



CARTA MMA N° 240053

SANTIAGO, 04 ENE 2024

Señora
Leyla Cárdenas Tavie
Decana de la Facultad de Ciencias
Universidad Austral de Chile
Presente

De nuestra consideración:

Junto con saludar, y en relación con su carta recibida en Oficina de Partes de la SEREMI del Ministerio del Medio Ambiente ("MMA) de la Región de Los Ríos con fecha 20 de noviembre del presente año, me dirijo a usted para entregar algunos antecedentes que permitan dar respuesta a la inquietud planteada.

La elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental ("NSCA") para la protección de ecosistemas acuáticos en nuestro país requiere un proceso de recopilación, sistematización y análisis de la información ambiental disponible en cada cuenca, con el objetivo de comprender la variabilidad temporal y espacial de la calidad fisicoquímica del agua, en relación a la biodiversidad del ecosistema y a las distintas presiones antrópicas que la puedan afectar, con énfasis en las fuentes puntuales y difusas.

Para ello, el MMA recopila información y bases de datos de distintas fuentes, tanto públicas como privadas, independiente del objetivo por el cual se ha levantado dicha información. Una vez recopilada, es sistematizada y analizada de acuerdo con los objetivos que persiguen las NSCA en elaboración.

En este contexto, tanto para la elaboración del Anteproyecto de las NSCA para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia ("NSCA cuenca Valdivia"), como para la elaboración de su Proyecto Definitivo, se han utilizado, entre otros, los siguientes informes:

- Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios: 2014-2015, Universidad Austral de Chile.
- Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios. Informe anual correspondiente al período abril 2015-marzo 2016. Universidad Austral de Chile.
- Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios: 2015-2020. Informe Final Consolidado. Universidad Austral de Chile.

Considerando que dichos informes entregan los resultados del monitoreo y análisis continuo realizado en el Humedal Ríos Cruces y sus tributarios, con el objetivo de cumplir la medida 1 y 3 de la Sentencia del 27.07.2013 del Primer Juzgado de Civil de Valdivia (ROL N° 746-2005)¹, estos van sistematizando y acumulando la información del período anterior.

Teniendo en cuenta esto, para la elaboración del Informe Técnico para la Consulta Pública del Anteproyecto NSCA cuenca Valdivia del 2018 ("IT Anteproyecto")² y el Informe de Antecedentes Técnicos para elaboración del Proyecto Definitivo de la NSCA cuenca Valdivia del 2023 ("IT Proyecto Definitivo")³, se citaron los últimos informes disponibles, ya que daban cuenta de la totalidad de la información producida por los Programas a la fecha de la elaboración de dichos informes.

En este contexto, sin perjuicio de que los objetivos de los estudios que usted menciona son distintos a los perseguidos por el MMA para la elaboración de NSCA, así como su diseño muestral y análisis estadístico⁴, la información que entregan es de suma relevancia para la elaboración de las normas.

Es por ello que el MMA utilizó las bases de datos de estos estudios para la realización de análisis estadísticos, en conjunto con información fisicoquímica de otras fuentes, así como la información de biodiversidad contenida en sus informes, para el análisis espacial y temporal de la biodiversidad de la cuenca.

Por tal motivo, los párrafos de los informes (IT Anteproyecto e IT Proyecto Definitivo) a los que hace referencia en su carta, no están basados en las conclusiones de dichos estudios, ni corresponden a una cita textual, sino que están basados en la información y bases de datos que el Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios han levantado, desde el año 2014 al 2020, y a las conclusiones que el MMA llega a partir del análisis de los antecedentes recopilados en su conjunto.

¹ **Medida N° 1:** Realizar a través de un equipo interdisciplinario de diversos expertos en las áreas de biología, química y física, un estudio sobre el estado actual del Humedal, para dicho efecto, se deberá crear un comité independiente, en el que participen las partes y cuya duración no excederá a un año, el que comprenderá el estado de las aguas, flora y fauna del humedal.

Medida N° 3: Realizar un programa de monitoreo medio ambiental por parte de la empresa demandada, constante y por un período no inferior a cinco años, el que deberá efectuarse de acuerdo a las condiciones de calificación ambiental establecidas en la RCA 279/98 y sus modificaciones posteriores, por los organismos competentes, sin perjuicio de lo que éstos ordenen o hayan ordenado.

² Informe Técnico de la Consulta Pública del Anteproyecto NSCA Cuenca Valdivia. Disponible en expediente público a Folio 4025 al 4098

https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/Folio_4025-4095_informe.pdf

³ Informe de Antecedentes Técnicos para elaboración del Proyecto Definitivo NSCA Cuenca Valdivia. Disponible en expediente público a Folio 6303 al 6429
https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2023/proyectos/6303-6429_12.929_2023_Informe_Tecnico_NSCA_Valdivia.pdf

⁴ El objetivo de estos estudios es cumplir con las medidas N° 1 y 3 de la sentencia del 27 de julio de 2013 del Primer Juzgado Civil de Valdivia Causa Rol N° 746-2005.

Por tal motivo, considerando lo anteriormente señalado, y contrariamente a lo planteado en su carta, en relación a que *“tales menciones no guardan ninguna relación con lo escrito en el Informe UACH (2016)”*, es necesario reiterar que dichas menciones se basan en los informes del Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios desde el año 2014 al 2020, que, como mencionamos anteriormente, corresponde a un monitoreo continuo y acumulativo.

En este último punto, cabe destacar que en la versión 2020 de estos informes no se citó como “UACH, 2020”, sino como “Rubilar & Jaramillo, 2020”, tal y como ha sido citado en la biblioteca del Centro de Humedales, de tal manera de facilitar su búsqueda y lectura, incorporando en la Bibliografía el link de acceso, de la siguiente manera:

Rubilar, P., & Jaramillo, E. (2020). Programa de monitoreo ambiental actualizado del Humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios 2015-2020. Obtenido de Informe final consolidado: <https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1848>.

A mayor abundamiento, en el Anexo Transcripciones, se transcriben párrafos textuales del contenido de los tres informes y parte del diseño del análisis estadístico utilizado en éstos, que hacen que el MMA concluya que existe evidencia de la degradación de los ecosistemas, manifestada a través de cambios en los componentes abióticos de los ecosistemas hídricos, tales como sus características fisicoquímicas, que se relacionan con cambios en la distribución, abundancia y biodiversidad de la cuenca.

Cabe mencionar que estos cambios en el ecosistema han sido descritos desde 2004 por numerosos investigadores y, tal como se recoge en la página 1 de cada uno de los informes del Programa de Monitoreo, fundamentaron la elaboración de estudios de diagnóstico y programas de monitoreo por parte de la UACH, como parte de las medidas establecidas en la sentencia del 27 de julio de 2013 del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Causa Rol N° 746-2005.

Sin otro particular, se despide atentamente,



MARÍA HELOÍSA ROJAS CORRADI
MINISTRA DEL MEDIO AMBIENTE

VRB/AEG/FDB/CAC/RVJ/DMV/SJR/SSB/cph
C.C.: - División de Recursos Naturales y Biodiversidad
- Gabinete MMA

Adj.: - Anexo con transcripciones de Informes del Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios:2015-2020

SGD N° 17.767/2023

ANEXO TRANSCRIPCIONES

I. Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios: 2014-2015

Página 1

Durante el período invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) cambios ambientales relevantes, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*); antes del año 2004 esta planta era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal.

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, el 27 de abril de 2005, el Consejo de Defensa del Estado (en adelante CDE) presentó ante el Primer Juzgado Civil de la ciudad de Valdivia una demanda civil de reparación e indemnización en contra de la Empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A. (en adelante ARAUCO), cuya planta Valdivia fue sindicada como la presunta responsable de los cambios ambientales anteriormente mencionados.

Página 14-15

La transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera de este, estuvo significativa e inversamente correlacionada con la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST). Los valores de estos y aquellos de transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, variaron interanualmente de modo significativo con la cobertura del Luchecillo (inversa y directamente, respectivamente), la cual aumentó significativamente en período similar de tiempo (Fig. 3).

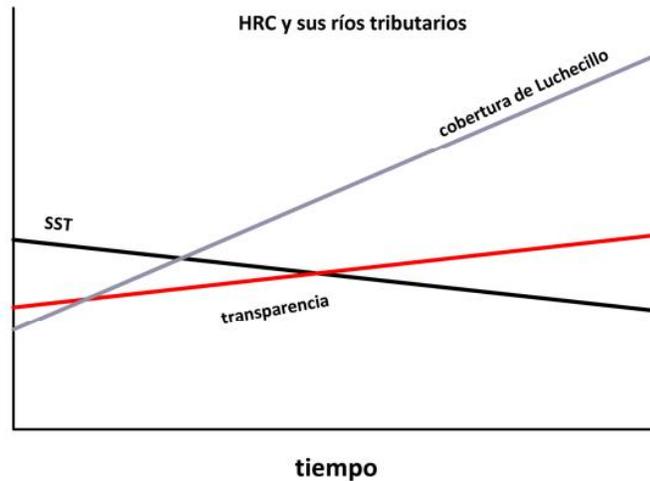


Figura 3. Esquema virtual de la variabilidad interanual de las concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST), transparencia del agua y cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. La escala de tiempo considera el período 2008 - 2015.

En general, el aspecto y/o estado sanitario de plantas de Luchecillo del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, muestra una mejoría notoria en relación al período 2004-2008, situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde. Las concentraciones de metales pesados medidas por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido en plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014, fueron notoriamente menores a las estudiadas durante los años 2004, 2008 y 2009 en la misma área; situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde en el área de estudio. Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeseo medidas con ICP - ms en plantas de Luchecillo (mg/kg peso seco) recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014, fueron significativamente más bajas a las estudiadas durante los años 2004 y 2008 en la misma área y similares a lo observado fuera del humedal (ríos Calle Calle y Valdivia).

Página 16-17

Se observó un notorio aumento en la distribución espacial y cobertura de la macrófita acuática Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) en diferentes sectores del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, lo que sugiere la presencia de un proceso de sucesión ecológica de esta planta.

El humedal del río Cruces ha experimentado una importante variación espaciotemporal en sus atributos de calidad del agua, observando dos grandes periodos de variación: el periodo 1986-1999 y el periodo 2000-2015. El primero se caracteriza por una baja turbidez y menor cobertura de macrófitas sumergidas, mientras que el segundo periodo, se caracteriza por pérdida de la transparencia del agua, particularmente en los sectores norte y centro del humedal y por un aumento en la cobertura global de macrófitas sumergidas.

En particular, el periodo 2003-2004 se caracteriza por una importante pérdida de transparencia del agua en varios sectores centro-norte del humedal, mientras el año 2005 presenta una disminución en la cobertura global de macrófitas través de todos los sectores estudiados. De igual

manera, los años 2006, 2008 y 2011 se evidencian como hitos de cambio en la calidad del agua y la distribución espacial de macrófitas acuáticas en distintos sectores del humedal. Además, el Luchecillo Egeria densa muestra un aumento en su distribución entre 1986 y 2002, disminuyendo significativamente en el periodo 2003- 2004. Posteriormente, su área de distribución aumenta, al igual que la idoneidad ambiental para esta especie. De esta forma, los cambios observados en el año 2004 se enmarcan en tendencias de mayor escala temporal, las que pueden haber tenido efectos sinérgicos con las perturbaciones antrópicas que impactaron el humedal.

Página 36-37

El ensamble de la avifauna en el humedal del río Cruces presenta una alta variabilidad temporal asociada a cambios significativos en sus índices de riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia entre los periodos de tiempo antes y después del año 2004.

Los resultados obtenidos sugieren que desde el año 2011 la estructura comunitaria está retornando a los rangos de variación observados antes del año 2004. Para el periodo de tiempo estudiado, la variabilidad temporal y espacial de la abundancia poblacional de especies herbívoras y piscívoras presenta diferencias significativas entre los periodos antes y después del año 2004, y con aumentos en abundancia en los sectores del eje central del humedal. Mientras la abundancia de especies herbívoras (Cisne de cuello negro, Taguas y Taguitas) fue afectada negativamente, la abundancia de especies piscívoras (Garza blanca grande, chica y cuca) fue afectada positivamente por los cambios ambientales experimentados en el año 2004 dentro del humedal del río Cruces. Ambos grupos funcionales se distribuyen en mayor abundancia en los sectores del eje central del humedal del río cruces.

Página 43-44

Este estudio es el diagnóstico ambiental más completo hasta ahora realizado en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; los resultados del mismo dan cuenta del estado actual del área, diez años después de los cambios ambientales que ocurrieron en los cauces hídricos que forman parte de este complejo sistema estuarial.

Los componentes abióticos y bióticos que primariamente reflejan esos cambios fueron básicamente deterioro en la calidad de agua, desaparición del Luchecillo en vastas áreas del HRC y disminución en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro, Taguas y Taguitas. Al día de hoy (mayo 2015) la situación es la siguiente:

- La calidad de agua (medida por la carga de sólidos suspendidos totales de la misma) ha mejorado significativamente en los últimos años, lo que es coincidente con el aumento en la cobertura de macrófitas acuáticas como el Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde.
- La distribución espacial y cobertura del Luchecillo ha aumentado significativamente en el tiempo, tanto en el eje central del río Cruces como en los ríos tributarios del mismo. Consecuentemente, el alimento de aves herbívoras como cisnes y taguas está hoy presente ad vivum en el área.
- La variabilidad temporal del ensamble de la avifauna que habita en el HRC, muestra que desde el año 1991 al 2014 existe una disminución paulatina en el número de especies de aves. La compleja dinámica temporal (registrada en base a diferentes índices

comunitarios), mostró drásticas modificaciones entre los años 2005 y 2009, lo cual también se reflejó en la convergencia hacia valores pre- 2004 que han presentado las abundancias poblacionales de las aves herbívoras:

Las bajas abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro observadas durante los años 2004 y 2005, se mantuvieron hasta el año 2012 cuando empezó a evidenciarse un aumento significativo en las abundancias y que en términos promedio, se han mantenido hasta fines del año 2014. Por otra parte, las garzas (aves acuáticas carnívoras) mantuvieron sus abundancias poblacionales durante todo el período estudiado. Lo anterior sugiere que en general, la comunidad de la avifauna acuática del HRC se estructura alrededor de los patrones de variación en abundancia del Cisne de cuello negro, especie cuyas abundancias poblacionales se están recuperando a partir del año 2012. Esto es coincidente con la recuperación gradual de las coberturas del Luchecillo en toda el área del humedal; más aún, la disminución en las concentraciones de por ejemplo Hierro en las plantas de Luchecillo analizadas en este estudio es coincidente con la notoria baja en las concentraciones de este metal en los cisnes analizados durante el año 2014 versus aquellos estudiados diez años atrás.

II. Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Tributarios. Informe anual correspondiente al período abril 2015-marzo 2016. Universidad Austral de Chile

Página 1

Durante el periodo invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces (en adelante HRC) y sus ríos tributarios (Fig. 1) cambios ambientales significativos, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*), planta que, hasta antes del año 2004 era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal.

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, el Consejo de Defensa del Estado inició un juicio en contra de Celulosa Arauco y Constitución, cuya planta Valdivia fue sindicada como la responsable de los cambios ambientales anteriormente mencionados.

Páginas 38-39

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos realizados consideran que los sectores predefinidos en el área de estudio, representan una variación tal, que es posible categorizarlos como sigue:

- L = sector límnico del río Cruces; es decir, la parte del río que no es afectada por las mareas. Incluye las estaciones 1 (Ciruelos) y 2 (Rucaco).

- EE = eje estuarial y central del río Cruces; es decir, la parte del río afectada por mareas. Incluye las estaciones 3 (Fuerte San Luis), 4 (Santa Clara) y 5 (Punucapa)
- T = ríos tributarios del humedal del río Cruces; es decir, ríos afectados por mareas - estuarios - y que se comunican con el eje central del mismo río. Incluye las estaciones 6 (Pichoy) y 7 (Cayumapu).
- F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; área afectada por mareas. Incluye la estación 8 (Calle Calle).

El Análisis Univariado consideró la aplicación de Análisis de Varianza (ANDEVA), para evaluar la existencia o no de diferencias significativas entre los factores principales de interés (ver Sokal & Rohlf, 1994): sectores del área de estudio y las campañas realizadas en ambos años de muestreo (2014 y 2015), ambos considerados como factores fijos.

Página 45

Las conductividades del agua de las estaciones de Ciruelos y Rucaco (sector límnic del área de estudio), fueron similares a las del río Calle Calle durante la mayor parte del año con la excepción de los meses estivales o época de menor caudal hídrico; durante esos meses la conductividad del agua fue mayor en Rucaco vs. Ciruelos (en algunos meses hasta aproximadamente 4 veces más alta; Tabla 4.1.1.4).

Página 210:

Entre esta flora alóctona se encuentra *Egeria densa* (Luchecillo) que fuera protagonista de la fuga de los cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoriphus*) al desaparecer bruscamente del humedal del río Cruces alrededor del año 2004.

Página 218

Limnobium laevigatum (Hierba guatona) es otra especie muy agresiva, introducida a Chile invadiendo cuerpos dulciacuícolas lénticos desde Valparaíso a Valdivia. Sin embargo, en el lugar de estudio, a pesar de presentar un desarrollo importante en el nivel inferior de los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu con anterioridad al año 2004, hoy en día presenta un área de distribución muy restringida. Ella sólo fue observada flotando libremente en pequeña cantidad en las comunidades de *Ludwigia peploides*.

De la misma manera se observó el comportamiento de *Nymphaea alba* (Loto) que, a pesar de haber tenido escaso desarrollo cuando se redujo la población de Luchecillo, hoy en día ha ganado mucho vigor y agresividad, invadiendo varias comunidades donde antiguamente no estaba y aumentando en forma significativa el desarrollo de sus poblaciones.

Página 219

Comparación con la flora presente antes del 2004

Donde se señala, por ejemplo, que de las 6 especies exclusivas que restan *Limnobium laevigatum* (Hierba guatona) no es abundante actualmente, pero sin embargo a comienzos de este siglo formaba grandes poblaciones, especialmente en el curso inferior de los ríos tributarios al río

Cruces. Lo anterior, indica que su abundancia fue efímera y que, al igual que *Egeria densa*, fue afectada por los cambios en estos ambientes del lugar.

Página 254

Entre los cambios importantes en la composición de la flora se encontraron la presencia de *Lythrum salicaria* (Romerillo) especie de origen europeo, que no se encontraba en el el HRC, pero si estaba presente en la laguna de Santo Domingo al sur de Valdivia antes del año 2004. De la misma manera, hay que mencionar a *Salix humboldtiana* (Sauce chileno) cuya área natural de distribución se extendió de la Región de la Araucanía hasta la Región de Los Ríos, encontrando lugar de vida en el curso inferior del río San José. Por último, habría que mencionar a *Limnobiium laevigatum* (Hierba guatona) que luego de haber aumentado sus poblaciones inmediatamente después del año 2004, hoy en día se encuentra en franco retroceso, de manera tal, que con ella desapareció una franja de la zonación ribereña del humedal, precisamente aquella de la forma flotante libre que tiene esta especie.

En la cuenca inferior del río Cruces han proliferado varias especies invasoras, tales como *Nymphaea alba* (Loto), *Ludwigia peploides* (Clavito de agua) y *Egeria densa* (Luchecillo), aunque esta última especie todavía no alcanza el área de distribución que tenía antes del 2004, sin embargo, sigue siendo la especie más importante del lugar lo que ha permitido el regreso de los cisnes de cuello negro.

Página 519

La Figura 4.2.7.1.4 muestra un quiebre marcado en las abundancias de la avifauna luego del año 1998, situación relacionada a las bajas significativas que ocurrieron el año 2004 en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro y la Tagua, las especies más abundantes hasta ese año del HRC.

Página 522

Abundancia de aves herbívoras (fuente de datos: CONAF)

Tal como demostrado en los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, las abundancias de cisnes y taguas comenzaron a ser significativamente más altas ($p < 0,05$) (en comparación a los años post 2004), a partir del año 2012. Esto último es claramente evidenciable en la Figura 4.2.7.1.5 que muestra la variabilidad en el tiempo del Cisne de Cuello negro, la Tagua y la Taguita.

Sin embargo, las tendencias al alza de cisnes y taguas continúa solo para el Cisne de cuello negro; i.e. durante los años 2014 y 2015, las abundancias de cisnes fueron significativamente más altas ($p < 0,05$) que durante los años 2012 y 2013 (Fig. 4.2.7.1.6).

Por el contrario, durante el año 2015 la Tagua tuvo abundancias poblacionales significativamente más bajas ($< 0,05$) que las de los años 2013 y 2014 (Fig. 4.2.7.1.6). Las Figuras 4.2.7.1.5 y 4.2.7.1.6 muestran que la Taguita no se ha recuperado desde los cambios ambientales que ocurrieron en el área del HRC, durante el año 2004.

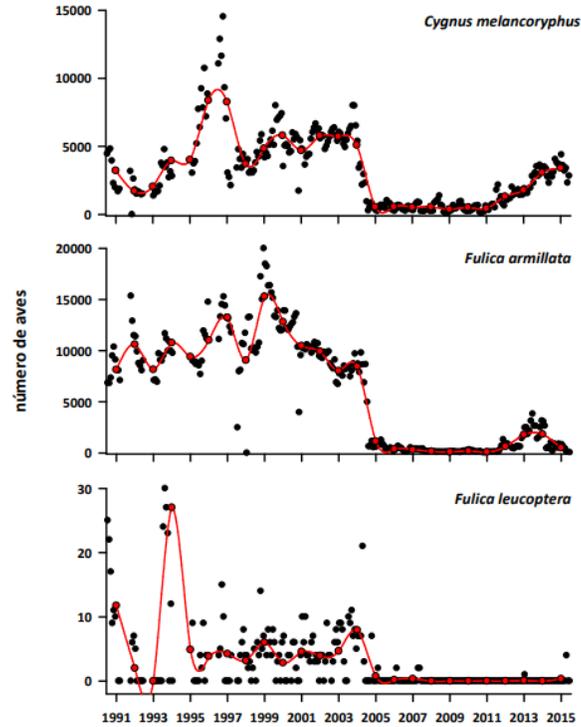


Figura 4.2.7.1.5. Variabilidad temporal en el número de individuos de las aves herbívoras *Cygnus melancoryphus* (Cisne de cuello negro), *Fulica armillata* (Tagua) y *Fulica leucoptera* (Tagaita). Los datos se extienden entre enero de 1991 y diciembre de 2015 inclusive. Los puntos rojos representan el promedio anual del número de aves observadas.

Página 561

Durante el Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, se detectó que las abundancias de cisnes y taguas comenzaron a ser significativamente más altas (en comparación a los años post 2004), a partir del año 2012. Durante el primer año del Programa de Monitoreo, se detectó que las abundancias de cisnes de cuello negro siguen al alza. Sin embargo, durante el año 2015 la Tagua tuvo abundancias poblacionales significativamente más bajas que las estimadas para los años 2013 y 2014.

Las abundancias de la Tagaita, no se han recuperado desde los cambios ambientales del año 2004.

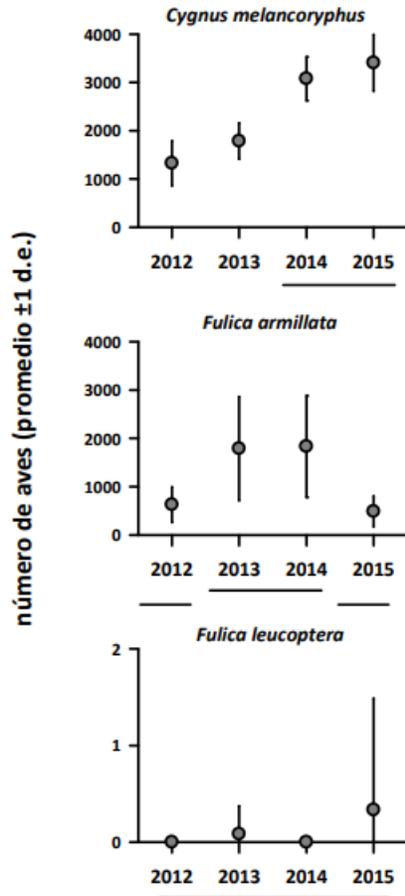


Figura 4.2.7.1.6. Variabilidad temporal del número de especímenes de *Cygnus melancoryphus* (Cisne de cuello negro), *Fulica armillata* (Tagua) y *Fulica leucoptera* (Taguita), entre los años 2012 y 2015. Las líneas negras inferiores (continuas, alineadas o en el mismo nivel) unen años que no difieren significativamente entre sí ($p > 0,05$).

III. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL ACTUALIZADO DEL HUMEDAL DEL RÍO CRUCES Y SUS RÍOS TRIBUTARIOS: 2015-2020

Páginas 1-2

Durante el periodo invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces (en adelante HRC) y sus ríos tributarios (Fig. 1) cambios ambientales significativos, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*), planta que, hasta antes del año 2004 era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal.

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, el Consejo de Defensa del Estado inició un juicio en contra de Celulosa Arauco y Constitución, cuya planta Valdivia fue sindicada como la responsable de los cambios ambientales anteriormente mencionados.

Con fecha 27 de julio de 2013, y como resultado del proceso judicial, la Jueza del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Doña Gloria Hidalgo dictó sentencia en contra de Arauco indicando entre otras, la implementación de una serie de medidas entre las que se encuentra la de **“Realizar un programa de monitoreo medio ambiental por parte de la empresa demandada, constante y por un período no inferior a cinco años, el que deberá efectuarse de acuerdo a las condiciones de calificación ambiental establecidas en la RCA 279/98 y sus modificaciones posteriores, por los organismos competentes, sin perjuicio de lo que éstos ordenen o hayan ordenado”**.

Página 4-5-6

Los resultados obtenidos del Programa de Diagnóstico Ambiental llevaron al equipo de trabajo del Programa de Monitoreo a actualizar ese Programa preliminar y transformarlo en el Programa Actualizado de Monitoreo

Entre los aspectos que se actualizaron (i.e., no incluidos en la propuesta original de marzo 2014) destacan los siguientes:

- El estudio de las macrófitas o plantas acuáticas llevado a cabo durante el Programa de Diagnóstico Ambiental, evidenció la presencia en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, de la planta nativa de vastas regiones de América del Sur *Sagittaria montevidensis* o Flecha de agua. En muchos de estos lugares, esta planta ocupó vastas áreas donde originalmente se encontraba el Luchecillo, planta que era consumida preferentemente por aves herbívoras en el humedal, tales como cisnes y taguas. Quedó la duda si la Flecha de agua tendría o no un rol como alimento relevante para esas aves herbívoras del humedal; por lo tanto, fue necesario incluir, como parte del mismo, el monitoreo de la distribución y expansión de *S. montevidensis* y su eventual efecto sobre otras macrófitas acuáticas en el área.
- La variedad de macrófitas acuáticas en las riberas del área de estudio es tal, que fue necesario aumentar la frecuencia de muestreos periódicos a fin de evaluar eventuales cambios en la riqueza de especies y distribución espacial de esas plantas. Se hizo necesario también aumentar la cobertura del área a monitorear para este componente biológico, aspecto del cual se hace cargo este Programa Actualizado de Monitoreo.
- Análisis de Dioxinas y Furanos realizados en Inglaterra durante el Programa de Diagnóstico Ambiental, mostraron la presencia de estos compuestos en muestras de músculos en cuatro garzas (*Ardea alba* o Garza blanca grande) analizadas durante marzo del año 2015. Debido a esto, se incluyó en el Programa de Monitoreo Actualizado, el estudio anual de elementos y compuestos químicos en *Ardea alba*.

Los objetivos del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC diseñado para el período 2014-2020 fueron:

- Evaluar la variabilidad espacio - temporal del componente abiótico y biótico que dé cuenta del estado actual del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Integrar los resultados de este programa de monitoreo con los de otros programas en ejecución en el área de estudio y cuya modalidad de recolección de datos y análisis, sean similares a los de este programa.

En este Informe se integran los resultados del Año 5 o Quinto Año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC, con los resultados emanados de los informes correspondiente a los años anteriores del mismo, como así también con los resultantes - cuando corresponde - del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (ver períodos de ambos programas en Tabla siguiente).

año	período
Programa de Diagnóstico	abril 2014 - marzo 2015
Programa de Monitoreo	
Año 1 o Primer año	abril 2015 - marzo 2016
Año 2 o Segundo Año	abril 2016 - marzo 2017
Año 3 o Tercer Año	abril 2017 - marzo 2018
Año 4 o Cuarto Año	abril 2018- marzo 2019
Año 5 o Quinto Año	abril 2019 - marzo 2020

Página 412-413

Durante el desarrollo del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se recopiló una serie de indicadores de distribución y cobertura de las principales plantas acuáticas de interés, al igual que indicadores de calidad de agua (principalmente reflectancia). Dicho estudio se realizó durante el verano 2015 (enero 2015) y se basó en el uso de información de terreno, en conjunto con imágenes de sensores remotos, empleando el archivo de imágenes satelitales Landsat disponibles para el HRC. Eso permitió generar una estimación espacial y temporal de cobertura para las especies más importantes de las macrófitas acuáticas, al igual que series de tiempo espaciales de indicadores de calidad de agua. De esta forma, los resultados de ese Programa de Diagnóstico entregaron una estimación espacialmente explícita de la cobertura de macrófitas y transparencia del agua para el verano del año 2015, además de una estimación retrospectiva de estos indicadores para el periodo previo y posterior al año 2004.

Posteriormente, durante los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se actualizó esa información con datos obtenidos durante el período primaveral de los años 2015, 2016 y en el periodo estival de los años 2017-2018 y 2018-2019. Esos estudios permitieron documentar la importancia de las macrófitas acuáticas presentes en el HRC, al igual que la dinámica sucesional observada tras una década de recuperación del humedal.....

De esta forma, se estima el grado de variabilidad temporal observado en la cobertura de macrófitas y la calidad de agua del HRC. Ello busca aportar a la conservación y manejo del humedal, mediante el estudio de la variación temporal de descriptores espacialmente explícitos de dos componentes ecosistémicos clave del HRC: la distribución y cobertura de macrófitas acuáticas y la calidad o transparencia del agua a lo largo de distintos sectores del HRC.

Página 465

Finalmente, el sector sur del humedal presenta valores similares de reflectancia, y por ende una menor transparencia del agua que lo observado en el periodo anterior de muestreo (Fig. 4.2.1.38). En él se observaron reflectancias relativamente mínimas en la banda roja cercana, sumados a valores mayores en la banda infrarroja cercana, siendo mayor esta diferencia para los sectores Punucapa y Torobayo (polígonos 5 y 15 respectivamente). Este patrón de reflectancia es consistente con la presencia de macrófitas acuáticas en estos sitios.

Página 466-467

Respecto a la transparencia del agua, se observa una reversión de la tendencia observada en años anteriores, de manera tal que el área de estudio en general - pero particularmente en su zona central -se caracteriza por presentar una disminución en la transparencia, con valores más altos de reflectancia que lo descrito en el año 2018. Se evidencian diferencias en sitios como el sector medio del río Cayumapu, que se aleja de los sitios restantes en varios parámetros, además de la reflectancia. Estas variaciones espaciales probablemente den cuenta del efecto de las fuentes de variación local en la calidad del agua, particularmente en sus efectos sobre transparencia. Estas fuentes locales de variación probablemente incluyen aportes diferenciales de sedimentos o nutrientes en distintos puntos del HRC. En el caso del sector del río Cayumapu, esto podría reflejar características de flujo propias del mismo curso de agua. Se observa que las mayores reflectancias se evidencian en la 467 banda de longitudes de onda correspondientes al infrarrojo cercano. Ello es consistente con una mayor cobertura de macrófitas acuáticas

En el caso de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua), esta especie que había aumentado de forma paulatina su distribución espacial en el área actualmente se encuentra restringida en su distribución. **Las variaciones observadas en la distribución de estas macrófitas acuáticas dominantes refuerzan la conclusión de que la composición de las macrófitas acuáticas no se encuentra en equilibrio en el humedal.**

Página 468

Finalmente, se concluye que el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios se caracterizan por una variación dinámica de los atributos de calidad del agua, con una tendencia al aumento interanual en la transparencia de la misma. Pese a las importantes variaciones experimentadas en las últimas décadas, la calidad de agua se presenta como significativamente mejor que durante el Programa de Diagnóstico, observándose evidencia de una importante cubierta de macrófitas acuáticas en el área.

Página 572

Invertebrados bentónicos de fondos ritrales

Durante las doce campañas realizadas durante el período 2014-2019, la riqueza de especies ha variado entre 6 especies en Calle Calle y Cahuincura (años 2015 y 2017, respectivamente) y 18 especies en Ciruelos durante el año 2014 (Tabla 4.2.3.4). Durante el año 2019, la mayor riqueza de especies (14) se encontró en Ciruelos, a la vez que el valor más bajo ($n=9$) ocurrió en los sectores de Rucaco y Cahuincura (Tabla 4.2.3.4). La variabilidad temporal de la riqueza de especies mostró tendencias estadísticamente significativas.

Página 581

De acuerdo a los valores establecidos para el Índice de Hilssenhoff (RBP III), se observa que la calidad del ambiente acuático con respecto a la carga orgánica del mismo, ha sido predominantemente “buena” y “muy buena” (Tabla 4.2.3.8). Esto corresponde a aproximadamente el 94% de todas las estimaciones ($n= 48$ o 4 sitios x 2 veces al año x 6 años = 48). Con menor frecuencia (circa 4% del total) se estimaron valores que califican la calidad del agua como “regular” (6,23 y 5,77 en Ciruelos y Calle Calle durante los años 2015 y 2016 (primavera y otoño, respectivamente). Durante el año 2017 se estimó en los fondos de Cahuincura un valor de 6,86 (circa 2% del total), lo que califica el agua de este sitio como “algo pobre” según su carga orgánica (Tabla 4.2.3.8). Durante la última campaña realizada el año 2019, los valores del índice biótico de Hilssenhoff fluctuaron entre 3,92 (muy bueno; Ciruelos, primavera) y 5,04 (bueno; Rucaco, otoño) (Tabla 4.2.3.8).

Página 584

La riqueza de especies y diversidad de los organismos bentónicos de los fondos ritrales del área de estudio, presentó tendencias significativas a la disminución sostenida en el tiempo en los sectores Rucaco y Rucaco y Cahuincura (respectivamente).

Página 600

Elementos y compuestos químicos en *Samastacus spinifrons*

Durante todas las campañas, los metales pesados más comunes (i.e., mayores concentraciones) en los tejidos analizados fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente (Tabla 4.2.4.2 y Fig. 4.2.4.6). Estos metales fueron seguidos por Cobre, Zinc, Plomo (Tabla 4.2.4.3 y Fig. 4.2.2.6) y Mercurio (Tabla 4.2.4.4 y Fig. 4.2.4.6)

Página 605

En términos generales, aun cuando se detectaron diferencias inter-anales significativas, no se encontraron tendencias definidas de variación al comparar años de muestreo (Tabla 4.2.4.5).

Cosa similar es la observada con la variabilidad espacial de estos metales: el Hierro y Manganeso tuvieron concentraciones significativamente más altas ($p<0,05$) en los camarones de Ciruelos, Aluminio y Plomo en los de Rucaco, Cobre y Mercurio en aquellos del Calle Calle y Zinc en los de Rucaco y Calle Calle (Tabla 4.2.4.5)

Página 666

Elementos y compuestos químicos en *Galaxias maculatus*

Durante todas las campañas, los metales pesados más comunes (i.e., mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Zinc (Tablas 4.2.5.5 y 4.2.5.6). Le siguen el Manganeseo (Tabla 4.2.5.5), Cobre (no detectado en varias ocasiones), Plomo y Mercurio (Tablas 4.2.5.6 y 4.2.5.7). No se detectó Cadmio y Arsénico en los puyes examinados (Tabla 4.2.5.7)

Página 671

Las concentraciones de Hierro, Aluminio, Manganeseo y Zinc fueron significativamente más altas ($p < 0,05$) en los tejidos de puyes recolectados en Ciruelos versus aquellos de Rucaco y Calle Calle, en tanto que las concentraciones de Plomo y Mercurio fueron significativamente más altas en Calle Calle y Rucaco, respectivamente (Tabla 4.2.5.8)

Página 748

Avifauna acuática

En este Capítulo se entrega información sobre los resultados de análisis tendientes a estudiar la variabilidad espacio temporal de la avifauna acuática del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), durante el quinto año del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2019 - marzo 2020). Se comparan los resultados de esos análisis con los realizados como parte del de los cuatro primeros años del Programa de Monitoreo Ambiental del HRC (abril 2015 - marzo 2019) y del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC (abril 2014 - marzo 2015).

Página 750-751

Ya que los resultados del Programa de Diagnóstico Ambiental del HRC, mostraron que el año 2012 fue un punto de quiebre para cisnes y taguas (incrementos significativos 751 en sus abundancias a partir de ese año), se realizan en este Capítulo análisis estadísticos para evaluar la variabilidad interanual durante el período 2012-2019 en las abundancias de estas aves, además de las garzas.

Página 754

La Figura 4.2.7.1.4 indica que en general la abundancia total de aves acuáticas de los diferentes sectores del eje central del HRC muestra una notoria disminución a partir del año 2004; lo que dice relación con la disminución significativa en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro y la Tagua común, las especies más abundantes del HRC.

Posterior a este declive y a partir del año 2012, se observó un incremento gradual en la cantidad de aves acuáticas, particularmente en los sectores 1 y 2 del eje central del HRC, incremento que se mantuvo durante el año 2019. Caso contrario es lo observado en el sector 4 donde no se ha observado un incremento en la abundancia de aves posterior al año 2004.

Página 757

Durante el período 2012-2019 se estimó un incremento inter-anual significativo ($p < 0,05$) en la abundancia poblacional del Cisne de cuello negro en el HRC (cf. Fig. 4.2.7.1.5 y 4. 2.7.1.6). Los resultados del análisis temporal y estacional de estos datos, indican que las abundancias registradas durante los años 2018 y 2019 (ca. 10.145-13.006 aves promedio, respectivamente) fueron significativamente más altas ($p < 0,05$) que las registradas durante el período 2012- 2017 (ca. 1.327-8.281 aves promedio, respectivamente)

Durante el período 2012-2016, la Taguita estuvo ausente del HRC u ocurrió en abundancias muy bajas con un repunte durante los años 2017 y 2018 (cf. Fig. 4.2.7.1.5 y Fig. 4.2.7.1.6). Debido a tales variaciones, no se realizaron análisis estadísticos de tal variabilidad para esta ave acuática.

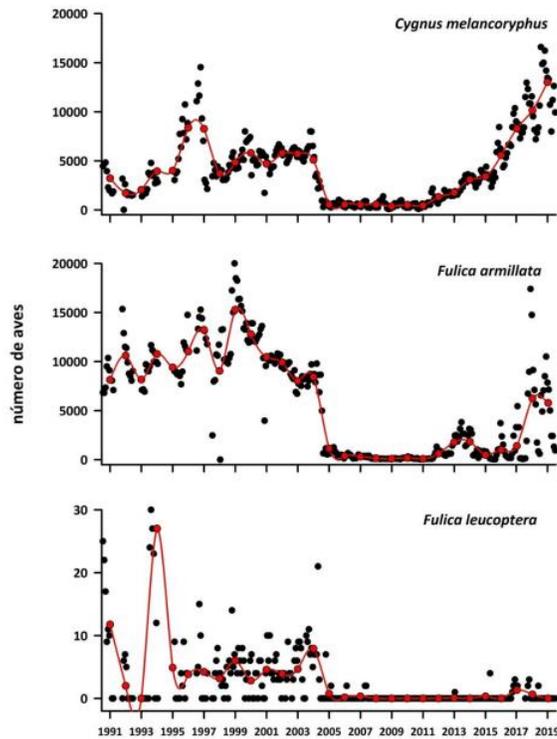


Figura 4.2.7.1.5. Variabilidad intra e inter anual (puntos negros y línea roja, respectivamente) en el número de ejemplares de *C. melancoryphus*, *F. armillata* y *F. leucoptera* entre enero del año 1991 y diciembre del año 2019. Fuente de datos: CONAF

Página 765

Entre los años 1991 y 2004, la Taguita ocurrió anualmente en los sectores 1 y 4, e intermitentemente en los sectores 2 y 3 del eje central del HRC (Fig. 4.2.7.1.11). Posterior al año 2004, la Taguita prácticamente desapareció del humedal, aunque entre los años 2017 y 2019 se ha observado ocasionalmente en números muy reducidos, particularmente en los sectores 2 y 3 del eje central del HRC (cf. y 4.2.7.1.1 y Fig. 4.2.7.1.11)

Página 817

En general, las concentraciones de metales pesados en garzas fueron más elevadas en tejido hepático que en tejido muscular. Los metales con mayor concentración en estos tejidos fueron el Hierro, Cobre y Zinc y los metales con las concentraciones más bajas fueron el Plomo y el Mercurio. El Aluminio y el Arsénico no fueron detectados.

Página 959

En este Capítulo, se sintetizan los resultados y conclusiones más relevantes obtenidos a marzo del presente año (2020), luego de estudiar la matriz abiótica, biótica y socioambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) por un período de seis años (abril 2014 a abril 2020). Esta síntesis se ordena en relación a **Agua, macrófitas acuáticas y avifauna acuática herbívora, las tres matrices que fueron primariamente afectadas por los cambios ambientales del año 2004.**