pueden clasificarse como oligotróficos (del griego "poco alimento") o eutróficos (del griego "bien alimentado"), además de un término que indica una transición entre ambos estados, mesotrófico. A pesar de que estas descripciones tróficas no tienen significado absoluto alguno, son utilizadas de forma general para denotar la situación de la cantidad de nutrientes en una masa de agua (Ryding & Rast, 1992). Para definir el estado trófico de un cuerpo de agua se utilizan diferentes índices de estado trófico calculados a partir de distintos parámetros. Normalmente se basan en la determinación del contenido de clorofila α en la columna de agua y además, se evalúa el contenido del nutriente limitante, que en la mayor parte de los casos corresponde a fósforo y la transparencia (OECD, 1982) (Tabla 55).

Los índices tienen varios propósitos, en algunos casos, los índices toman variables no correlacionadas y las agregan en una sola palabra o valor para que se pueda comunicar fácilmente una condición general. Por ejemplo, un índice de contaminación puede incluir

concentraciones de metales pesados, pesticidas y fósforo, que pueden estar correlacionados o no, pero podrían contribuir a lo que el público considera contaminación. Los índices de estado trófico multivariante son de este tipo. Estos índices asumen que el estado trófico consiste en una serie de posibles atributos de los lagos, que van desde la concentración de nutrientes hasta el agotamiento de oxígeno hipolimnético.

Alternativamente, índices como el de Carlson (1977) usan el término "índice" para significar que la variable medida no es el estado trófico, sino un indicador del estado trófico. Para Carlson, el estado trófico es la biomasa vegetal. La clorofila, la transparencia o incluso la TP son variables que pueden estimar la biomasa pero que en realidad no son carbono de plantas vivas (autótrofas). Incluso la medición de carbono orgánico no está libre de interferencias de detritos o carbono no vegetal. El estado trófico se utiliza como sustituto de una entidad real, la biomasa vegetal, que no se puede medir directamente.

En el mismo sentido, los índices de estado trófico son métodos abreviados para transmitir información. El fósforo total o la clorofila tienen poco valor en la comunicación a menos que exista algún estándar con el que el lector u oyente pueda comparar el valor. En este caso, decir eutrófica o TSI de 60 en lugar de "la concentración de clorofila es de 20 μg/L, puede transmitir información con mayor facilidad porque hay menos términos para explicar a la audiencia y menos términos para que la audiencia los ponga en el contexto de los suyos. En cada uno de estos casos, el índice ayuda al lector a equiparar varios parámetros en un indicador de condición de enriquecimiento para que se transmita una interpretación de la condición y se puedan sacar conclusiones. Ya sea que las medidas de la calidad del agua compiladas en un conjunto de datos se utilicen individualmente o colectivamente en un índice, son la información esencial y objetiva que el administrador de recursos necesita para determinar el estado de un lago o embalse. Con la información representativa y una guía como criterio de referencia que define la condición de calidad del agua relativamente intacta y alcanzable para la comparación, el administrador puede clasificar, seleccionar y planificar la restauración y protección de los lagos y embalses en su región.

El Índice de Estado Trófico de Carlson (1977), es uno de los más importantes y utilizados en el mundo, se basa en la relación entre la transparencia del agua (Ds), la concentración de

clorofila α (Chl a) y fósforo total (Pt). Su rango de valores fluctúa entre 0 a 100, siendo el primero un estado oligotrófico y el último hipereutrófico (Tabla 56).

Tabla 55. Valores límites para la clasificación trófica de lagos (OCDE, 1982).

Categoría trófica	**P-total (µg /L)**	**Clorofila a media (µg/L)**	**Clorofila a máxima (µg/L)**	**Prof. Secchi media (m)**
Ultraoligotrófico	< 4,0	< 1,0	< 2,5	> 12
Oligotrófico	< 10,0	< 2,5	< 8,0	> 6
Mesotrófico	10 - 35	2,5-8	8 - 25	6 – 3
Eutrófico	35 - 100	8 - 25	25 - 75	3 – 1,5
Hipereutrófico	> 100	> 25	> 75	< 1,5

Tabla 56. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua según Carlson (1977).

Grado de Trofía	**TSI**	**Ds (m)**	**Pt (mg/m^3)**	**Chl a (mg/m^3)**
Oligotrófico TSI < 30	0	64	0,75	0,04
	10	32	1,5	0,12
	20	16	3	0,34
	30	8	6	0,94
Mesotrófico 30 < TSI < 60	40	4	12	2,6
	50	2	24	6,4
	60	1	48	20
Eutrófico 60 < TSI < 90	70	0,5	96	56
	80	0,25	192	154
	90	0,12	384	427
Hipereutrófico 90 < TSI < 100	100	0,06	768	427

Las siguientes ecuaciones fueron aplicadas para estimar el estado trófico de lagos a través del Índice de Carlson (1977):

Transparencia del agua (Ds) (m): $TSI_{Ds} = 60 - 14.41 \ln Ds$

Fósforo total (Pt) (mg/m^3): $TSI_{Pt} = 14{,}42 \ln Pt + 4{,}15$

Clorofila α (Chl a) (mg/m^3): $TSI_{Chl\,a} = 9{,}81 \ln Chl\,a + 30{,}6$

Donde,

Ds: Disco Secchi (m)
Chl a: Clorofila "a" (µg/L)
Pt: Fósforo Total (µg/L)

6. Identificar, proponer y justificar objetos de conservación y servicios ecosistémicos de los lagos Nor-patagónicos.

6.1 Características generales de los lagos Nor-patagónicos

En Chile, entre la región de La Araucanía y la región de Los Lagos, se sitúa un importante distrito de ecosistemas lacustres que se conoce como los lagos Nor-patagónicos o Araucanos (Thomasson, 1963). Este grupo de lagos se ubica en la zona andina y pre-andina entre los 39º S y 41ºS de latitud, a alturas que van desde los 115 a 580 m s.n.m. (Geller, 1992). Estos lagos se caracterizan por ser de origen glaciar, profundos, muy transparentes y ultra-oligotróficos (Thomasson, 1963; Campos, 1984; Geller, 1992). Estos cuerpos de agua presentan bajas concentraciones nutrientes y baja diversidad de especies (Campos, 1984; Soto & Zuñiga, 1991; Soto, 2002; Steinhart et al., 2002). La condición ultra-oligotrófica de estos lagos radica principalmente en bajas tasas de productividad primaria las cuales están determinadas por las bajas entradas de nutrientes inorgánicos (principalmente nitrógeno y fósforo) que llegan desde fuentes naturales externas (Soto, 2002, Montecino, 1994).

Además de su origen glaciar, se caracterizan por la fuerte influencia volcánica, por su profundidad, que varía entre 145 y 374 metros, y por ser sistemas templados y monomícticos, es decir que son lagos que nunca se congelan en superficie, ya que la temperatura del agua en invierno se encuentra entre los 9 – 10 °C, muy por sobre la temperatura de los lagos templados del hemisferio norte (4ºC), que son comparables con los de esta región. El clima presente es templado y húmedo, con abundantes precipitaciones medias anuales (Geller, 1992; Villalobos et al., 2003; Woelfl et al., 2003; Woelfl, 2007).

Otro rasgo importante de estos lagos, es que presentan concentraciones muy bajas de clorofila "a", baja productividad primaria, en donde sus comunidades de fitoplancton y

zooplancton presentan una baja diversidad de especies, dominada por diatomeas y copépodos calanoideos y, una aparente resistencia a las perturbaciones provocadas por la adición de fósforo; ya que con las concentraciones similares de este nutriente, se esperarían niveles más altos de clorofila "a", tal como ocurre en los lagos del hemisferio norte (Soto 1982; Villalobos et al., 2003; Valdovinos & Pedreros, 2007; Woelfl, 2007). Comparaciones entre estos lagos y ecosistemas similares del hemisferio norte, han demostrado que los lagos chilenos tienen concentraciones de clorofila menores a las esperadas, según las concentraciones actuales de fósforo (Soto y Stockner 1996). Diferentes estudios señalan que el P es el factor limitante de la productividad de los lagos (Campos 1984), sin embargo, con frecuencia en estos mismos cuerpos de agua la relación nitrógeno:fósforo (N: P), para formas inorgánicas disueltas, es menor de 10 (Soto et al. 1994). Esto sugeriría una potencial limitación de N, lo que podría explicar la baja respuesta frente al aumento de carga de P (Soto y Campos 1995). Estos lagos reciben muy poco nitrógeno inorgánico de la precipitación, inclusive algunas áreas de la región han sido consideradas como una de las más bajas del mundo (Hedin et al. 1995, Galloway et al. 1996). Tal patrón ha sido atribuido, al menos en parte, al escaso desarrollo industrial de esta parte del país.

Estos lagos, en general, poseen una baja carga de nutrientes provenientes de fuentes puntuales de origen antrópico. Sin embargo, cuentan con aportes de fuentes difusas debido a los cambios en el uso del suelo de sus cuencas de drenaje y a las actividades productivas que se realizan en ellos, como la silvicultura, la agricultura, la piscicultura, descargas de aguas residuales de la expansión residencial, etc. Según Valdovinos & Pedreros (2007), el cambio que se origina tras la conversión de territorios vírgenes además de las actividades señaladas anteriormente, provoca una mayor erosión del suelo lo que conlleva a un aumento en las concentraciones de fósforo (P), nitrógeno (N) y sedimentos, que son los agentes de cambio trófico más relevantes en los ecosistemas de agua dulce a nivel mundial.

Además, el aumento de la carga de nutrientes asociado a la acuicultura que se realiza en algunos de estos lagos, puede ocasionar un desequilibrio ambiental al acelerar el proceso de eutroficación, pudiendo llegar hasta floraciones de algas nocivas, una reducción o pérdida de la biodiversidad y anoxia en la columna de agua y sedimentos.

6.2 Comunidades bióticas

En general la información de las comunidades biológicas presente en estos lagos es escaza y discontinua. El componente biótico que presenta la mayor cantidad de información corresponde a la comunidad fitoplanctónica, ya que a través del programa de monitoreo de la DGA dispone de información continua desde el año 2011 (Anexo 7, Excel "Base_Datos_Fitoplanton_LNP"). La comunidad zooplanctónica que comprende este grupo de lagos consiste principalmente de rotíferos, cladóceros y copépodos calanoídeos (Soto & Zuñiga, 1991; Villalobos, 1994) y además de ciliados mixotróficos (*Stentor, Ophrydium*) (Woelfl & Geller, 2002; Woelfl, 2007). Similares comunidades planctónicas también se han reportados en algunos lagos de Australia, Nueva Zelanda y Argentina (Laybourn-Parry *et al*, 1997; Modenutti et al. 2005). En la Tabla 57 se presenta la información disponible de estudios del zooplancton en los lagos Nor-patagónicos.

La mayor parte de la información de la fauna íctica corresponde a estudios realizados en las cuencas de los ríos Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno y Maullín. Según Campos (1985) las áreas ritrónicas de estos sistemas están compuestas por *A. zebra, T. areolatus, P. gillissi* y *Galaxias platei*, mientras que en la zona potamal por *G. maculatus, B. australis, O. mauleanum* y *P. trucha.* En las zonas de humedales se reportan *Ch. australe* y *B. bullocki*. El río más representativo para la región es el Valdivia (39º52'S – 73º18'W), que se origina en cinco lagos principales: Lacar, en Argentina; y en Chile, el Pirihueico, Neltume, Panguipulli y Riñihue. Los peces descritos para la hoya hidrográfica del Valdivia son: Diplomystidae: *Diplomystes camposensis*; Trichomycteridae: *Trichomycterus areolatus*; Galaxiidae: *Galaxias platei, G. maculatus, B. bullocki*; Characidae: *Cheirodon australe*; Atherinidae: *Basilichthys australis, O. mauleanum;* Aplochitonidae: *Aplochiton zebra*; Percichthyidae: *Percichthys trucha, P. melanops* y la lamprea Geotriidae*: G. australis*. En la Tabla 58 se presenta la información disponible de estudios de las comunidades ícticas en los lagos Nor-patagónicos.

Tabla 57. Lista de los taxa de zooplancton reportados para los lagos Nor-patagónicos.

Lago	Zooplancton			Fuente
Caburga	*Boeckella gracilipes*	*Nauplius*	*Gastropus hyptopus*	*Campos.et al., 1998*
	Tropocyclops prasinus	*Stentor araucanus*	*Trichocerca similis*	
	Eubosmina hagmanni	*Stentor amethistinus*	*Filodina sp.*	
	Ceriodaphnia dubia	*Tintinidae*	*Asplanchna sp.*	

Lago	Zooplancton			Fuente
	Scapholeberis spinifera	*Keratella cochlearis*	*Lecane luna*	
	Copepodos Calánidos	*Polyarthra vulgaris*	*Collotheca pelagica*	
	Copepodos Cycópídos	*Chonochilus unicornis*	*Filinia longiseta*	
	Boeckella gracilis	*Mesocyclops longisetus*	*Diaphanosoma chilensis*	*Campos, 1984*
	Diaptomus diabolicus	*Eucyclops serrulatus*	*Daphnia ambigua*	
Neltume	*Ceriodaphnia dubia*	*Daphnia sp.*	*Kellicotia longispina*	
	Diaptomus diabolicus	*Neobosmina chilensis*	*Brachionus sp.*	
	Copepoditos calanoideos	*Scapholebris spinifera*	*Synchaeta sp.*	Universidad Austral, 2012
	Copepoditos ciclopoideos	*Trichocerca sp.*	*Stentor araucanus*	
	Tropocyclops prasinus	*Keratella americana*	*Stentor amethystinus*	
	Nauplia	*Keratella cochlearis*		
Riñihue	*Boeckella gracilis*	*Eucyclops serrulatus*	*Scapholeberis spinifera*	
	Boeckella gracilipes	*Eubosmina hagmanni*	*Copepodits*	
	Diaptomus diabolicus	*Ceriodaphnia dubia*	*Nauplius*	*Campos, 1984*
	Mesocyclops longisetus	*Diaphanosoma chilensis*		
	Tropocyclops prasinus	*Daphnia ambigua*		
Pirihueico	*Copepoditos calanoideos*	*Daphnia pulex*	*Keratella cochlearis*	
	Tropocyclops prasinus	*Neobosmina chilensis*	*Polyarthra af. Vugaris*	Universidad Austral, 2012
	Mesocyclops sp	*Euchlanis sp.*	*Synchaeta sp.*	
	Copepoditos ciclopoidos	*Trichocerca sp*	*Stentor araucanus*	
	Nauplia	*Keratella americana*	*Stentos amerhystinus*	
	Boeckella gracilipes	*Ceriodaphnia dubia*		Universidad Austral, 2000
	Mesocyclops longisetus	*Eubosmina hagmanni*		
Ranco	*Boeckella gracilipes*	*Tropocyclops prasinus*	*Eubosmina hagmanni*	*Campos et al., 1982*
	Diaptomus diabolicus	*Daphnia pulex*	*Scapholeberis spinifera*	
	Mesocyclops longisetus	*Diaphanosoma chilensis*	*Daphnia ambigua*	
	Boeckella gracilis	*Copepodits*		*Campos, 1984*
	Ceriodaphnia dubia	*Nauplius*		
	Filinia longiseta	*Keratella cochlearis*	*Conochilus unicornis*	
	Collotheca libera	*Embryos cladocera*	*Polyarthra dolichoptera*	*Campos et al., 1992*
	Synchaeta pectinata	*Anuraeopsis fissa*	*Copepodite calanoidea*	
	Synchaeta longipes	*Epiphanes brachionus*	*Copepodite cyclopoidea*	
Maihue	*Diaptomus diabolicus*	*Copepodos Calánidos*	*Filodina sp.*	
	Boeckella gracilipes	*Copepodos Cyclópidos*	*Lecane luna*	
	Tropocyclops prasinus	*Nauplius*	*Asplanchna sp.*	*Campos.et al., 1998 (Universidad Austral de Chile)*
	Eubosmina hagmanni	*Keratella cochlearis*	*Stentor araucanus*	
	Ceriodaphnia dubia	*Polyarthra vulgaris*	*S. amethistinus*	
	Diaphanosoma chilense	*Chonochilus unicornis*		
	Scapholeberis spinifera	*Gastropus hyptopus*		
Puyehue	*Diaptomus diabolicus*	*Eubosmina hagmanni*	*Nauplius*	Campos et al.,

Lago	Zooplancton			Fuente
	Mesocyclops longisetus	*Trichocerca sp*	*Copepoditos calanidos*	1989
	Tropocyclops prasinus	*Polyarthra dolichoptera*	*copepoditos cyclopidos*	
	Diaphanosoma chilense	*Chonochilus unicornis*	*Keratella cochlearis*	
	Daphnia ambigua	*Chonochiloides coenobasis*		
	Ceriodaphnia dubia	*Collotheca pelagica*		
Rupanco	*Boeckella gracilipes*	*Keratella cochlearis*	*Collotheca pelagica*	
	Diaptomus diabolicus	*Keratella gracilenta*	*Rotaria sp.*	
	Mesocyclops longisetus	*Trichocerca porcellus*	*Copepoditos calánidos*	Campos et al., 1992
	Diaphanosoma chilense	*Trichocerca similis*	*Copepoditos ciclopidos*	
	Daphnia pulex	*Polyarthra dolichoptera*	*Eubosmina hagmanni*	
	Ceriodaphnia dubia	*Chonochilus unicornis*		
Todos los Santos	*Boeckella gracilipes*	*Ascomorpha sp.*	*Bdelloidea sp*	
	Mesocyclops longisetus	*Synchaeta stylata*	*Nauplius*	
	Eubosmina hagmanni	*Polyarthra dolichoptera*	*Copepoditos calanidos*	Campos et al., 1990
	Daphnia pulex	*Pompholix sulcata*	*Copepoditos ciclopidos*	
	Keratella cochlearis	*Conochilus unicornis*		
	Trichocerca porcellus	*Collotheca pelagica*		
Chapo	S.I.			

Tabla 58. Lista de los taxa de peces reportados en las cuencas de los lagos Norpatagónicos.

Lago	Peces			Fuente
Panguipulli	*Diplomystes camposensis*	*Cheirodon australe*	*Percichthys melanops*	Vila & Pardo, 2008*
	Trichomycterus areolatus	*Basilichthys australis*	*Geotria australis*	
	Galaxias platei	*Odontesthes mauleanum*	*Percichthys trucha*	
	Galaxias maculatus	*Aplochiton zevra*	*Brachygalaxias bulloki*	
Neltume	*Diplomystes camposensis*	*Brachygalaxias bullocki*	*Percichthys trucha*	Vila & Pardo, 2008*
	Trichomycterus areolatus	*Basilichthys australis*	*Percichthys melanops*	
	Galaxias platei	*Odontesthes mauleanum*	*Geotria australis*	
	Galaxias maculatus	*Aplochiton zebra*	*Cheirodon australe*	
Riñihue	*Galaxias maculatus*	*Basilichthys australis*	*Salmo gairdnerii gairdnerii*	*Campos et al, 1974*
	Galaxias platei	*Percilia gillisi*	*Salmo trutta fario*	
	Brachygalaxias bullocki	*Pygidium aerolatum*	*Cyprinus carpio*	
	Aplochiton taeniatus	*Dyplomistes chilensis*	*Tinca tinca*	*Arratia, 1981*
	Cheiroron australis	*Percichthys trucha*	*Geotria australis*	

Lago	Peces			Fuente
	Cheirodon galusdae	*Percichthys melanops*	*Odontesthes wiebrichi*	
	Diplomystes camposensis *Trichomycterus areolatus*	*Odontesthes mauleanum* *Aplochiton zebra*	*Cheirodon australe*	*Vila & Pardo, 2008**
Pirihueico	*Diplomystes camposensis* *Trichomycterus areolatus* *Galaxias platei* *Galaxias maculatus* *Brachygalaxias bullocki*	*Cheirodon australe* *Basilichthys australis* *Odontesthes mauleanum* *Aplochiton zebra* *Percichthys trucha*	*Percichthys melanops* *Geotria australis* *salmonids*	Vila & Pardo, 2008*
Ranco	*Salmonidos*	*Basilichtys australis*	*Percichthys trucha*	Soto et al., 2006
Puyehue	*Salmonidos*	*Percichthys trucha*		Soto et al., 2006
Rupanco	*Salmonidos*	*Basilichtys australis*	*Percichthys trucha*	Soto et al., 2006
Todos los Santos	*Salmonidos* *Basilichtys australis*	*Percichthys trucha* *Trichomycterus areolatus*	*Galaxias platei*	Soto et al., 2006 Arratia, 1981

*se considera hoya hidrográfica

6.3 Servicios ecosistémicos de los lagos en estudio

Los servicios ecosistémicos (SE) son las contribuciones (beneficios) que las personas obtenemos de la naturaleza (EME 2010). Según CICES (2010) existen tres categorías de SE, los servicios de abastecimiento, que incluyen los beneficios tangibles o materiales como alimentos, agua y materias primas; los servicios de regulación que controlan los ciclos naturales, regulando inundaciones, protegiendo la degradación del suelo, captura de gases de efecto invernadero. Y los servicios culturales, que son los beneficios no materiales, como valores estéticos, espirituales y culturales; que dependen de la percepción que cada individuo o comunidad acerca de los ecosistemas y sus componentes (Haines-Young y Potschin, 2012; Corredor et al., 2012).

El estudio comprende las áreas correspondientes a los 21 lagos priorizados en este estudio. La identificación y caracterización de los SE, se ha realizado mediante el método de transferencia-beneficio propuesta por Burkhard et al., (2009), la propuesta de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) y CICES (2011), que categorizan estos servicios en tres categorías: abastecimiento, regulación y culturales y proponen para su identificación los siguientes pasos:

6.3.1 Caracterización de Socio-ecosistemas

Considerando que los socio-ecosistemas, se definen como aquellas áreas que integran la perspectiva ecológica y socio cultural de un área en particular, relevando a los actores que habitan en el territorio y que tienen injerencia (directa e indirecta) en la toma de decisiones. Se han utilizado la información disponible; que considera las áreas de drenaje de las principales cuencas hidrográficas que comprenden los lagos, y se han usado como límites de estudio para cada socio-ecosistema.

De acuerdo con esta información y a la ubicación de los lagos se han delimitado 5 socio ecosistemas:

- **Socio-ecosistema 1:** Subsubcuenca del río Toltén; comprende Lago Colico, Huilipilún, Caburgua y Tinquilco.
- **Socio-Ecosistema 2:** Subsubcuenca del río Valdivia; comprende Lagos Calafquén, Panguipulli, Riñihue, Neltume, Pirihueico, Pullinque y Pellaifa.
- **Socio-Ecosistema 3:** Subsubcuenca río Bueno; comprende Lago Ranco, Maihue, Constancia, Gemelas, Huishue, Gris, Puyehue y Rupanco.
- **Socio-Ecosistema 4:** Subsubcuenca río Petrohué; comprende Lago Todos Los Santos.
- **Socio-Ecosistema 5:** Subsubcuenca río Chamiza/Petrohué; comprende Lago Chapo.

Es importante señalar, que esta información levantada debe ser cotejada con información recopilada presencialmente en cada uno de los socio-ecosistemas identificados, con la finalidad de complementar dicha información y de esta manera poder crear indicadores que den cuenta de la provisión de servicios ecosistémicos más ajustada.

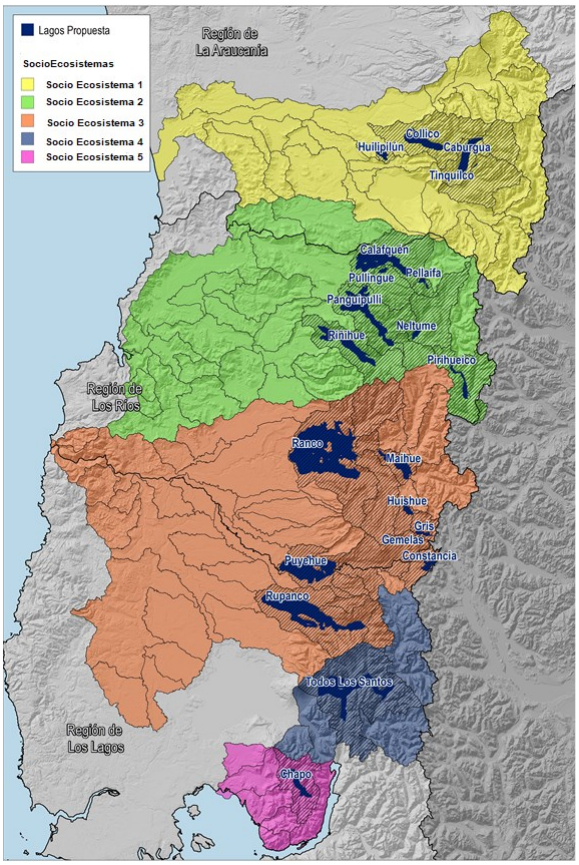


Figura 46. Socio ecosistemas en estudio

6.3.2 Identificación de las Unidades Suministradoras de los SE

Descriptivamente y de acuerdo con la información disponible para cada uno de los lagos en estudio, se evaluaron los componentes que son capaces de generar funciones ecosistémicas capaces de proveer SE, para lo cual se utilizaron los usos de suelo de cada una de las cuencas de drenaje de los lagos.

6.3.3 Identificación de los SE

De acuerdo a los diferentes usos de suelo, se realizó un listado de los posibles SE a considerar para cada uno de los lagos en estudio. Posteriormente, se han relacionado cada uno de los usos de suelo de las áreas de drenaje con la provisión de SE, utilizando la

metodología propuesta por Burkhard et al., (2009), que consiste en una matriz de doble entrada que contiene en las filas los usos de suelo y en las columnas los SE, evaluando la capacidad y/o aptitud de los diferentes ecosistemas para proporcionar un SE.

La matriz de Burkhard et al., (2009) se ha ajustado al contexto del área en estudio considerando la configuración que presenta el paisaje, el estado de conservación de los ecosistemas de referencia y los SE disponibles. Para estimar el número de funciones y servicios provistos por cada ecosistema de referencia se ha valorado mediante análisis de expertos la capacidad de los ecosistemas de proveer funciones ecosistémicas. Los elementos de esa matriz se puntuaron con valores 0: nula o muy baja capacidad de proveer funciones y SE, y con valor 1: aquellos con una capacidad relevante de provisión; mostrando la cantidad servicios tanto por separado como la suma total de ellos para cada cobertura del suelo.

De acuerdo a la revisión de los usos de suelo y delimitación de socio ecosistemas, los principales servicios que los lagos Nor-patagónicos, ofrecen a la sociedad se resumen en la Tabla 59, mientras que específicamente para cada lago se presentan en las Tablas 60 - 81.

Tabla 59. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), que resume el n° de componentes (coberturas) por lago capaces de generar un determinado servicio ecosistémico (SE).

Lago / N° coberturas capaces de proveer SE **Servicio Ecosistémico**	**CABURGUA**	**HUILIPILÚN**	**COLICO**	**TINQUILCO**	**CALAFQUÉN**	**PANGUIPULLI**	**RIÑIHUE**	**NELTUME**	**PIRIHUEICO**	**PULLINQUE**	**PELLAIFA**	**RANCO**	**MAIHUE**	**CONSTANCIA**	**GEMELAS**	**HUISHUE**	**GRIS**	**PUYEHUE**	**RUPANCO**	**T. LOS SANTOS**	**CHAPO**
Número total de coberturas	**8**	**7**	**9**	**8**	**14**	**15**	**13**	**14**	**12**	**10**	**9**	**14**	**14**	**6**	**4**	**9**	**4**	**15**	**15**	**14**	**12**
Provisión de Alimento	6	7	7	6	12	11	10	11	9	9	8	10	11	5	3	8	3	11	11	11	9
Provisión de Agua	4	4	5	4	7	7	6	7	7	5	4	6	7	4	3	5	3	7	7	7	6
Material de origen Biótico	6	6	7	6	11	10	9	10	9	9	8	9	10	5	3	8	3	10	10	10	9
Material de origen Abiótico	4	4	5	4	7	9	8	8	7	6	5	9	8	3	2	6	2	9	9	8	7
Recursos genéticos	6	7	7	6	12	12	11	12	10	9	8	11	12	5	3	8	3	12	12	12	10
Plantas medicinales	5	5	6	5	10	9	9	9	8	8	7	9	9	5	3	8	3	9	9	9	8
SERVICIOS ABASTECIMIENTO																					
Regulación de calidad de aire	6	6	7	6	11	11	10	11	10	9	8	10	11	5	3	8	3	11	11	11	10
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	6	6	7	6	11	11	10	11	10	9	8	10	11	5	3	8	3	11	11	11	10
Regulación Hídrica	4	4	5	4	7	7	6	7	7	5	4	6	7	4	3	5	3	7	7	7	6
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	5	5	6	5	10	9	9	9	8	8	7	9	9	5	3	8	3	9	9	9	8
Control perturbaciones	4	4	5	4	7	6	5	6	6	5	4	5	6	4	3	5	3	6	6	6	5
Control biológico	5	5	6	5	10	9	9	9	8	8	7	9	9	5	3	8	3	9	9	9	8
SERVICIOS DE REGULACIÓN																					
Conocimiento Científico	7	7	7	7	13	13	11	12	10	9	8	12	12	5	3	8	3	13	13	12	10
Paisaje-Servicio estético	5	5	6	5	10	10	10	10	9	8	7	10	10	5	3	8	3	10	10	10	9
Conocimiento ecológico local	5	5	6	5	10	10	10	10	9	8	7	10	10	5	3	8	3	10	10	10	9
Identidad cultural y sentido de pertenencia	5	5	6	5	10	10	10	10	9	8	7	10	10	5	3	8	3	10	10	10	9
Educación ambiental	7	7	7	7	13	12	11	12	10	9	8	11	12	5	3	8	3	12	10	12	10
Valor espiritual y religioso	3	3	4	3	6	6	6	6	6	4	3	6	6	4	3	5	3	6	6	6	5
Recreación y Ecoturismo	3	4	4	3	7	7	7	7	6	4	3	7	7	4	3	5	3	7	7	7	5
SERVICIOS CULTURALES																					

Caracterización Socio Ecosistema 1: Lagos Caburgua, Huilipilún, Colico y Tinquilco.

Lago Caburgua

Para el lago Caburgua, se han identificado 8 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Bosque nativo (achaparrado) con 19 SE, Bosque nativo (renoval) y cuerpos de agua con 18 SE (Tabla 60). Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, el material de origen biótico y los recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas, a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad el aire, y a la regulación climática, entre otros. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, educación ambiental, paisaje servicios estético, entre otros.

Tabla 60. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Caburgua.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque Nativo (renoval)	02 Cuerpos de agua	03 Matorral	04 Pradera	05 Monocultivo Forestal	06 Sin Vegetación	07Bosque Nativo (achaparrado)	08 Urbanizado	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Provisión de Agua	1	1	0	0	0	0	1	0	4
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Material de origen Abiótico	0	1	1	1	0	1	1	0	4
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Plantas medicinales	1	1	1	1	0	0	1	0	5
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	6	5	5	3	1	6	0	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Regulación Hídrica	1	1	0	0	0	0	1	0	4
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Control perturbaciones	1	1	0	0	1	0	1	0	4
Control biológico	1	1	1	1	0	0	1	0	5
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	4	4	3	0	6	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	0	1	1	7
Paisaje-Servicio estético	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Conocimiento ecológico local	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Educación ambiental	1	1	1	1	1	0	1	1	7
Valor espiritual y religioso	1	1	0	0	0	0	1	0	3
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	0	0	0	1	0	3
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	5	5	0	0	7	2	
TOTAL SERVICIOS	18	18	14	14	8	1	19	2	

Lago Huilipilún

Para el lago Huilipilún, se han identificado 7 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 61).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, recursos genéticos y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación climática, regulación de la calidad de aire y regulación morfo-sedimentaria. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, educación ambiental entre otros.

Tabla 61. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Huilipilún.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Agropecuario	03 Matorral	04 Pradera	05 Monocultivo forestal	06 Terrenos húmedos	07 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	7
Provisión de Agua	1	0	0	0	0	1	1	4
Material de origen Biótico	1	0	1	1	1	1	1	6
Material de origen Abiótico	0	0	1	1	0	1	1	4
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	7
Plantas medicinales	1	0	1	1	0	1	1	5
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	2	5	5	3	6	6	
Regulación de calidad de aire	1	0	1	1	1	1	1	6
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	0	1	1	1	1	1	6
Regulación Hídrica	1	0	0	0	0	1	1	4
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	0	1	1	0	1	1	5
Control perturbaciones	1	0	0	0	1	1	1	4
Control biológico	1	0	1	1	0	1	1	5
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	0	4	4	3	6	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	7
Paisaje-Servicio estético	1	0	1	1	0	1	1	5
Conocimiento ecológico local	1	0	1	1	0	1	1	5
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	0	1	1	0	1	1	5
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	7
Valor espiritual y religioso	1	0	0	0	0	1	1	3
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	0	0	1	1	4
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	3	5	5	2	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	5	14	14	8	19	19	

Lago Colico

Para el lago Colico, se han identificado 9 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE respectivamente, Bosque nativo (renoval, achaparrado) con 18 SE (Tabla 62).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad el aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental.

Tabla 62. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Colico.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (achaparrado)	03 Matorral	04 Pradera	05 Urbanizado	06 Monocultivo forestal	07 Sin vegetación	08 Terrenos Húmedos	09 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Provisión de Agua	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5
Material de origen Biótico	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Material de origen Abiótico	0	0	1	1	0	0	1	1	1	5
Recursos genéticos	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Plantas medicinales	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	5	5	0	3	1	6	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Regulación Hídrica	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
Control perturbaciones	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Control biológico	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	4	4	0	3	0	6	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Paisaje-Servicio estético	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
Conocimiento ecológico local	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
Educación ambiental	1	1	1	1	0	1	0	1	1	7
Valor espiritual y religioso	1	1	0	0	0	0	0	1	1	4
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	0	0	0	0	1	1	4
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	5	5	0	2	0	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	14	14	0	8	1	19	19	

Lago Tinquilco

Para el lago Tinquilco, se han identificado 8 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval y achaparrado) con 18 SE respectivamente (Tabla 63).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios a excepción de las áreas urbanizadas, destacando la provisión de alimentos, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y la regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, sobre todo aquellos relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental entre otros.

Tabla 63. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Tinquilco.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque Nativo (renoval)	02 Cuerpos de agua	03 Matorral	04 Pradera	05 Monocultivo Forestal	06 Sin Vegetación	07 Bosque Nativo (achaparrado)	08 Urbanizado	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Provisión de Agua	1	1	0	0	0	0	1	0	4
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Material de origen Abiótico	0	1	1	1	0	1	0	0	4
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Plantas medicinales	1	1	1	1	0	0	1	0	5
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	6	5	5	3	1	5	0	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Regulación Hídrica	1	1	0	0	0	0	1	0	4
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Control perturbaciones	1	1	0	0	1	0	1	0	4
Control biológico	1	1	1	1	0	0	1	0	5
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	4	4	3	0	6	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	0	1	1	7
Paisaje-Servicio estético	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Conocimiento ecológico local	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Educación ambiental	1	1	1	1	1	0	1	1	7
Valor espiritual y religioso	1	1	0	0	0	0	1	0	3
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	0	0	0	1	0	3
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	5	5	2	0	7	2	
TOTAL SERVICIOS	18	19	14	14	8	1	18	2	

Caracterización Socio Ecosistema 2: Lagos Calafquén, Panguipulli, Riñihue, Neltume, Pirihueico, Pullinque y Pellaifa.

Lago Calafquén

Para el lago Calafquén, se han identificado 14 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos Húmedos con 19 SE, Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE y cuerpos de agua con 18 SE (Tabla 64).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, el material de origen biótico, recursos genéticos y plantas medicinales. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad el aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, educación ambiental, paisaje servicios estético y conocimiento ecológico local.

Tabla 64. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Calafquén.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	12
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	11
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	7
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	7
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	13
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	13
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	2	0	5	5	7	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	2	1	14	14	19	18	13	

Lago Panguipulli

Para el lago Panguipulli, se han identificado 15 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE, respectivamente (Tabla 65).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de ellos, destacando los recursos genéticos, provisión de alimento y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados, corresponden a la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental entre otros.

Tabla 65. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Panguipulli.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	15 Minería	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	11
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	1	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	13
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	1	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	0	1	14	14	19	19	13	2	

Lago Riñihue

Para el lago Riñihue, se han identificado 13 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado y adulto) con 18 SE, respectivamente (Tabla 66).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios a excepción de las áreas urbanizadas, destacando los recursos genéticos y la provisión de alimentos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están

mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, y educación ambiental.

Tabla 66. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Riñihue.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Matorral	06 Pradera	07 Urbanizado	08 Sin vegetación	09 Matorral (arborescente)	10 Matorral (pradera)	11 Terrenos húmedos	12 Cuerpo de agua	13 Nieve	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Plantas medicinales	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	5	5	0	1	5	5	6	6	3	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5
Control biológico	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	4	4	0	0	4	4	6	6	3	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	5	5	0	0	5	5	7	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	14	14	0	1	14	14	19	19	13	

Lago Neltume

Para el lago Neltume, se han identificado 14 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 67).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando los recursos genéticos, provisión de alimento y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental entre otros.

Tabla 67. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Neltume.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	11
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	0	1	14	14	19	19	13	

Lago Pirihueico

Para el lago Pirihueico, se han identificado 12 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y Cuerpos de agua con 19 SE respetivamente y Bosque nativo (renoval, achaparrado y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 68).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios, destacando la provisión de recursos genéticos, alimentos y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y la educación ambiental.

Tabla 68. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pirihueico.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Monocultivo forestal	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Matorral	06 Pradera	07 Urbanizado	08 Matorral (pradera)	09 Nieve	10 Sin vegetación	11 Terrenos húmedos	12 Cuerpo de Agua	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	9
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	7
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	9
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Plantas medicinales	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	8
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	3	5	5	5	0	5	3	1	6	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	8
Control perturbaciones	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	6
Control biológico	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	8
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	3	6	4	4	0	4	3	0	6	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	6
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	2	7	5	5	0	5	7	0	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	8	18	14	14	0	14	13	1	19	19	

Lago Pullinque

Para el lago Pullinque, se han identificado 10 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y Cuerpos de agua con 19 SE respetivamente y Bosque nativo (renoval y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 69).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios, destacando la provisión de alimentos, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire, regulación climática, regulación morfo-sedimentaria y control biológico. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental, entre otros.

Tabla 69. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pullinque.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Monocultivo forestal	04 Matorral	05 Pradera	06 Urbanizado	07 Matorral (arborescente)	08 Matorral (pradera)	09 Terrenos Húmedos	10 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Provisión de Agua	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	5
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Material de origen Abiótico	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	6
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Plantas medicinales	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	3	5	5	0	5	5	6	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Regulación Hídrica	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	5
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
Control perturbaciones	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5
Control biológico	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	3	4	4	0	4	4	6	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
Educación ambiental	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Valor espiritual y religioso	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
Recreación y Ecoturismo	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	2	5	5	0	5	5	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	8	14	14	0	14	14	19	19	

Lago Pellaifa

Para el lago Pellaifa, se han identificado 9 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 70).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios, destacando la provisión de alimento, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, educación ambiental, paisaje servicio estético, conocimiento ecológico local e identidad cultural y sentido de pertenencia entre otros.

Tabla 70. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Pellaifa.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (adulto)	02 Monocultivo forestal	03 Bosque nativo (removal)	04 Matorral	05 Pradera	06 Urbanizado	07 Matorral (pradera)	08 Matorral (arborescente)	09 Cuerpo de Agua	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Provisión de Agua	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Material de origen Abiótico	0	0	0	1	1	0	1	1	1	5
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Plantas medicinales	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	3	5	5	5	0	5	5	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Regulación Hídrica	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
Control perturbaciones	1	1	1	0	0	0	0	0	1	4
Control biológico	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	3	6	4	4	0	4	4	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Paisaje-Servicio estético	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
Conocimiento ecológico local	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
Educación ambiental	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Valor espiritual y religioso	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3
Recreación y Ecoturismo	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	2	7	5	5	0	5	5	7	
TOTAL SERVICIOS	18	8	18	14	14	0	14	14	19	

Caracterización Socio Ecosistema 3: Lago Ranco, Maihue, Constancia, Gemelas, Huishue, Gris, Puyehue y Rupanco.

Lago Ranco

Para el lago Ranco, se han identificado 14 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE respectivamente y Bosque nativo (renoval, achaparrado y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 71). Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios a excepción de las áreas urbanizadas, destacando los recursos genéticos y la provisión de alimentos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental.

Tabla 71. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Ranco.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Matorral	06 Pradera	07 Urbanizado	08 Sin vegetación	09 Matorral (arborescente)	10 Matorral (pradera)	11 Terrenos húmedos	12 Cuerpo de agua	13 Nieve	14 Minería	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	10
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Plantas medicinales	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	5	5	0	1	5	5	6	6	3	1	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	5
Control biológico	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	4	4	0	0	4	4	6	6	3	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	12
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	5	5	0	0	5	5	7	7	7	1	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	14	14	0	1	14	14	19	19	13	2	

Lago Maihue

Para el lago Maihue, se han identificado 14 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 72).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas, a excepción de las áreas urbanizadas, presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental.

Tabla 72. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Maihue.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	11
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	0	1	14	14	19	19	13	

Lago Constancia

Para el lago Constancia, se han identificado 6 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 73).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, material de origen biótico, recursos genéticos y plantas medicinales. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad el aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, paisaje servicio estético, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, y educación ambiental.

Tabla 73. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Constancia.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (adulto)	02 Bosque nativo (renoval)	03 Bosque nativo (achaparrado)	04 Pradera	05 Sin vegetación	06 Cuerpo de Agua	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	0	1	5
Provisión de Agua	1	1	1	0	0	1	4
Material de origen Biótico	1	1	1	1	0	1	5
Material de origen Abiótico	0	0	0	1	1	1	3
Recursos genéticos	1	1	1	1	0	1	5
Plantas medicinales	1	1	1	1	0	1	5
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	5	5	1	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	0	1	5
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	0	1	5
Regulación Hídrica	1	1	1	0	0	1	4
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	1	1	0	1	5
Control perturbaciones	1	1	1	0	0	1	4
Control biológico	1	1	1	1	0	1	5
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	6	4	0	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	0	1	5
Paisaje-Servicio estético	1	1	1	1	0	1	5
Conocimiento ecológico local	1	1	1	1	0	1	5
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	1	1	0	1	5
Educación ambiental	1	1	1	1	0	1	5
Valor espiritual y religioso	1	1	1	0	0	1	4
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	0	0	1	4
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	7	5	0	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	18	14	1	19	

Lago Gemelas

Para el lago Gemelas, se han identificado 4 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 74).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Por otro lado, se

observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación. Sin embargo, se pueden proveer todos los servicios ecosistémicos identificados (e.g. regulación de la calidad el aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico). Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, paisaje servicio estético, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, educación ambiental.

Tabla 74. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Gemelas.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (adulto)	02 Bosque nativo (achaparrado)	03 Sin vegetación	04 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Provisión de Agua	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Material de origen Biótico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Material de origen Abiótico	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**
Recursos genéticos	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Plantas medicinales	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	**5**	**5**	**1**	**6**	
Regulación de calidad de aire	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación Hídrica	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Control perturbaciones	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Control biológico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	**6**	**6**	**0**	**6**	
Conocimiento Científico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Paisaje-Servicio estético	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Conocimiento ecológico local	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Identidad cultural y sentido de pertenencia	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Educación ambiental	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Valor espiritual y religioso	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Recreación y Ecoturismo	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	**7**	**7**	**0**	**7**	
TOTAL SERVICIOS	**18**	**18**	**1**	**19**	

Lago Huishue

Para el lago Huishue, se han identificado 9 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 75).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando la provisión de alimento, material de origen biótico y recursos genéticos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad de aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, paisaje servicio estético, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia y educación ambiental.

Tabla 75. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Huishue.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Bosque nativo (achaparrado)	04 Matorral	05 Matorral (arborescente)	06 Matorral (pradera)	07 Sin vegetación	08 Terreno húmedos	09 Cuerpo de Agua	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Provisión de Agua	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Material de origen Abiótico	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Plantas medicinales	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	5	5	5	5	1	6	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Regulación Hídrica	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Control perturbaciones	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5
Control biológico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	6	4	4	4	0	6	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Paisaje-Servicio estético	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Conocimiento ecológico local	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Valor espiritual y religioso	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	7	5	5	5	0	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	18	14	14	14	1	19	19	

Lago Gris

Para el lago Gris, se han identificado 4 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE y Bosque nativo (achaparrado, adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 76).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a

excepción de las áreas sin vegetación. Sin embargo, se pueden proveer todos los servicios ecosistémicos identificados (e.g regulación de la calidad el aire, regulación climática, regulación morfosedimentaria y control biológico). Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, paisaje servicio estético, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, y educación ambiental.

Tabla 76. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Gris.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (adulto)	02 Bosque nativo (achaparrado)	03 Sin vegetación	04 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Provisión de Agua	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Material de origen Biótico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Material de origen Abiótico	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**
Recursos genéticos	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Plantas medicinales	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	**5**	**5**	**1**	**6**	
Regulación de calidad de aire	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación Hídrica	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Control perturbaciones	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Control biológico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	**6**	**6**	**0**	**6**	
Conocimiento Científico	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Paisaje-Servicio estético	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Conocimiento ecológico local	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Identidad cultural y sentido de pertenencia	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Educación ambiental	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Valor espiritual y religioso	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
Recreación y Ecoturismo	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	**7**	**7**	**0**	**7**	
TOTAL SERVICIOS	**18**	**18**	**1**	**19**	

Lago Puyehue

Para el lago Puyehue, se han identificado 15 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y Cuerpos de agua con 19 SE respetivamente y Bosque nativo (renoval y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 77).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios, destacando los recursos genéticos, la provisión de alimentos y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico, educación ambiental, paisaje servicio estético, entre otros.

Tabla 77. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Puyehue.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	15 Minería	TOTAL COBERTURAS
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	11
Provisión de Agua*)*	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	1	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	13
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	1	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	0	1	14	14	19	19	13	2	

Lago Rupanco

Para el lago Rupanco, se han identificado 15 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Terrenos húmedos y cuerpos de agua con 19 SE respectivamente y Bosque nativo (renoval, achaparrado y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 78).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios a excepción de las áreas urbanizadas, destacando los recursos genéticos y la provisión de alimentos. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, sobre todo aquellos relacionados con el conocimiento científico, y educación ambiental.

Tabla 78. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Rupanco.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	15 Minería	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	11
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Material de origen Biótico	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	1	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	0	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	13
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	10
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	7
TOTAL SERVICIOS	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	1	

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	15 Minería	TOTAL COBERTURAS
CULTURALES																
TOTAL SERVICIOS	**18**	**18**	**5**	**18**	**8**	**14**	**14**	**0**	**1**	**14**	**14**	**19**	**19**	**13**	**2**	

Caracterización Socio Ecosistema 4: Lago Todos Los Santos.

Lago Todos Los Santos

Para el lago Todos Los Santos, se han identificado 14 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los servicios ecosistémicos (SE) está representada por las coberturas naturales: Terrenos Húmedos y cuerpos de agua con 19 SE respectivamente y Bosque nativo (renoval, achaparrado y adulto) con 18 SE respectivamente (Tabla 79).

Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios a excepción de las áreas urbanizadas, destacando los recursos genéticos, provisión de alimentos y material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están mayormente representados por la regulación de la calidad de aire y la regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, sobre todo aquellos relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental entre otros.

Tabla 79. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Todos Los Santos.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (renoval)	02 Bosque nativo (adulto)	03 Agropecuario	04 Bosque nativo (achaparrado)	05 Monocultivo forestal	06 Matorral	07 Pradera	08 Urbanizado	09 Sin vegetación	10 Matorral (arborescente)	11 Matorral (pradera)	12 Terrenos húmedos	13 Cuerpo de agua	14 Nieve	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	11
Provisión de Agua	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Material de origen	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Plantas medicinales	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	5	2	5	3	5	5	0	1	5	5	6	6	3	
Regulación de calidad de aire	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
Regulación Hídrica	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
Control perturbaciones	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6
Control biológico	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	6	0	6	3	4	4	0	0	4	4	6	6	3	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Paisaje-Servicio estético	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Conocimiento ecológico local	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	12
Valor espiritual y religioso	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Recreación y Ecoturismo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	7	3	7	2	5	5	0	0	5	5	7	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	18	5	18	8	14	14	0	1	14	14	19	19	13	

Caracterización Socio Ecosistema 5: Lago Chapo.

Lago Chapo

Para el lago Chapo, se han identificado 12 unidades biofísicas; se observa que la mayor capacidad de sostener la totalidad de los SE está representada por las coberturas naturales: Cuerpos de agua con 19 SE, Bosque nativo (renoval, achaparrado, adulto) con 18 SE (Tabla 80). Particularmente, para el caso de los servicios de abastecimiento se observa que todas las coberturas a excepción de las áreas urbanizadas presentan capacidad de proveer alguno de estos servicios. Los lagos entregan una gran diversidad de SE, destacando los recursos genéticos, la provisión de alimento, el material de origen biótico. Por otro lado, se observa que los servicios de regulación están dados por la mayoría de las coberturas a excepción de las áreas sin vegetación y urbanizadas. Los SE mayormente representados corresponden a la regulación de la calidad el aire y regulación climática. Finalmente, los servicios culturales tienen una amplia representatividad de acuerdo con los hábitats presentes, destacando los servicios relacionados con el conocimiento científico y educación ambiental.

Tabla 80. Matriz de transferencia beneficio de Burkhard et al., (2009), asociados a cada tipo de ecosistema presente en el lago Chapo.

Tipos de Ecosistemas / hábitats presentes en el área de estudio	01 Bosque nativo (adulto)	02 Monocultivo forestal	03 Bosque nativo (achaparrado)	04 Bosque nativo (removal)	05 Matorral	06 Pradera	07 Urbanizado	08 Matorral (pradera)	09 Matorral (arborescente)	10 Sin vegetación	11 Nieves	12 Cuerpo de Agua	**TOTAL COBERTURAS**
Provisión de Alimento	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	9
Provisión de Agua	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	6
Material de origen Biótico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	9
Material de origen Abiótico	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
Recursos genéticos	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Plantas medicinales	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8
TOTAL SERVICIOS ABASTECIMIENTO	5	3	5	5	5	5	0	5	5	1	3	6	
Regulación de calidad de aire	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Regulación climática *(e.g captura de carbono)*	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Regulación Hídrica	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	6
Regulación morfosedimentaria *(control de la erosión)*	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8
Control perturbaciones	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5
Control biológico	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8
TOTAL SERVICIOS DE REGULACIÓN	6	3	6	6	4	4	0	4	4	0	3	6	
Conocimiento Científico	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Paisaje-Servicio estético	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Conocimiento ecológico local	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Identidad cultural y sentido de pertenencia	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	9
Educación ambiental	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Valor espiritual y religioso	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	5
Recreación y Ecoturismo	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	5
TOTAL SERVICIOS CULTURALES	7	2	7	7	5	5	0	5	5	0	7	7	
TOTAL SERVICIOS	18	8	18	18	14	14	0	14	14	1	13	19	

6.3.4 Identificación de los beneficiarios

De acuerdo con la delimitación de los socio-ecosistemas, y a la relación con la información administrativa se identificaron los posibles beneficiarios de los servicios en estudio (Tabla 81). El paso posterior a esta información es dilucidar la injerencia de cada una de estas comunas en la gestión de los cuerpos de agua en estudio, pudiendo establecer así el tipo de beneficiario, definiendo a los ***beneficiarios directos*** como aquellos que viven o desarrollan parte o el total de su vida cotidiana cercanos a los lagos, en donde las gestiones de estos los afectarán directamente. En cambio, los ***beneficiarios indirectos*** son aquellos que tienen o pueden llegar a tener injerencia en las gestiones que se pueden realizar en relación a los lagos en estudio.

Tabla 81. Comunas presentes en cada socio ecosistema.

SOCIO ECOSISTEMA	CUERPO LACUSTRE PRESENTE	COMUNA
1	Caburgua Huilipilún Colico Tinquilco	Cunco, Curarrehue, Freire, Gorbea, Loncoche, Melipeuco, Pitrufquén, Pucón, Teodoro Schmidt, Toltén, Villarrica
2	Calafquén Panguipulli Riñihue Neltume Pirihueico Pullinque Pellaifa	Loncoche, Villarrica, Valdivia, Corral, Lanco, Los Lagos, Máfil, Mariquina, Paillaco, Futrono, Panguipulli, La Unión
3	Ranco Maihue Constancia Gemelas Huishue Gris Puyehue Rupanco	Paillaco, La Unión, Futrono, Lago Ranco, Río Bueno, Frutillar, Osorno, Puerto Octay, Purranque, Puyehue, Río Negro, Llanquihue, Fresia, San Juan de la Costa, San Pablo
4	Todos Los Santos	Puerto Varas, Puyehue
5	Chapo	Puerto Montt, Cochamó, Puerto Varas

7. Proponer parámetros fisicoquímicos prioritarios a normar y justificar su elección.

Del análisis de las principales presiones identificadas en el área de estudio se puede señalar que la presión más importante correspondería al aumento de nutrientes provenientes principalmente de la contaminación difusa, lo que podría acelerar el proceso de

eutroficación de estos lagos, como por ejemplo, lo ocurrido en el lago Villarrica. En este sentido, se propone que los parámetros prioritarios a normar sean los relacionados con la evaluación del estado trófico, es decir, fósforo total, nitrógeno total, clorofila a y transparencia (Tabla 9).

La justificación de los parámetros a normar estuvieron basadas principalmente por lo dispuesto en el "Manual de Orientación Técnica sobre Criterios de Nutrientes" elaborado por la US EPA (2000), y la "Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas" del Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2017). A continuación, se detallan cada uno de los parámetros seleccionados.

Fósforo

El fósforo suele ser la variable de mayor preocupación en relación con la eutroficación de lagos y embalses, ya que es considerado con mayor frecuencia como el nutriente que regula la producción de plantas acuáticas y el más susceptible de controlar. Junto con parámetros como la clorofila "a" y la transparencia, este nutriente se utiliza habitualmente para determinar el estado trófico de los lagos y embalses (USEPA, 2000).

Se pueden estimar diferentes formas de fósforo, una de ellas es el fósforo de ortofosfato ($P\text{-}PO_4$), la cual es la parte inorgánica del fósforo y es utilizado como fuente de alimento por parte de la biota, aunque existen ciertas especies que también utilizan el fósforo orgánico disuelto o en partículas como alimento (MMA, 2017)".

El fósforo total (PT) es una medida de todas las formas de fósforo, disuelto o partículado, que se encuentran en una muestra. En América del Norte, este parámetro se ha utilizado como base para establecer criterios de estado trófico y para desarrollar modelos de calidad del agua (USEPA, 2000).

Diversos estudios señalan que las concentraciones de PT en la escorrentía o en las exportaciones de áreas aportantes pueden estar relacionadas fácilmente con el uso del suelo que presenta la cuenca lacustre (Reckhow & Simpson, 1980; Walker, 1985), lo que lo convierte en un excelente indicador para determinar las cargas de fuentes puntuales y difusas dentro de ella.

En Chile, la geología del territorio influye en el aporte de este nutriente a los cuerpos acuáticos, ya que existen tipos de rocas que pueden aportar y explicar algunos incrementos locales o estacional de este parámetro, por lo que es importante considerar el aporte geológico natural (por ejemplo rocas volcánicas) en los análisis de fósforo (MMA, 2017).

Nitrógeno

De manera similar al fósforo, el nitrógeno también es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas acuáticas, pero se diferencia en que su control es más difícil ya que tiende a ser asimilado directamente de la atmósfera por varios tipos de organismos (por ejemplo, cianobacterias) (USEPA, 2000). En el Sur de Chile, el nitrógeno es co-limitante (junto con el fósforo) para el crecimiento de las algas, razón por la que gran parte de los esfuerzos relacionados con la eutroficación, a nivel regional, están enfocados en el nitrógeno.

El ciclo de este nutriente es complejo comparado con el del fósforo. Existen varias formas de nitrógeno, las más comunes y que son de preocupación en materia de eutroficación, son el nitrito (NO_2), el nitrato (NO_3), el amoniaco (NH_4) y el nitrógeno orgánico medido como nitrógeno Total Kjeldahl (NTK). Concentraciones elevadas de NH_4, NO_2 y NO_3 pueden promover el desarrollo, mantenimiento y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, macrófitas), contribuyendo a la eutroficación de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 2001; Anderson et al., 2002; Smith, 2003; EEA, 2005).

La suma de todas estas formas de nitrógeno se expresan como nitrógeno total (NT). Normalmente, el nitrato, el nitrito y el amoníaco están en niveles muy bajos en los lagos, ya que son rápidamente utilizadas por las plantas acuáticas o convertidas en otras formas de nitrógeno. En este sentido, la medición más útil desde el punto de vista de la modelación y la determinación del estado trófico de los cuerpos de agua, es el nitrógeno total (USEPA, 2000).

Clorofila “a”

La clorofila “a” es el principal pigmento fotosintético de las plantas, tanto de las algas como de las macrófitas y es una medida indirecta de la biomasa fitoplanctónica en un determinado volumen de agua o área definida (fitobentos). Por lo anterior, se le considera la variable de mayor relevancia cuando se desea hacer una estimación de la capacidad fotosintética de un ecosistema acuático (MMA, 2017; USEPA, 2000).

Cuando el estado trófico de un ecosistema empeora, la biomasa fitoplantónica aumenta, llegándose a situaciones extremas de eutroficación, donde se producen las floraciones o blooms de fitoplancton que pueden o no ser tóxicos, según el tipo de microalga que predomine (MMA, 2017). Es por lo anterior, que la clorofila es una variable importante, ya que hay lagos en los que el fósforo total no es el único o principal limitante de la producción de macrófitas o de biomasa, por ejemplo, los lagos con alta turbidez inorgánica y por ende limitación por luz (USEPA, 2000).

La relación entre clorofila y fósforo total está bien establecida para los lagos y embalses de gran parte del mundo y ha dominado los vínculos empíricos entre los nutrientes y la respuesta biológica de las plantas acuáticas en los lagos. Debido a esta relación y su vinculación con la biomasa de algas, la clorofila suele ser un componente importante de los índices de estado trófico (Carlson, 1977; Smith, 1982) y de los criterios de calidad del agua. Estos índices potencialmente se pueden utilizar para efectos de normar la calidad de los lagos de Chile, pero requieren una evaluación mas detallada.

Transparencia disco Secchi

La transparencia del disco Secchi, es una forma económica de proporcionar una gran cantidad de información sobre la calidad del agua del lago y, junto con el PT y la clorofila a, se ha convertido en una medida rutinaria del estado trófico de los lagos (USEPA, 2000).

Smeltzer *et al.* (1989) encontraron que la transparencia del disco Secchi es la mejor variable para identificar tendencias estadísticamente significativas en el estado trófico debido al gran número de observaciones que se pueden recopilar en una temporada determinada. Además, entrega la capacidad de recopilar numerosos años de datos con un

costo mínimo o nulo, en comparación con el PT y la clorofila a, que suelen controlarse con una frecuencia mucho menor y con un costo mayor.

En cuerpos de agua con poca carga de partículas inorgánicas y substancias colorantes, la transparencia del disco Secchi es un buen indicador para evaluar el estado trófico junto con la clorofila a y las formas inorgánicas de nitrógeno y fósforo (MMA, 2017).

Este parámetro también puede variar considerablemente en un lago entre y dentro de las diferentes estaciones del año; por lo tanto, lo ideal es tener una "estación indicadora". En varios estados de EE.UU., el marco temporal más confiable para medir la transparencia del disco Secchi y estimar el estado trófico del lago es en época de verano (USEPA, 2000). En el Sur de Chile hay altas abundancias de algas tantos en verano como también en invierno por lo cual se debe considerar ambos períodos como "estaciones indicadores".

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores de mayor impacto en la calidad del agua, ya que, si las concentraciones son muy bajas, afecta negativamente a la calidad del agua y a la salud de la biota acuática (MMA, 2017).

La concentración de oxígeno en el agua está relacionada con la interacción de diferentes elementos, tales como la cantidad de fitoplancton, plantas acuáticas, nubosidad, lluvia, así como el exceso de nutrientes que ingresa en los lagos. Lo anterior conlleva a que existan más microorganismos que requieren oxígeno para respirar y subsistir, derivando finalmente en que la concentración de oxígeno disminuya (Carchipulla, 2018).

La falta de oxígeno en las aguas del fondo hace que los sedimentos liberen compuestos disueltos como el fósforo inorgánico, amoníaco y sulfuro de hidrógeno. La desaparición inicial de oxígeno en el hipolimnio puede ocurrir antes de cualquier cambio perceptible en la productividad de las algas en el epilimnio (Gliwicz y Kowalczewski, 1981). Esto hace que el contenido de oxígeno del hipolimnion y la tasa de consumo sean un potencial sistema de alerta temprana de cambios en el estado trófico. Por lo tanto, el oxígeno disuelto

es una variable importante para evaluar el impacto de la eutroficación, aunque no defina el estado trófico.

Además de los parámetros propuestos anteriormente, se recomienda, a modo de complemento, el monitoreo de otras variables físico-químicas y biológicas que permiten explicar el comportamiento de los parámetros priorizados, como son: pH, conductividad, sólidos suspendidos y fitoplancton (EPA, 2000).

En el caso de los sedimentos, se recomienda su monitoreo en casos donde exista evidencia, a partir de los perfiles limnológicos de oxígeno disuelto, de la existencia de condiciones anóxicas en el hipolimnio que puedan provocar la liberación de fósforo desde los sedimentos a la columna de agua. Esto se debe a que normalmente durante los períodos de anoxia o hipoxia, las condiciones reductoras pueden dar lugar a la desorción de fosfato de oxihidróxidos de hierro en la interfase agua-sedimento, causando difusión de fosfato disuelto de los sedimentos hacia la columna de agua (Wetzel, 2001).

8. Proponer tablas de clases de calidad, para los parámetros priorizados.

En la Tabla 82 se presentan las clases de calidad del agua para los lagos Nor-Patagónicos las que fueron establecidas considerando las clasificaciones para lagos templados de hemisferio norte (OECD 1982), lagos de Nueva Zelanda (Burns et al. 2005) y los valores propuestos por CEPE (1992). En el caso del oxígeno disuelto, los valores presentados se basaron en la "Clasificación de estándares de calidad agua dulce superficial para la mantención de la vida acuática" (CEPE, 1992).

Como ya se mencionó, todos los lagos estudiados se encuentran actualmente en un estado oligotrófico y/o ultraoligotróficos, exceptuando los lagos Neltume y Puyehue, los cuales además mostraron características de mesotrofia según valores de transparencia de acuerdo a la clasificación de estado trófico propuesta en el capítulo 4.3.4, basada en los datos promedio de los últimos 5 años, por lo que se sugiere que los valores a normar estén dentro de las clases de calidad 1 y 2 de la Tabla 82, menos para las excepciones antes mencionadas (Neltume y Puyehue).

En la Tabla 83 se entregan los valores del percentil 80 para los parámetros priorizados de cada uno de los lagos estudiados y en la Tabla 84 se presentan valores de calidad específicos por lago o grupo de lagos. Los valores de la Tabla 84 se establecieron tomando como referencia el percentil 80 de los últimos cinco años de información histórica disponible, el que fue adaptado para generar grupos de lagos, pero siempre manteniendo la condición oligotrófica para todos los lagos. Es importante mencionar, que en caso de disponer de nuevos datos de calidad de agua, los análisis presentados en la Tabla 83 y Tabla 84 deben ser actualizados.

Respecto al cumplimiento normativo, se recomienda evaluar los datos en un período de al menos tres años, considerando la variabilidad estacional (verano-otoño-invierno-primavera), el tiempo de renovación y las presiones identificadas, de manera de identificar las tendencias en el comportamiento de las variables priorizadas. De acuerdo a estos criterios, los percentiles exigidos para dar cumplimiento a la norma pueden variar entre los lagos, pero generalmente se estima que deberían estar alrededor del 85% o más.

Tabla 82. Clases de calidad de agua para los parámetros priorizados.

Parámetro	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
	Muy Buena	**Buena**	**Aceptable**	**Mala**	**Muy Mala**
Definición	Los valores de los indicadores fisicoquímicos corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas. Las concentraciones de nutrientes permanecen dentro del rango normal asociado con las condiciones inalteradas.	Las concentraciones de nutrientes no rebasan los valores establecidos para garantizar el funcionamiento del ecosistema y la consecución de los valores especificados para la esta clase.	La clase 3 ya tiene impactos negativos sobre la biota de los ecosistemas acuáticos. Así, en cuencas o cuerpos de aguas con alta intervención antrópica, se debe decidir si esta condición es aceptable o si se debe mejorar a clase 2.	Este estado de la calidad del agua es inadecuado para proteger los ecosistemas acuáticos. Las condiciones de calidad del agua en esta clase se deben recuperar hasta alcanzar los valores umbrales de la clase 3.	Condición crítica para el ecosistema acuático, danos en su estructura y función, desaparición de especies sensibles desaparecen, concentraciones ambientalmente inaceptables.
Transparencia* m	≥ 15[b]	8[b]	4[b]	2[b]	<2
Clorofila a µg/L	≤ 1[a]	2,5[a,b]	8[a]	25[a]	>25
P total mg/L	≤0,004[a]	0,009[a,b]	0,020[b]	0,043[b]	>0,043
N total mg/L	≤ 0,05[a]	0,15[b]	0,30[b]	0,7[b]	>0,7
Oxígeno disuelto* mg/l	>7,0[c]	6,0 [c]	4,0 [c]	3,0 [c]	<3,0 [c]

[a]: clasificación de lagos templados de hemisferio norte (OECD, 1982).
[b]: clasificación de lagos de Nueva Zelanda (Burns et al., 2005).
[c]: Valores propuestos por CEPE (1992).
*: Valores mínimos requeridos para cada clase.

Tabla 83. Valores del percentil 80 de los parámetros priorizados para cada uno de los lagos.

Lago	Oxígeno disuelto mg/l	Transparencia (m)	Clorofila a (µg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Nitrógeno Total (mg/l)
1. Colico	>10	>15,5	1,25	0,006	0,095
2. Caburgua	>10	>19,0	1,05	0,008	0,090
3. Tinquilco	>8	>14,0	1,25	0,009	0,080
4. Calafquén	>10	>13,0	1,00	0,009	0,100
5. Panguipulli	>10	>12,0	1,10	0,007	0,090
6. Neltume	>10	>7,5	1,10	0,006	0,110
7. Riñihue	>10	>13,0	0.90	0,005	0,080
8. Pirihueico	>10	>15,0	0.60	0,006	0,060
9. Ranco	>10	>12,0	0.99	0,007	0,060
10. Maihue	>10	>15,0	1.80	0,007	0,060
11. Puyehue	>11	>10,0	1,10	0,007	0,160
12. Rupanco	>11	>15,0	1,40	0,007	0,060
13. Todos los Santos	>10	>16,0	0,70	0,009	0,060
14. Chapo	>10	>14,0	3,30	0,006	0,070

Tabla 84. Valores de calidad específicos por lago o grupo de lagos.

Lago	Oxígeno disuelto mg/l	Transparencia (m)	Clorofila *a* (µg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Nitrógeno Total (mg/l)
1. Tinquilco	>8,5	>12	1,5	0,009	0,100
2. Calafquén					
3. Todos los Santos					
4. Caburgua					
5. Colico	>8,5	>12	1,5	0,007	0,100
6. Panguipulli					
7. Pirehueico					
8. Riñihue					
9. Ranco					
10. Rupanco					
11. Neltume	>8,5	>7,5	1,5	0,006	0,110
12. Puyehue	>8,5	>10	1,5	0,007	0,160
13. Maihue	>8,5	>12	1,8	0,007	0,100
14. Chapo	>8,5	>12	3,3	0,006	0,100
15. Pellaifa	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
16. Pullinque	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
17. Huishue	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
18. Gemelas	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
19. Gris	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
20. Huilipilún	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

Lago	Oxígeno disuelto mg/l	Transparencia (m)	Clorofila *a* (µg/l)	Fósforo Total (mg/l)	Nitrógeno Total (mg/l)
21. Constancia	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

S.I.: Lagos sin información.

9. REFERENCIAS

ANZECC 1992. Australian water quality guidelines for fresh and marine waters. National Water Quality Management Strategy Paper No 4, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Canberra.

BURNS N, J. MCINTOSH & P. SCHOLES, 2005. Strategies for managing the lakes of the Rotorua District, New Zealand. Lake Reserv. Manage. 21(1):61-72.

BUSCHMANN, A. H, S. GELCICH, P. DÍAZ, R. ESTÉVEZ, M. C. HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, N. LAGOS, M. LARDIES, M. J. MARTÍNEZ-HARMS, S. V. PEREDA Y J. PULGAR (2019). «Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile». En P. A. Marquet et al., (editores), Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

BUSCHMANN, A., PIZARRO, R. & DOREN, D. (2002). De pescadores a cultivadores del mar: Salmonicultura en Chile. Análisis de Políticas Públicas, n° 10, 1-12 (Santiago: Publicaciones Terram). En http://www.tsociaLulagos.cl/apuntes/doc3salmoniculturaenchile.pdf

BUSCHMANN, A.H. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Terram Publicaciones, Santiago, 67 pp.

CARLSON R. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22(2):361-369.

CLAUDE, M., OPORTO, J., IBÁÑEZ, C., BRIEVA, L., ESPINOSA, P. C., & ARQUEROS, W. M. (2000). La ineficiencia de la salmonicultura en Chile: aspectos sociales, económicos y ambientales. Santiago: Terram Publicaciones.

CORREDOR-CAMARGO, EMMA & FONSECA-CARREÑO, JORGE & PAEZ, EDWIN. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el

bienestar humano. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 3. 77. 10.22490/21456453.936.

COSTA-PIERCE, B. & SOEMARWOTO, O. 1990. Reservoir Fisheries and Aquaculture Development for Resettlement in Indonesia. ICLARM Technical Report, 378 pp

COSTA-PIERCE, B. 1996. Environmental impacts of nutrients discharged from aquaculture: towards the evolution of sustainable, ecological aquaculture systems, p. 81 – 113. In Baird, D., Beveridge, M., Kelly, L. & Muir, J (eds.), Aquaculture and Water Resources Management. Blackwell, Oxford.

DGA. 2017. Análisis y reformulación red de monitoreo de lagos región de Los Ríos. S.I.T N° 395. Ministerio de Obras Públicas. 441 pp.

DÍAZ, M. E., FIGUEROA, R., ALONSO, M. L. S., & VIDAL-ABARCA, M. R. (2018). Exploring the complex relations between water resources and social indicators: the Biobío Basin (Chile). Ecosystem Services, 31, 84-92.

HAINES-YOUNG R Y POSTCHIN M. (2010) The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. En Ecosystem Ecology: A new synthesis, Rafaelli D y Frid C (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. 2010.

HAINES-YOUNG, R & POTSCHIN, M (2012), Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, EEA Framework.

HARTIG J., G. KRANTZBERG & P. ALSIP, 2020. Thirty-five years of restoring Great Lakes Areas of Concern: Gradual progress, hopeful future. Journal of Great Lakes Research. Vol. 46(3).

JEPPESEN E, KRONVANG B, OLESEN JE, SØNDERGAARD M, HOFFMANN CC, ANDERSEN HE, LAURIDSEN TL, LIBORIUSSEN L, MEERHOFF M, BEKLIOGLU M, ÖZEN A, 2011. Climate change effect on nitrogen loading from catchment in Europe: implications for nitrogen retention and ecological state of lakes and adaptations. Hydrobiologia 663:1-21.

MA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). 2005. Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis. Island Press, Washington DC

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA) (2003). Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación. Copyright © 2003 World Resources Institute.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA) (2005). Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis.Island Press, Washington DC

MONTES C. & O. SALA. 2007. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Ecosistemas 16 (3):137-147

NWQMS, 2000. Paper N° 4. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Vol. 1 (Cap. 1-7).

PANDER J. & J. GEIST, 2013. Ecological indicators for stream restoration success. Ecol Indic 30:106–118.

SMOL J., 1992. Paleolimnology: an important tool for effective ecosystem management. Journal of Aquatic Ecosystem Health. Vol. 1:49 – 58 pp.

TYNER E. & T. BOYER, 2020. Applying best-worst scaling to rank ecosystem and economic benefits of restoration and conservation in the Great Lakes J. Environ. Manage., 255.

10. ANEXOS

Anexo 1. Carpeta “Actas_Reuniones_LPN”

Anexo 2. Carpeta “Respaldo_Seminario_LNP”

Anexo 3. Carpeta “Base_Datos_Cartografía_LNP

Anexo 4. Archivo Excel “Base_Datos_Bibliografica_LNP”

Anexo 5. Carpeta “Base_Datos_Publicaciones_Informes_Tesis_LNP”

Anexo 6. Carpeta “Base_Datos_Calidad_Agua_LNP”.

Anexo 7. Archivo Excel “Base_Datos_Fitoplancton_LNP”

Anexo 8. Carpeta “Base_Datos_Sedimentos_LNP”

Anexo 9. Carperta “Base_Datos_Caudales_Precipitación_LNP”

Anexo 10. Archivo Excel “Forzantes_LNP”

Anexo 11. Carpeta “Diagramas_Lagos Nor-patagónicos_VF”