



PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DEL HUMEDAL LAGUNA DE CÁHUIL E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS A RESTAURAR EN SU CUENCA APORTANTE

Proyecto GEFSEC ID: 9766 "Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad"

Informe final, elaborado para Proyecto GEF Humedales
Costeros



Julio 2021

RESUMEN

El presente documento corresponde al informe final del proyecto “**Propuesta de delimitación del Humedal Laguna de Cáhuil e Identificación de áreas prioritarias a restaurar en su cuenca aportante**”. El que tuvo como objetivo general; determinar los límites del Humedal Laguna de Cáhuil, identificar, actualizar y validar las coberturas y usos de suelo de su subsubcuenca aportante e identificar áreas prioritarias para restauración proponiendo los tipos de intervenciones de restauración más pertinentes y factibles de aplicar por área.

Para determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil, se utilizaron diversas fuentes de información que se acoplaron en un flujo de trabajo. Entre las etapas de trabajo, se encuentra la recopilación de coberturas e imágenes satelitales, la aplicación de criterios de delimitación, uso de herramientas de teledetección, fotointerpretación, trabajo cartográfico y validación en terreno, que finalmente permitieron proponer una delimitación del humedal.

Con respecto a los límites del humedal, en primera instancia se propuso el alcance longitudinal del estuario hacia aguas arriba. Se revisaron diversos antecedentes asociados a criterios de delimitación, tales como, salinidad, alcance de la onda de marea y características de los sedimentos. En este contexto, se utilizó principalmente el criterio del alcance de marea, considerando su extensión espacial y que contiene la expresión espacial de todos los demás criterios. En este contexto, el alcance máximo propuesto para el estuario se definió en el km 13,8 (aguas arriba del sector “La Palmilla”), lugar donde se observa un cambio topográfico relevante en el perfil longitudinal del cauce, lo que restringiría la onda de mareas hacia aguas arriba.

Luego, se propuso el alcance del cuerpo de agua, realizando un análisis mediante conceptos hidrológicos de variabilidad estacional de la cobertura de agua en función de los meses del año. Para definir la cobertura asociada al régimen hídrico de saturación, se sumó la cobertura de agua permanente y la estacional. Para la cobertura permanente se consideró la recurrencia media-alta en época de estiaje (verano-otoño), obteniendo como resultado que febrero es el mes representativo de esta condición. En tanto, para la cobertura estacional se consideró la recurrencia media-alta en época de lluvia y post-lluvia (invierno-primavera), obteniendo que la integración de los meses de julio y septiembre es representativa de esta condición. A partir de esto, se generó un polígono de cobertura del cuerpo de agua que considera la recurrencia mensual de cobertura de agua.

Por último, se definió el concepto de área de separación y/o amortiguación (buffer), como una herramienta importante para lograr y mantener los valores, procesos, funciones y atributos deseados de los humedales. Que, necesariamente implica, separar un humedal de los usos de la tierra adyacentes que puedan amenazar sus valores deseados y asegurar que las actividades

desarrolladas no tengan un impacto indebido en el humedal, ya sea mediante la separación espacial o el uso de barreras físicas. En este contexto, se definieron tres áreas básicas para proporcionar una separación adecuada del humedal; **i) Cuerpo de agua, ii) área funcional del humedal y iii) el área de separación y/o amortiguación (buffer).**

Considerando los criterios de delimitación señalados anteriormente y el concepto de buffer propuesto para abordar el caso particular del Humedal Laguna de Cáhuil, la delimitación del humedal y el área de separación y/o amortiguación (buffer) integró los conceptos hidrológicos asociados a la dinámica espaciotemporal del sistema y al resguardo de sus características ecológicas y su funcionamiento. Así, en primera instancia se delimitó un área que integró la cobertura del agua permanente y estacional, con la vegetación hidrófila y suelo hídrico. Posteriormente, se realizó una delimitación ampliada que integró las áreas que permiten mantener las funciones del humedal, tales como áreas de inundación por crecidas temporales de mayor período de retorno, zonas de importancia para la biodiversidad, retención de sedimentos, nutrientes, etc.

Para establecer el área de separación y/o amortiguación (buffer), por lo general se mide una distancia de separación desde el límite del área funcional del humedal; sin embargo, pueden medirse desde el límite del cuerpo de agua en los casos de un humedal inundado permanente o estacionalmente, sin valores ecológicos significativos fuera de la zona inundada como, por ejemplo, humedales con un alto desarrollo urbano. El caso particular del Humedal Laguna de Cáhuil, donde confluyen diversos intereses en torno a los servicios ecosistémicos que éste provee y que presenta un grado de desarrollo urbano y rural avanzado, con viviendas insertas casi en el cuerpo de agua, el presente estudio propuso 2 aproximaciones para determinar el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer); i) en función de la integridad ecológica y ii) en función de la calidad de agua.

Al considerar el área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la integridad ecológica, se incluyeron los conceptos hidrológicos asociados a la dinámica espaciotemporal del sistema y resguardo de sus características ecológicas y su funcionamiento. Por lo tanto, corresponde a una delimitación ampliada, en donde el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) fue calculado a partir de los límites del área funcional del humedal, integrando las áreas: como áreas de inundación por crecidas temporales de mayor período de retorno, zonas de soporte para la biodiversidad, retención de sedimentos, nutrientes, etc.

Al considerar el área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la calidad de agua, se incluyeron sólo los criterios indicados por MMA (2020) en el inventario de humedales; 1) la presencia de vegetación hidrófila, 2) la presencia de suelos hídricos, y 3) un régimen hidrológico de saturación que genera condiciones anaeróbicas en los suelos y determina la existencia de vegetación hidrófila. Por lo tanto, corresponde a una delimitación menos amplia, en donde el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) fue calculado desde el límite del cuerpo de agua.

Para determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante, se realizó una recopilación y revisión de capas cartográficas asociadas al Humedal Laguna de Cáhuil y la subcuenca aportante del Estero Nilahue (1.776 km²). Se realizaron comparaciones entre las distintas coberturas de suelo existentes de modo de conocer sus coincidencias y discrepancias. El análisis fue complementado con fotointerpretación e imágenes satelitales de alta resolución. El análisis de imágenes satelitales utilizó principalmente escenas recopiladas desde portales científicos de libre acceso, tales como imágenes LANDSAT, SENTINEL 2 y Google Earth y la imagen multiespectral de alta resolución entregada por el proyecto GEF. Se analizó el cambio en la cobertura de suelo de las seis principales categorías del área de estudio, que agrupan 11 categorías de subuso precisadas en el catastro CONAF, 2013. Dentro de los resultados más destacados se registra el aumento o expansión de las áreas de plantaciones forestales en un 77%, pasando de 35.874 hectáreas (Catastrado por CONAF en el año 2013 para la Región de O'Higgins y en el año 2016 para la Región del Maule) a 49.466 hectáreas identificados en el marco del presente estudio. Este cambio fue sustentado principalmente en la conversión de 4.868 ha de bosque nativo y mixto a plantaciones (36 % de la nueva superficie), 4.403 ha de matorrales (30% de la nueva superficie), 3.752 ha de cultivos (28% de la nueva superficie), y 939 ha de praderas (7% de la nueva superficie). Por último, cabe destacar que la categoría de desarrollo urbano, al incorporar la zonificación de los planes reguladores existentes en la zona, fue posible apreciar un aumento del área identificada de 389 hectáreas a 763 hectáreas.

A partir de los análisis anteriores, se propuso una mejora y actualización de la cartografía de coberturas y usos de suelo del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante. Se realizó una revisión y superposición de capas cartográficas de la subcuenca del Estero Nilahue para verificar potenciales discrepancias entre distintas fuentes de información. Para efectuar la actualización de coberturas de suelo, se implementó un análisis y clasificación supervisada de una composición del índice NDVI obtenida de imágenes satelitales Sentinel-2 (resolución de píxel 10m). Se consideraron 6 escenas pertenecientes a la temporada de crecimiento vegetacional 2019-2020 (fechas 16/09/2019; 05/11/2019; 15/12/2019; 30/12/2019; 03/02/2020; 13/04/2020). Una vez realizada la clasificación supervisada, se comparó simultáneamente con la capa "Catastro de los recursos vegetacionales de Chile de CONAF" (Región O'Higgins, año 2013, y Maule, año 2016), y con la Cobertura de Suelos del GEP-U. Chile 2014 (Hernández et al, 2016). Mediante un proceso de adición de capas (Catastro CONAF 2013/2016 + Cobertura GEP-U. Chile 2014 + Actual clasificación GEF 2019/2020), se lograron revisar e incorporar coberturas que se encontraban desactualizadas, y con ello se da sustento a una mejora de la cartografía de la subcuenca. Para el análisis de cobertura de suelo se homologaron las categorías a las utilizadas en el Catastro de los recursos vegetacionales de Chile (específicamente a la subcategoría subuso). La actualización de la cobertura de suelo se acompaña con una matriz de transición entre las coberturas definidas y entre los años analizados.

Para proponer la delimitación de áreas de intrusión salina para el Humedal Laguna de Cáhuil, se realizó una recopilación de informes y publicaciones con datos hidrológicos y calidad de agua del humedal con el objetivo de sustentar el análisis de alcance de mareas y la estructura salina del estuario. Con estos antecedentes, se implementó un modelo numérico hidrodinámico 3D (software Delft 3D), enfocado en realizar una sensibilización gruesa de escenarios de intrusión salina. El modelo implementado consideró un período de modelación de 15 días (registro de mareas de puerto patrón San Antonio, 2 al 17 marzo 2020), el cual inició en un ciclo de mareas de cuadratura, sicigias en perigeo y finalizó nuevamente en cuadratura. La morfología de la conexión estuario-mar fue simulada como un canal de sección trapezoidal (Largo 290m, ancho inferior 40m, ancho superior 130 m, y cota de 0.0 m NRS), que ajusta las condiciones hidrodinámicas medidas en el estudio MMA – CEA (2015). Con el modelo hidrodinámico 3D se realizó una evaluación de la estructura vertical de salinidad, y tendencia del humedal a tener una cuña salina, estratificación fuerte, estratificación débil o condición de mezcla, bajo diferentes escenarios de caudal y geometría de la barra de arena en la desembocadura. También se realizó una comparación del comportamiento de los niveles debido a los ciclos de marea y la evolución de la salinidad dentro del estuario. Los escenarios de modelación considerados fueron tres: 1) Escenario BASE (similar a condiciones hidrodinámicas año 2014), 2) Escenario BARRA MODIFICADA, y 3) Escenario CAUDAL ALTO. La comparación de los tres escenarios, para la variable de salinidad dentro del estuario (punto de observación en Barrancas), muestra que, para el escenario de Caudal Alto, prácticamente no hay ingreso de salinidad hasta ese sector. En tanto que, para los otros resultados, el escenario Base tuvo una intrusión salina moderadamente mayor (aprox. salinidad 19 ppt, al final del período de modelación) en comparación al escenario de Barra Modificada (aprox. salinidad 14 ppt). Los resultados muestran que la morfología de la barra puede ser un factor importante en la restricción de los flujos de mareas llenante y vaciante, y en consecuencia incidir en la distribución de salinidad en el estuario.

Para identificar áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante, se realizó en primera instancia una revisión bibliográfica exhaustiva. Posteriormente se realizó una validación de la información enfatizando en el ecosistema y los servicios que provee. Los servicios ecosistémicos, se clasificaron en base al marco de referencia de CICES (International Classification of Ecosystem Services) adoptado por el Ministerio del Medio Ambiente. Esta información fue validada con los actores del Comité Técnico Local a través de técnicas cualitativas: encuestas, entrevistas y talleres. El mapeo de los servicios ecosistémicos utilizó el modelo conceptual adaptado en ECOSER, donde las Funciones Ecosistémicas se integran en Servicios Ecosistémicos y luego en coberturas de suelo o estructuras del paisaje (matriz de transferencia). Cada función puede aportar a uno o varios SE, del mismo modo cada cobertura puede aportar a una o más funciones. No obstante, dado la contingencia actual sanitaria y los aforos establecidos por el plan “Paso a Paso”, se realizaron en menor proporción talleres presenciales y en mayor proporción talleres virtuales.

Se identificaron 6 servicios ecosistémicos de relevancia para el sistema litoral y borde costero del humedal: a) **1 provisión**, asociado a la producción de biomasa de los ecosistemas marinos y costeros, b) **4 de regulación**, asociados mayormente a los procesos morfosedimentarios y funciones de intercambio de sedimentos; c) **1 cultural**, asociado a las funciones ecosistémicas de importancia en la formación del paisaje. Para el cuerpo de agua del humedal se identificaron 8 servicios ecosistémicos críticos: a) **2 de provisión**, asociados a las funciones de producción de biomasa del humedal y a los efectos de la cuña salina en el humedal; b) **4 de regulación**, asociado a los efectos del cuerpo de agua en la regulación del ciclo hidrológico y a la capacidad de filtración y almacenamiento de estos cuerpos; c) **2 culturales**, asociados a la importancia paisajística para la contemplación y recreación y a la opción de legado de las actividades se realizan en la zona. Para el sistema funcional del humedal se identificaron 10 servicios ecosistémicos críticos: a) **6 de provisión**, asociados a las funciones que cumple el humedal en la provisión de agua y fertilidad de suelo; b) **3 regulación** asociada a la importancia de estas zonas en la regulación de eventos extremos, control de erosión y hábitat de la biodiversidad en el interfaz agua/tierra; c) **1 cultural** asociado a la importancia de esta zona para la recreación, específicamente en temas de avistamiento de aves. Entre las principales amenazas, se identificaron factores forzantes naturales y antrópicos. Entre los de origen natural están los relacionados con procesos globales como el cambio y variabilidad climática y los efectos tectónicos producto de la subducción interplaca. Entre los antrópicos, están los relacionados con la expansión urbana, contaminación de aguas, aumento del embancamiento de sedimentos, manejo no regulado de la barra de arena, entre otros. Como resumen, para el Humedal Laguna de Cáhuil se identificaron un total de **8 servicios de provisión, 7 de regulación y mantenimiento y 6 culturales**¹.

Para identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca se utilizó la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM). Esta metodología promueve la priorización para la restauración desde la necesidad de la sociedad o usuarios, por recuperar ciertos Servicios Ecosistémicos (SE), involucrando a los distintos actores que confluyen en el territorio. La metodología se centró en la aplicación de talleres participativos, con distintos tipos de actores que intervienen en el territorio como, por ejemplo; sector científico, servicios públicos y comunidades. Esta convergencia permitió generar, por una parte, información técnica con base científica, y por otra, la necesaria representación social para la toma de decisiones a nivel local, institucional y gubernamental. La definición espacial de las de zonas degradadas se generó superponiendo los resultados de servicios ecosistémicos y sus amenazas. El procedimiento se realizó a través de un análisis cartográfico mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). Las áreas identificadas fueron **a) la desembocadura del estuario**, donde se detectan múltiples movimientos de arena con consecuencia en el aumento del embancamiento, los servicios ecosistémicos de regulación y de soporte de hábitat **b) sistema de dunas**, intervenido través del relleno de la línea costera y al manejo de la barra. Revegetación antigua de la Dunas, con el objetivo de detener el avance de la arena **c) Áreas de inundación** dentro del área urbana, zonas degradadas en su función de regulación de crecidas a partir de la alteración de la cobertura vegetal y los

¹ Enlace: https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgf1GG_kzg7rX-MxBg?e=4WV4xM

rellenos no regulados para construcción de viviendas, d) **Zonas remanentes de bosque esclerófilo** y e) **zonas afectadas por deforestación** y degradación de la vegetación esclerófila presente.

Finalmente, para proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria según actores locales como: Laguna y su área de amortiguación, sector la Balsa y Sector el Puente debido al grado de prioridad entregado por la comunidad local.

ÍNDICE

1 ANTECEDENTES.....	1-4
2 OBJETIVOS.....	2-6
2.1 Objetivo general	2-6
2.2 Objetivos específicos	2-6
3 EQUIPO DE TRABAJO	3-7
4 METODOLOGÍAS.....	4-8
4.1 Área de estudio	4-8
4.2 OE N°1: Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.	4-10
4.2.1 Revisión cartográfica de inventario de humedales del MMA, vegetación hidrófila, suelo hídrico y cuerpo de agua para el Humedal Laguna de Cáhuil.....	4-11
4.2.2 Análisis de las imágenes satelitales de alta resolución del Humedal Laguna de Cáhuil entregadas por la contraparte.....	4-12
4.2.3 Fotointerpretación	4-13
4.2.4 Propuesta de mejora de los límites del Humedal Laguna de Cáhuil y zonas buffer asociadas a partir de análisis anteriores.	4-14
4.2.5 Validación de resultados de delimitación con puntos de validación en terreno.....	4-22
4.3 OE N°2: Determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante a partir de imágenes satelitales.....	4-23
4.3.1 Revisión cartográfica de coberturas y usos de suelo actual para el Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante.	4-23
4.3.2 Análisis de las imágenes satelitales de alta resolución del Humedal Laguna de Cáhuil (proporcionadas por la contraparte) e imágenes LANDSAT de la subcuenca aportante.	4-24
4.3.3 Propuesta de mejora y actualización de la cartografía de coberturas y usos de suelo del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante, a partir de los análisis anteriores.	4-26
4.3.4 Propuesta de delimitación áreas de intrusión salina para el humedal Cáhuil.....	4-27
4.3.5 Validación de resultados de propuesta de coberturas y usos de suelo con puntos de validación en terreno.....	4-30
4.4 OE N°3: Identificar áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante.	4-32
4.4.1 Revisión bibliográfica para la identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante.	4-32
4.4.2 Validación y Rectificación de resultados de identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos, a partir de validaciones en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.	4-36

4.4.3	Identificación de los instrumentos planificación territorial (LPT) disponibles y vigentes atinentes al área de estudio, y revisión de su coherencia con los resultados obtenidos de delimitación, coberturas y usos de suelo, áreas de relevancia biológica y áreas proveedoras de servicios ecosistémicos.....	4-48
4.5	OE N°4: Identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca utilizando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM)...	4-49
4.5.1	Revisión bibliográfica y selección de información útil de planificación ecológica a nivel local... 4-49	
4.5.2	Identificación de brechas de información.	4-52
4.5.3	Identificación de áreas degradadas prioritarias a restaurar en el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante, mediante el uso de imágenes satelitales y aplicación de la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).	4-53
4.5.4	Validación de resultados de propuesta de áreas prioritarias para restauración con puntos de validación en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil. 4-55	
4.6	OE N°5: Proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria identificada.....	4-58
4.6.1	Propuesta de priorización para restauración de las áreas degradadas identificadas.	4-58
4.6.2	Propuesta y valorización de alternativas de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada identificada.....	4-59
4.6.3	Validación de la identificación, priorización y propuesta de alternativas de restauración para áreas degradadas con el Comité Técnico Local de Cáhuil.	4-60
5	RESULTADOS	5-62
5.1	OE N°1: Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.	5-62
5.1.1	Criterios de delimitación	5-64
5.1.2	Delimitación de coberturas espaciales	5-65
5.1.3	Área de separación y/o amortiguación (buffer).	5-78
	OE N°2: Determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante a partir de imágenes satelitales.....	5-81
5.1.4	Coberturas y usos de suelo.....	5-81
5.1.5	Delimitación áreas intrusión salina.....	5-84
5.2	OE N°3: Identificar Áreas relevantes para la Biodiversidad y Proveedoras de Servicios Ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante	5-91
5.2.1	Revisión bibliográfica para la identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante.	5-91
5.2.2	Validación y rectificación de resultados de identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos, a partir de validaciones en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.	5-137

5.2.3	Identificación de los instrumentos planificación territorial disponibles y vigentes atingentes al área de estudio, y revisión de su coherencia con los resultados obtenidos de delimitación, coberturas y usos de suelo, áreas de relevancia biológica y áreas proveedoras de servicios ecosistémicos.	5-167
5.3	OE N°4: Identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca utilizando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).	5-172
5.3.1	Revisión bibliográfica y selección de información útil de planificación ecológica a nivel local..	5-172
5.3.2	Identificación de brechas de información.	5-175
5.3.3	Identificación de áreas degradadas prioritarias a restaurar en el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante, mediante el uso de imágenes satelitales y aplicación de la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).	5-177
5.3.4	Validación de resultados de propuesta de áreas prioritarias para restauración talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.	5-180
5.4	OE N°5: Proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria identificada.....	5-185
5.4.1	Propuesta de priorización para restauración de las áreas degradadas identificadas.	5-185
5.4.2	Propuesta y valorización de alternativas de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada identificada.....	5-187
5.4.3	Validación de la identificación, priorización y propuesta de alternativas de restauración para áreas degradadas con el Comité Técnico Local de Cáhuil.	5-191
6	BIBLIOGRAFÍA.....	6-195
7	GLOSARIO.....	7-200

1 ANTECEDENTES

El proyecto “Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad” (Proyecto GEF Humedales Costeros), se llevará a cabo a través de tres componentes. El primero, busca incorporar la importancia de la conservación de Biodiversidad y los problemas de degradación de la tierra en los paisajes costeros a los tomadores de decisiones y distintos actores relevantes; el segundo componente se enfoca en fortalecer los marcos políticos y regulatorios con respecto a la conservación costera, entre las diversas instituciones con mandatos en ecosistemas costeros y sus cuencas; el tercer componente, tiene por objetivo implementar y sistematizar una serie de acciones que permitan la gestión y restauración en cinco ecosistemas piloto, ubicados entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, que servirán como experiencia replicable para las principales instituciones y actores a nivel nacional.

En la Región del Libertador Bernardo O’Higgins, en la comuna de Pichilemu, se ubica el Humedal Cáhuil, uno de los cinco ecosistemas pilotos seleccionados para el desarrollo del proyecto GEF Humedales Costeros. El humedal Cáhuil consiste en la laguna terminal de la desembocadura del estero Nilahue, que conecta estacionalmente con el océano pacífico en su extremo sur oriente. Este humedal tiene un alto valor ecológico y social, con presencia de variadas funciones y servicios ecosistémicos que sustentan la economía local. Las actividades de la comunidad se centran en la extracción de sal, el turismo y la extracción de recursos marinos.

Los objetivos del presente proyecto se relacionan directamente con el Convenio de la Diversidad Biológica, específicamente con el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, el que contiene 20 metas organizadas en cinco objetivos estratégicos. Como, por ejemplo; mejorar el estado ecológico y conservación de ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile, incluyendo los humedales y sus cuencas adyacentes (Meta 11). La restauración de ecosistemas degradados para el sustento de los servicios ecosistémicos del Humedal Laguna de Cáhuil, con énfasis en aquellos relacionados con el agua, esenciales para la salud, la vida y el bienestar, junto con incrementar la resiliencia de los ecosistemas a través de la restauración de la menos el 15 % de las tierras degradadas, contribuyendo a la adaptación y mitigación del cambio climático (Meta 14 y 15).

La restauración de ecosistemas para la mantención de los servicios sufre hoy en día algunas complejidades como, por ejemplo: Insuficientes Políticas e incentivos para la restauración. La vinculación limitada entre el plan de restauración y otras políticas de usos de la tierra a nivel de escala local. La necesidad de mejoras en la estrategia de aprendizajes sobre la restauración a escala local y vinculaciones directas con otras iniciativas tanto a nivel nacional o internacional.



Como parte de los objetivos del tercer componente del proyecto, asociados a la gestión y restauración de los ecosistemas piloto, la presente consultoría nace de la necesidad de determinar los límites físicos del objeto de conservación, en este caso el humedal Cáhuil, así como también determinar y/o actualizar las coberturas y usos de suelo de su subsubcuenca aportante, la cuenca del estero Nilahue, con el fin de contar con la información básica necesaria para realizar acciones de gestión y restauración en el territorio.

De la misma forma, se hace necesario identificar y priorizar las áreas más relevantes a restaurar, con miras a restituir la funcionalidad ecológica en los paisajes degradados de la cuenca del estero Nilahue, permitiendo generar beneficios adicionales locales al resguardar la mantención de los servicios ecosistémicos entregados por el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante en conjunto.

Todo lo anterior utilizando una metodología clara e insumos de fácil acceso, con el objetivo de hacer de ésta una experiencia replicable en otros humedales costeros de similares características, por parte de instituciones y actores a nivel nacional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar los límites del Humedal Laguna de Cáhuil, identificar, actualizar y validar las coberturas y usos de suelo de su subsubcuenca aportante e identificar áreas prioritarias para restauración proponiendo los tipos de intervenciones de restauración más pertinentes y factibles de aplicar por área.

2.2 Objetivos específicos

- OE-1 Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.
- OE-2 Determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante a partir de imágenes satelitales.
- OE-3 Identificar áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante.
- OE-4 Identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca utilizando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).
- OE-5 Proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria identificada.

3 EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo se describe a continuación:

Tabla 3-1 Equipo de trabajo

Nombre	Profesión	Rol
Patricio Bahamondes	Licenciado en Ciencias, Biólogo Marino	Jefe de proyecto/encargado del componente de limnología y caracterización de humedales
Toradji Uraoka	Ingeniero civil hidráulico	Profesional encargado metodologías SIG y análisis de imágenes satelitales
Alejandra Carmona	Ingeniera en Recursos Naturales, Mg. en desarrollo rural	Profesional encargada de componente de ordenamiento territorial
Viviana Maturana	Bióloga, Mg. en Restauración de Ecosistemas, Mg. En Antropología	Encargada de metodologías de planificación y elaboración de la propuesta de áreas de restauración.
José Gerstle	Ingeniero Agrónomo, Mg. en Áreas silvestres y conservación de la naturaleza	Profesional de apoyo en vinculación de actores.
Beatriz Brito	Médico veterinario, Especialista en metodologías participativas y planificación de áreas silvestres protegidas.	Profesional de apoyo en implementación de metodologías participativas y planificación.

4 METODOLOGÍAS

4.1 Área de estudio

El Humedal Laguna de Cáhuil se encuentra ubicado en una localidad del mismo nombre, en la Región de O'Higgins, Provincia de Cardenal Caro, Comuna de Pichilemu (Figura 4-1). Esta localidad, se inserta en un ambiente costero, la que es intervenida por el Estero Nilahue, formando el humedal Laguna de Cáhuil en la zona media y desembocando en el mar, transformándose cada sector de la cuenca en un ecosistema particular asociado a diversas actividades productivas. Según (INE 2019), la población de Cáhuil corresponde a 657 habitantes, de las cuales el 77,7 % (511) habita en zona rural y de ellas un 78,8% se encuentran dentro de la población más vulnerable (tramo⁴⁰)

El Humedal Laguna de Cáhuil, se caracteriza por su patrimonio biocultural; por su gran diversidad de aves y sitios de nidificación de especies acuáticas migratorias y residentes, por ejemplo: Cisne de cuello negro, Cisne Coscoroba, Cuervo de Pantano, entre otras. Como también actividades productivas transformadas hoy en día patrimonio cultural de Chile, como es el caso de los salineros de Cáhuil. En torno a este ecosistema, existen variadas actividades económicas como: pesca artesanal, cultivo de ostras, mariscadores, recolectores de alga, turismo en sus diversas formas como las/os boteras/os, kayak, y circuitos turísticos incorporando la gran diversidad de paisajes y cultura. No obstante, el atractivo más característico de la localidad es el oficio de los salineros. Esta actividad se realiza desde épocas prehispánicas, aproximando el territorio a una cultura inmaterial y material de la sal, denominada «*triada patrimonial*» de la actividad salinera en la zona: patrimonio natural (es decir, geográfico y paisajístico); patrimonio cultural inmaterial (prácticas y técnicas de extracción tradicionales); y patrimonio cultural material (herramientas salineras) (Marius-Tiberiu 2017). En el año 2011 el Estado de Chile entregó el reconocimiento de Tesoros Humanos Vivos a un grupo de cultores agrupados en la Cooperativa Campesina de Salineros Cáhuil, Barrancas y la Villa, por sostener y desarrollar un modelo sustentable de cultivo de sal que es resultado de la cooperación entre el ser humano y la naturaleza (Ministerio de Cultura y las Artes 2011).

En la comuna de Pichilemu, se destacan formas de vida tradicional criolla las que han impulsado el desarrollo del turismo rural. En el que destacan: las trillas a yegua suelta, la artesanía en cerámica de Pañul, las Salinas de Cáhuil, Barrancas y La Villa, cultivo de quinua entre otras. No obstante, según el Plan de Desarrollo Turístico de la Comuna de Pichilemu (PLADETUR 2021) una de las necesidades para el desarrollo continuo de estas actividades turísticas, es la implementación de una nueva y mejorada señalética que visibilice a los distintos emprendedores, permitiendo así un incremento de visitantes.

² Tramo del 40: 0%-40% Hogares calificados en el 40% de menores ingresos o mayor vulnerabilidad

En relación con la cuenca del Estero Nilahue, la economía se centra en la actividad forestal, encontrándose en el sector aserraderos (Pichilemu y Cáhuil) y elaboración de postes y polines (Cáhuil) (PLADECO 2021).

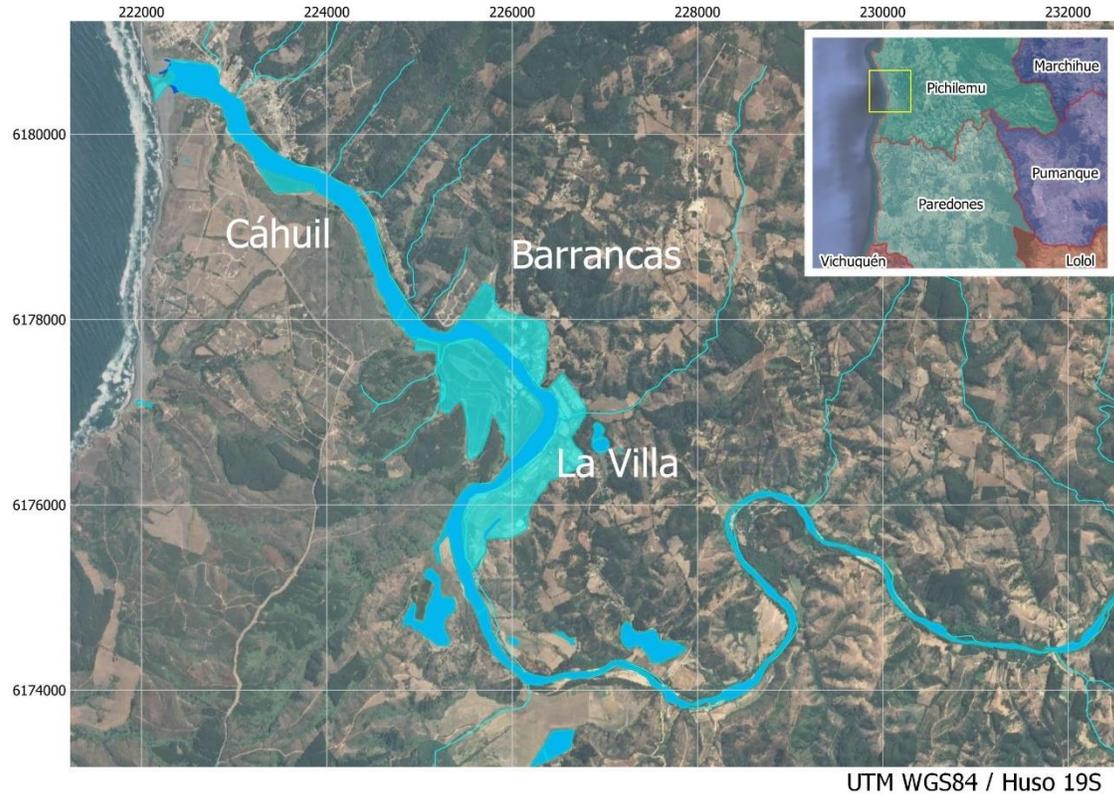


Figura 4-1 Ubicación Área de Estudio

4.2 OE N°1: Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.

El desarrollo del estudio se basó, en términos generales, en una combinación de diversas fuentes de información que se acoplaron en un flujo de trabajo. Entre las etapas de trabajo, se encuentra la recopilación de coberturas e imágenes satelitales, la aplicación de criterios de delimitación, uso de herramientas de teledetección, fotointerpretación, trabajo cartográfico y validación en terreno, que finalmente permitieron proponer una delimitación del humedal. A continuación, se presenta el esquema metodológico que se utilizó para la realización del objetivo (Figura 4-2). Cada una de sus partes se describe en los acápites posteriores.

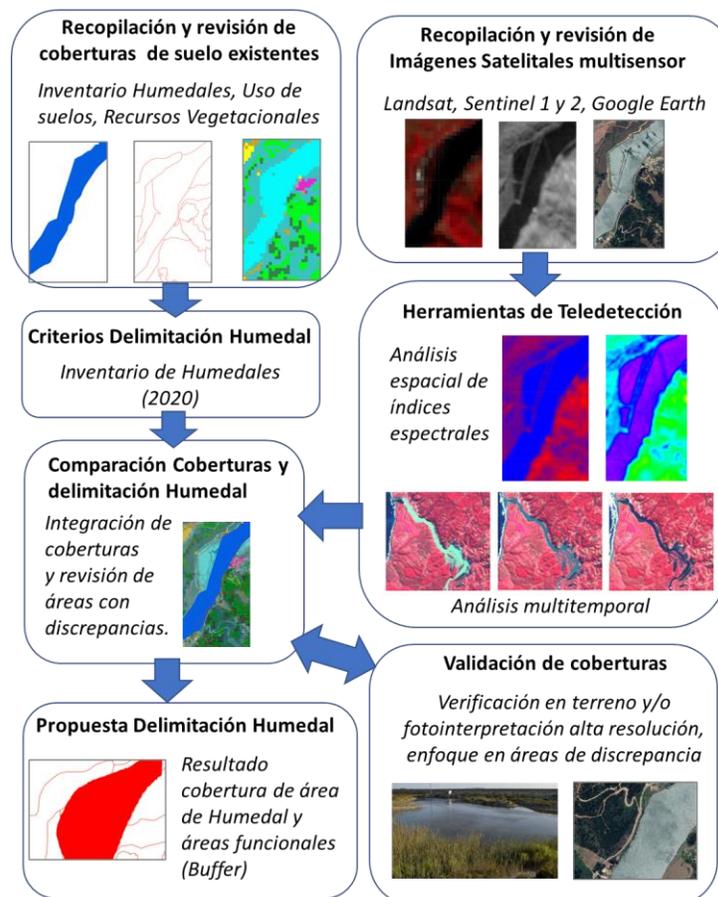


Figura 4-2 Esquema conceptual del uso de Teledetección Satelital en el estudio.

4.2.1 Revisión cartográfica de inventario de humedales del MMA, vegetación hidrófila, suelo hídrico y cuerpo de agua para el Humedal Laguna de Cahuil.

En esta actividad se realizó una recopilación y revisión de capas cartográficas asociadas al Humedal Laguna de Cahuil, etapa que permitió revisar e integrar las diferentes coberturas existentes del área de estudio. La información cartográfica fue utilizada para apoyar la delimitación de vegetación hidrófila, suelo hídrico y cuerpo de agua del humedal. Para este objetivo específico, se utilizó la siguiente información cartográfica indicada en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Información cartográfica utilizada en el estudio.

Información cartográfica	Fuente	Año	Tipo
Inventario de Humedales	Ministerio del medio ambiente	2015 y 2020	Vectorial
Actualización de inventario de humedales	Ministerio del medio ambiente	2020	Vectorial
Red hidrográfica	Ministerio de Planificación año 2009, editada durante el año 2012 por el Proyecto de Caracterización Territorial del Ministerio de Bienes Nacionales.	2012	Vectorial
Catastro de los recursos vegetacionales de Chile Región de O'Higgins	Corporación Nacional Forestal	2013	Vectorial
Catastro de los recursos vegetacionales de Chile Región del Maule	Corporación Nacional Forestal	2016	Vectorial
Catastro Gráfico de la Propiedad Rural Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	Servicio de Impuestos Internos	2013	Vectorial
Catastro Gráfico de la Propiedad Rural Región del Maule	Servicio de Impuestos Internos	2014	Vectorial
Cobertura de suelo	Laboratorio de Geomática y Ecología de Paisaje (GEP). Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile	2014	Ráster
Planificación ecológica	Gobierno Regional Región Libertador Bernardo O'Higgins	2018	Vectorial Raster
Macrozonificación de Uso de Borde Costero	Gobierno Regional del Libertador Bernardo O'Higgins	2015	Vectorial

Información cartográfica	Fuente	Año	Tipo
Imágenes satelitales	Google Earth	Entre 2004 - 2020	Ráster

El sistema geodésico de referencia utilizado para la presente consultoría (Tabla 4-1), fue el Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS- Chile), compatible con el sistema de posicionamiento satelital GPS. Es importante tener en consideración que los Sistemas de Referencia Geocéntricos WGS84 y SIRGAS, en términos prácticos se consideran equivalentes.

Tabla 4-2 Características del sistema geodésico de referencia utilizado para la presente consultoría.

Datum	SIRGAS-CHILE
Época de referencia	2016
Elipsoide de referencia	GRS80
Semieje mayor	6378137.00 m
Achatamiento polar	0.003352810681180

4.2.2 *Análisis de las imágenes satelitales de alta resolución del Humedal Laguna de Cahuil entregadas por la contraparte.*

Para esta actividad se realizó un análisis de imágenes satelitales, basado en escenas recopiladas desde portales científicos de libre acceso, tales como imágenes LANDSAT, SENTINEL 2 y Google Earth, la imagen multispectral de alta resolución entregada por el proyecto GEF, como también productos científicos derivados de imágenes satelitales como la recurrencia mensual de agua (Pekel et al, 2016). Par el cumplimiento del objetivo, se seleccionaron las imágenes satelitales indicadas en la Tabla 4-3:

Tabla 4-3 Imágenes satelitales complementarias para la delimitación del humedal y su zona buffer

Sensor	Resolución espacial (m)	Resolución temporal (Tiempo revisita en días)
Landsat 5, 7 y 8	30 m	16 días
SENTINEL-1 SAR C-Band Synthetic Aperture Radar	10 a 20 m	6 días
SENTINEL-2 MSI Multispectral Instrument (píxel 10 m)	10 m	5 días
IMAGEN DE ALTA RESOLUCIÓN entregada por el proyecto GEF Humedales Costeros	0.8 m	1 escena, abril 2020
Monthly Water Recurrence, v1.2(Pekel et al, 2016)	30 m	Mensual entre 1984-2019

Para verificar la pertinencia de un área a la cobertura propuesta, se utilizaron herramientas complementarias de análisis de teledetección que permitieron aportar información respecto a la estructura y funcionamiento del humedal. Esto permitió estudiar la dinámica espaciotemporal de la barra de arena en la desembocadura, cobertura del humedal (e.g. crecidas) e identificar la cobertura de suelos (Figura 4-3).

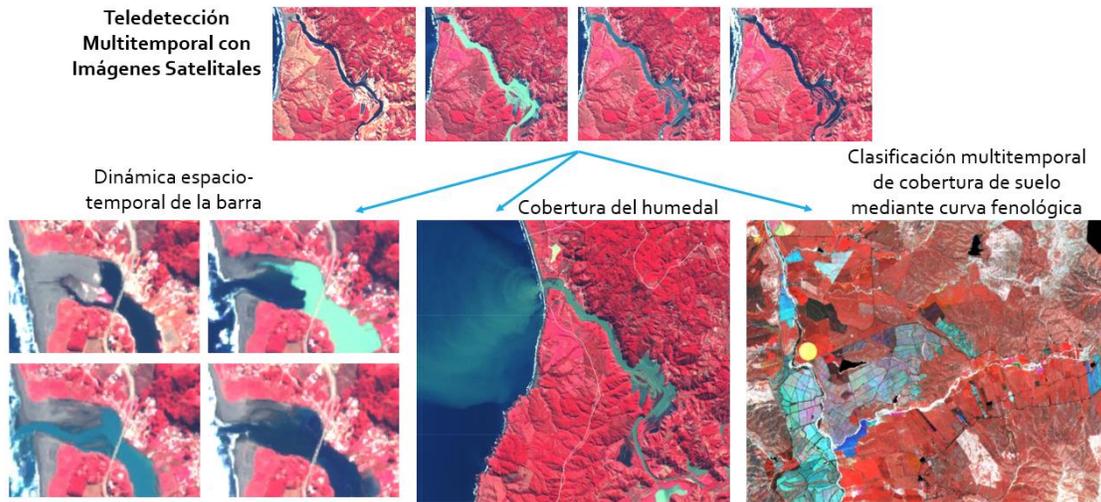


Figura 4-3 Análisis de Teledetección Multitemporal en el Humedal Laguna de Cáhuil.

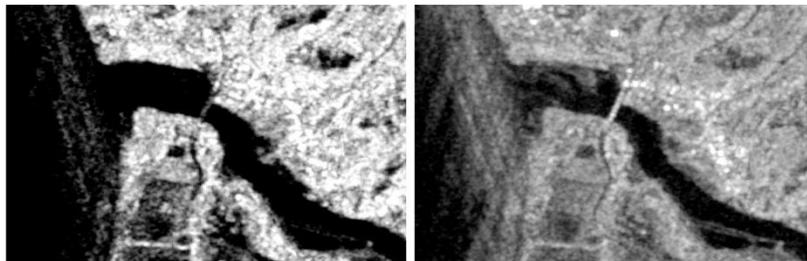


Figura 4-4 Imágenes de Radar Sentinel-1 (polarización VH y VV), herramienta complementaria de teledetección.

4.2.3 Fotointerpretación

Los resultados del análisis de imágenes satelitales fueron complementados por fotointerpretación, para verificar la pertinencia de un área a la cobertura propuesta. Para ello se utilizaron imágenes disponibles en Google Earth de distintos años, de modo de complementar el análisis espaciotemporal.

4.2.4 Propuesta de mejora de los límites del Humedal Laguna de Cáhuil y zonas buffer asociadas a partir de análisis anteriores.

En esta actividad se revisaron algunos criterios que permitieron apoyar la delimitación del humedal y áreas de separación y/o amortiguación (buffer). De acuerdo con el Inventario Nacional de Humedales (MMA 2020) , los criterios que definen un humedal son tres: 1) la presencia de vegetación hidrófila, 2) la presencia de suelos hídricos, y 3) un régimen hidrológico de saturación que genera condiciones anaeróbicas en los suelos y determina la existencia de vegetación hidrófila.

Por otro lado, según el Reglamento de Humedales Urbanos (Reglamento de la Ley N° 21.202, recientemente promulgado), la delimitación de los humedales debe considerar al menos uno de los siguientes criterios: 1) la presencia de vegetación hidrófila; 2) la presencia de suelos hídricos con mal drenaje o sin drenaje; y/o 3) un régimen hidrológico de saturación ya sea permanente o temporal que genera condiciones de inundación periódica.

Si bien, los criterios de delimitación del Inventario de Humedales y el Reglamento de Humedales Urbanos, son similares, éste último posee un alcance más amplio y agrega explícitamente el concepto de régimen hidrológico permanente o temporal, que requiere incorporar, al menos, la variabilidad estacional en el análisis de delimitación. Cabe señalar que dicho reglamento, además, establece criterios mínimos para la sustentabilidad de los humedales, para el resguardo de sus características ecológicas y su funcionamiento, y la mantención del régimen hidrológico. Entre otras características, señala que la gestión de los humedales debe ser realizada de manera que permita mantener su régimen hidrológico, balance hídrico; en específico el volumen de entrada, acumulación y salida de agua desde y hacia el humedal, y los patrones de inundación, procurando evitar la modificación de la cantidad, niveles y volumen de agua, su estacionalidad, el régimen de sedimentos y la conectividad hidrológica.

Adicionalmente, para definir el límite de aguas arriba del estuario, se suelen usar algunos criterios basados en la estructura y/o funcionamiento del sistema (MOP-DGA, 2009). Para el presente estudio se revisaron los criterios basados en: 1) Límite basado en Salinidad (Pritchard, 1967) señala que el estuario queda limitado por el área en el cual la salinidad se encuentra en el rango de 0.1 g/L a 30-35 g/L, 2) Límite basado en onda de marea (Fairbridge, 1980), corresponde al límite de aguas arriba del estuario hasta donde se percibe efecto de la marea; 3) Límite basado en los sedimentos (Dalrymple, 1992) define los límites del estuario en función del transporte de sedimentos, señalando que el estuario es toda el área inundada que recibe aporte sedimentario tanto de parte del río como del mar.

Por otra parte, al referirnos a un área de separación y/o amortiguación (buffer), consideramos que es una herramienta importante para lograr y mantener los valores, procesos, funciones y atributos deseados de los humedales. Que, necesariamente implica separar un humedal de los usos de la

tierra adyacentes que puedan amenazar sus valores de atributos deseados y asegurar que las actividades de los humedales no tengan un impacto indebido en los usos de la tierra, ya sea mediante la separación espacial o el uso de barreras físicas. En este contexto, se requiere de la definición de tres áreas básicas para proporcionar una separación adecuada de un humedal; i) Cuerpo de agua, ii) área funcional del humedal y iii) el área de separación y/o amortiguación (buffer), en acuerdo con la Figura 4-5 (Welker Environmental Consultancy, 2002).

Sólo los humedales permanentemente inundados tendrán un área visible de agua abierta – cuerpo de agua del humedal, durante todo el año. Algunos humedales, como las zonas anegadas, nunca tienen una expresión abierta de agua, como es el caso de algunos tramos en el Humedal Laguna de Cáhuil.

El área funcional del humedal es la zona que debe ser protegida para asegurar que las funciones y valores importantes del humedal puedan mantenerse. En este contexto, el área funcional del humedal es el límite espacial del humedal. Normalmente incluiría el cuerpo de agua, la vegetación del humedal y cualquier hábitat terrestre dependiente directamente asociado. El área funcional del humedal a menudo requerirá una separación adicional del uso o usos de la tierra circundante para asegurar su protección y compatibilidad con el uso de la tierra. La separación puede adoptar dos formas generales: una barrera física (valla, muro) o una distancia de separación. Estas formas no se excluyen mutuamente y, en algunos casos, una combinación puede ofrecer una solución. Las consideraciones clave para definir las necesidades de separación son los valores, las funciones y los atributos del humedal que se ha de proteger, las características del uso de la tierra circundante y las amenazas asociadas con el uso o usos de la tierra Figura 4-8 (Welker Environmental Consultancy, 2002).

Para establecer el área de separación y/o amortiguación (buffer), por lo general se mide una distancia de separación desde el límite del área funcional del humedal; sin embargo, pueden medirse desde el límite del cuerpo de agua en los casos de un humedal inundado permanente o estacionalmente, sin valores ecológicos significativos fuera de la zona inundada como, por ejemplo, humedales con un alto desarrollo urbano.

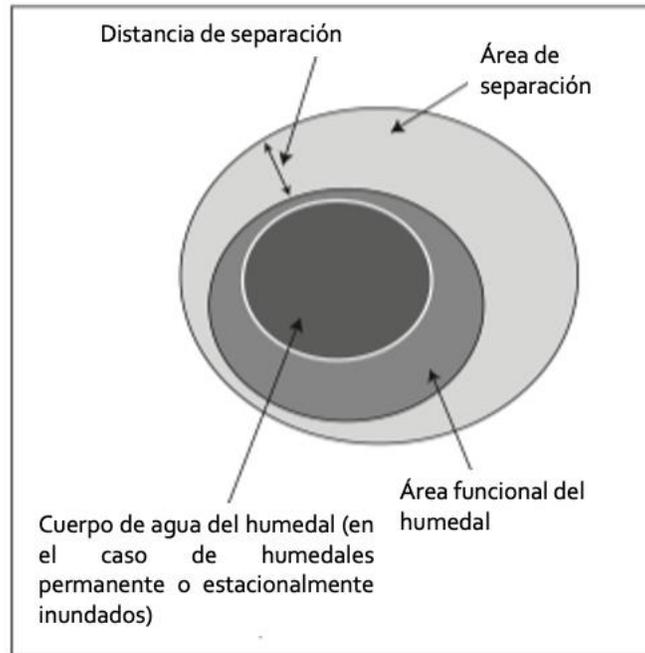


Figura 4-5 Concepto generalizado de áreas de separación y/o amortiguamiento (buffer) en humedales. Modificado de Welker Environmental Consultancy, (2002).

Considerando lo expuesto anteriormente y el caso particular del Humedal Laguna de Cáhuil, donde confluyen diversos intereses en torno a los servicios ecosistémicos que éste provee y que presenta un grado de desarrollo urbano y rural avanzado, con viviendas insertas casi en el cuerpo de agua, el presente estudio propone 2 aproximaciones para determinar el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer); i) en función de la integridad ecológica y ii) en función de la calidad de agua.

Al considerar el área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la integridad ecológica, se incluyen los conceptos hidrológicos asociados a la dinámica espaciotemporal del sistema y resguardo de sus características ecológicas y su funcionamiento. Por lo tanto, corresponde a una delimitación ampliada, en donde el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) fue calculado a partir de los límites del área funcional del humedal, integrando las áreas que permiten mantener las funciones del humedal, tales como áreas de inundación por crecidas temporales de mayor período de retorno, zonas de soporte para la biodiversidad, retención de sedimentos, nutrientes, etc. (Figura 4-6) (Welker Environmental Consultancy, 2002).

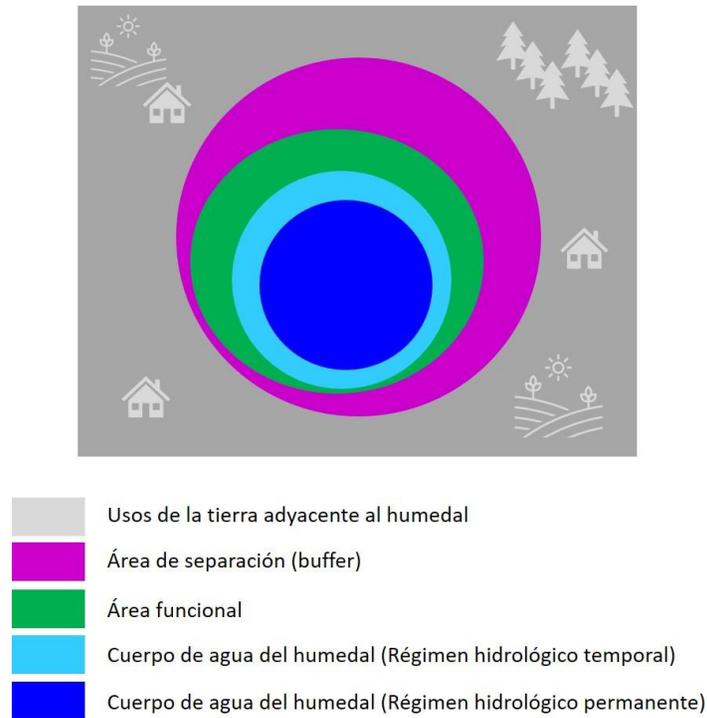
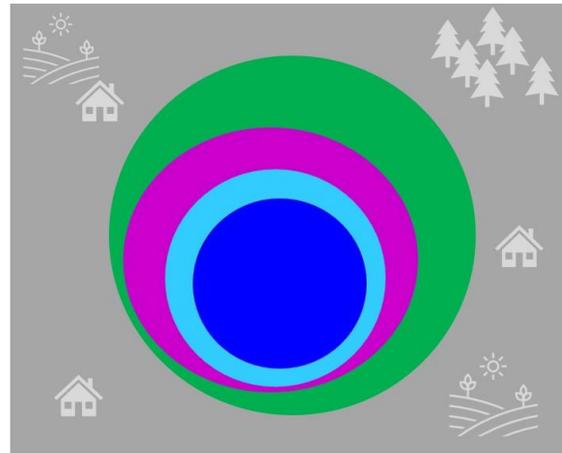


Figura 4-6 Consideración del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la integridad ecológica. Distancia de separación a partir del área funcional del humedal.

Al considerar el área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la calidad de agua, se incluyen sólo los criterios indicados por MMA (2020) en el inventario de humedales, en donde los criterios que definen a un humedal son: 1) la presencia de vegetación hidrófila, 2) la presencia de suelos hídricos, y 3) un régimen hidrológico de saturación que genera condiciones anaeróbicas en los suelos y determina la existencia de vegetación hidrófila. Por lo tanto, corresponde a una delimitación menos amplia, en donde el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) fue calculado desde el límite del cuerpo de agua (Figura 4-7) y en función de las recomendaciones realizadas por “Environmental Law Institute” (ELI, 2008).



-  Usos de la tierra adyacente al humedal
-  Área de separación (buffer)
-  Área funcional
-  Cuerpo de agua del humedal (Régimen hidrológico temporal)
-  Cuerpo de agua del humedal (Régimen hidrológico permanente)

Figura 4-7 Consideración del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la calidad del agua. Distancia de separación a partir del cuerpo de agua del humedal, generado por el régimen hidrológico temporal.

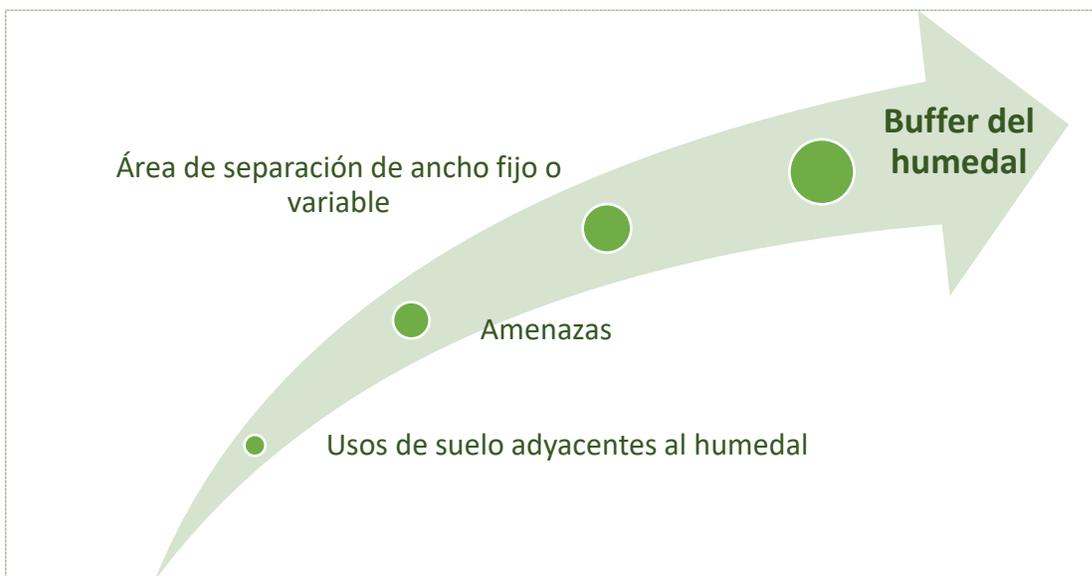


Figura 4-8 Diagrama conceptual del área de separación y/o amortiguación (buffer) del humedal.

Tabla 4-4 Delimitación del Humedal

Delimitación	Descripción de componentes
Vegetación Hidrófila, Suelo Hídrico y Régimen Hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> • Permanente y Estacional: suma de cobertura de agua permanente que se da con recurrencia alta-media en época de estiaje (verano-otoño), y cobertura estacional que se da con recurrencia media-alta en época de lluvia y post-lluvia (invierno-primavera) que correspondería a la cobertura de crecidas anuales. • Vegetación Hidrófila • Suelo Hídrico • Salinas: humedal antrópico para extracción de sal
Área funcional del Humedal	<ul style="list-style-type: none"> • Temporal: cobertura de agua temporal de menor recurrencia (por ejemplo, crecidas de menor frecuencia y/o crecidas extraordinarias), que es un área funcional necesaria para amortiguar los pulsos de inundación. • Área de reacomodación del humedal ante al cambio climático (Schuerch et al., 2018): terrenos de pendiente entre 0% y 5% que brinden espacio lateral disponible para que los sedimentos finos se acumulen y sean colonizados por la vegetación del humedal. • Área funcional de protección de sedimentos: Corresponde a un área de un ancho de 20 metros adyacente a cursos (ej estero o arroyo) o cuerpos de agua (Ej laguna o humedal) tengan éstos agua en forma permanentes o temporal (Romero et al., 2014). La funcionalidad de esta área es filtrar sedimentos y contaminantes proveniente de las actividades forestales • Área funcional de soporte de la biodiversidad: Se utilizó el concepto de integridad de vegetación definido en el informe de Planificación Ecológica de la Región (Chile ambiente, 2018), entendida como la condición de autoorganización que induce expresiones específicas de biodiversidad a partir de la biota presente localmente y acorde con la existencia de materiales y energía (Equihua et al., 2014). La cobertura presentada por el Informe de Planificación Ecológica fue filtrada con los resultados de la clasificación de coberturas emanada de este mismo proyecto.
Área de separación y/o amortiguación (buffer)	<ul style="list-style-type: none"> • Área de ancho fijo o variable, en función de los criterios para proteger la integridad ecológica. El ancho fue

Delimitación	Descripción de componentes
	<p>calculado a partir de los límites del área funcional (envolvente).</p> <ul style="list-style-type: none"> Área de ancho fijo o variable, en función de los criterios para proteger la calidad de agua. El ancho fue calculado a partir de los límites del cuerpo de agua.
Intermareal y submareal	<ul style="list-style-type: none"> Límite de zona inter y submareal entre línea de playa y veril 6m de profundidad (Batimetría Exploratoria, MOP-DOP 2018), ubicado entre la envolvente de la ubicación histórica del canal de desembocadura del estero Nilahue. 

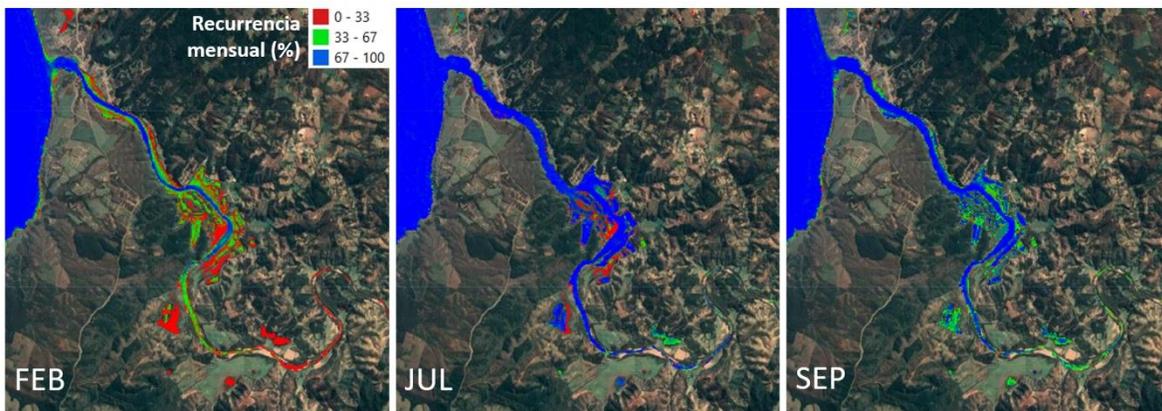


Figura 4-9 Mapa de recurrencia mensual. Ejemplo para meses de febrero, julio y septiembre

En el caso de la inundación máxima se identificaron escenas satelitales de fechas específicas en las cuales hubo evidencia de cobertura de agua en áreas que se extienden por sobre el área de variabilidad estacional. Para el sector específico del área urbana de Cáhuil se usó, además, el apoyo

de información topobatimétrica levantada por MOP-DOP (2018), imágenes de Radar Sentinel-1 y fotografías tomadas durante la crecida invernal.

Una vez ejecutados, y validados las coberturas del humedal, se realizó una propuesta de subdivisión y homologación de clasificación que pueda dar sustento a una posible actualización del Catastro Nacional de Humedales en el área de estudio, en función de la Tabla 4-5:

Tabla 4-5 Clasificación de humedales para Catastro Nacional de Humedales, extracto en base a Dugan (1992)

Clasificación Orden 1	Clasificación Orden 2	Clasificación Orden 3	Clasificación Orden 4
1 humedales marinos y costeros	1.1 Estuarinos	1.1.1 Intermareales	1.1.1.3 humedales intermareales, incluyendo marismas, praderas salinas, humedales elevados de agua salada, humedales salobres y de agua dulce influenciados por las mareas
	1.3 Lagunar	1.3.1 Lagunar	1.3.1.1 lagunas salobres o salinas conectadas estrechamente al mar
2 humedales continentales	2.1 Lacustres	2.1.1 Estacionales	2.1.2.2 lagunas de agua dulce permanente (de menos de 8 ha)
	2.2 Palustres	2.2.2 Emergentes	2.2.2.1 humedales de agua dulce permanentes sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente cuyas bases se encuentran por debajo del nivel freático durante la mayor parte de su estación de crecimiento
			2.2.2.3 humedales de agua dulce estacionales sobre suelos inorgánicos, incluyendo praderas de inundación estacional y juncales
			2.3.1.2 ríos y esteros permanentes incluyendo cascadas
	2.3 Ribereños	2.3.1 Permanentes	2.3.2.1 ríos y esteros estacionales o irregulares
		2.3.2 Temporales	2.3.2.2 llanuras ribereñas de inundación, incluyendo planicies de ríos, cuencas hidrográficas inundadas, praderas de inundación estacional
3 humedales artificiales	3.3 Áreas de almacenamiento de agua	3.3.1 Áreas de almacenamiento de agua	3.3.1.1 reservorios de agua para irrigación o consumo humano, con un patrón de vaciado gradual y estacional (tranques)
	3.4 Explotación de sal	3.4.1 Explotación de sal	3.4.1.1 salinas, salineras o salitrales

4.2.5 Validación de resultados de delimitación con puntos de validación en terreno.

Para validar los resultados de delimitación del humedal y su área de separación y/o amortiguación (buffer), se realizó una campaña de terreno en donde se visitaron 10 puntos de muestreo. Se realizaron recorridos pedestres en los sectores donde las condiciones lo permitieron, registrando en una ficha de terreno la descripción específica del lugar, considerando un registro fotográfico y su georreferenciación. En aquellos sectores donde no hubo acceso pedestre al borde del humedal, la verificación se realizó mediante el uso de un dron y análisis de fotointerpretación. Las fichas de validación en terreno se encuentran en anexos, específicamente OE-01_Anexo disponible en: <https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdQgfEn8Hf19ObOC4D7xA?e=3Xp4Ah>

4.3 OE N°2: Determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cahuil y su subcuenca aportante a partir de imágenes satelitales.

4.3.1 Revisión cartográfica de coberturas y usos de suelo actual para el Humedal Laguna de Cahuil y su subcuenca aportante.

En esta actividad se realizó una recopilación y revisión de capas cartográficas asociadas al Humedal Laguna de Cahuil y la subcuenca aportante del Estero Nilahue (1.776 km²). Se realizaron comparaciones entre las distintas coberturas de suelo existentes de modo de conocer sus coincidencias y discrepancias. El análisis fue complementado con fotointerpretación e imágenes satelitales de alta resolución. Para este objetivo específico, se revisó la siguiente información cartográfica descrita en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Información cartográfica utilizada en el estudio

Información cartográfica	Fuente	Año	Tipo
Cuencas	DGA - Banco Nacional de Aguas	2014	Vectorial
Subcuencas	DGA - Banco Nacional de Aguas	2014	Vectorial
Subsubcuencas	DGA - Banco Nacional de Aguas	2014	Vectorial
Catastro de los recursos vegetacionales de Chile Región de O'Higgins	Corporación Nacional Forestal	2013	Vectorial
Catastro de los recursos vegetacionales de Chile Región del Maule	Corporación Nacional Forestal	2016	Vectorial
Cobertura de suelo	Laboratorio de Geomática y Ecología de Paisaje (GEP). Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile	2014	Raster
Imágenes satelitales	Google Earth	2004 al 2020	Raster
Bonificaciones forestales – Bosque Nativo	Corporación Nacional Forestal	A solicitar	Punto
Bonificaciones forestales – DF701	Corporación Nacional Forestal	A solicitar	Punto

Información cartográfica	Fuente	Año	Tipo
Superficie afectada por incendios forestales	Corporación Nacional Forestal	2015 2016 2017	Vectorial
Carbono orgánico del suelo	IDE Minagri	2017	Raster multibanda
Erosión actual de los suelos de la Región Libertador Bernardo O'Higgins	Centro de Información de Recursos Naturales	2010	Vectorial

4.3.2 *Análisis de las imágenes satelitales de alta resolución del Humedal Laguna de Cáhuil (proporcionadas por la contraparte) e imágenes LANDSAT de la subcuenca aportante.*

Para esta actividad se realizó un análisis de imágenes satelitales, basado en escenas recopiladas desde portales científicos de libre acceso, tales como imágenes LANDSAT, SENTINEL 2 y Google Earth y la imagen multiespectral de alta resolución entregada por el proyecto GEF. Para el cumplimiento del objetivo se utilizaron los siguientes tipos de imágenes (Tabla 4-7):

Tabla 4-7 Imágenes satelitales complementarias para actualizar el uso de suelo en la cuenca

Sensor	Resolución espacial (m)	Resolución temporal (Tiempo revisita en días)
Landsat 5, 7 y 8	30 m	16 días
SENTINEL-2 MSI Multispectral Instrument (pixel 10 m)	10 m	5 días
IMAGEN DE ALTA RESOLUCIÓN entregada por el proyecto GEF Humedales Costeros	0.8 m	a petición

Con el fin de poder obtener información de la vegetación en la subcuenca, se realizaron cálculos de las bandas espectrales y composiciones temporales según se indica en la Tabla 4-8:

Tabla 4-8 Índices espectrales utilizados en el estudio

Nombre del índice	Descripción
Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI)	El Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) es un indicador numérico que utiliza las bandas espectrales roja y cercana al infrarrojo. El NDVI está altamente asociado con el contenido de vegetación. Los valores altos de NDVI corresponden a áreas que reflejan más en el espectro del infrarrojo cercano. Una mayor reflectancia en el infrarrojo cercano corresponde a una vegetación más densa y saludable (GU, 2019).

Nombre del índice	Descripción
Firmas temporales de fenología	Composición multitemporal de NDVI dentro de un período intra-anual (Ej.: Se construye una imagen con diferentes fechas $t_1, t_2, t_3, \dots, t_6$), útil para discriminar distintos tipos de vegetación en función de su curva de vigorosidad vegetal (fenología)

Mediante un flujo de procesamiento de imágenes multispectrales Sentinel-2 (Figura 4-10), se generó una composición multitemporal NDVI de diferentes fechas ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_6$), que en una etapa posterior, fue utilizada para realizar una clasificación supervisada de coberturas mediante un criterio de firmas temporales de fenología.

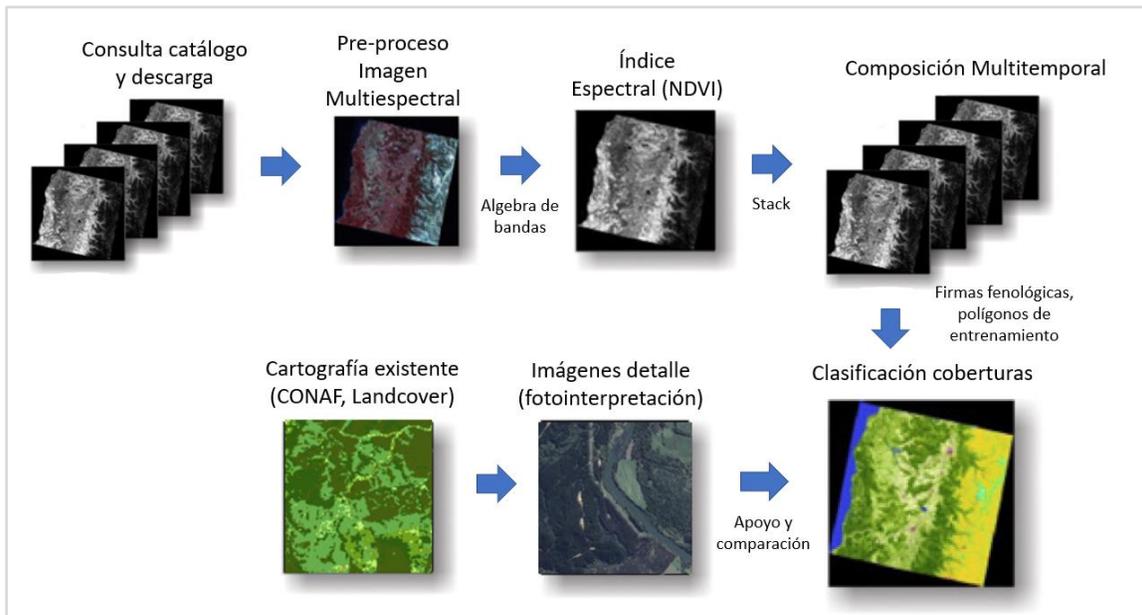


Figura 4-10 Flujo de procesamiento de imagen multitemporal de NDVI para análisis fenológico

4.3.3 Propuesta de mejora y actualización de la cartografía de coberturas y usos de suelo del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante, a partir de los análisis anteriores.

En esta actividad se realizó una revisión y superposición de capas cartográficas de la subcuenca del Estero Nilhue para verificar potenciales discrepancias entre distintas fuentes de información. Para efectuar la actualización de coberturas de suelo, se implementó un análisis y clasificación supervisada de una composición del índice NDVI obtenida de imágenes satelitales Sentinel-2 (resolución de píxel 10m) (Figura 4-11). Se consideraron 6 escenas pertenecientes a la temporada de crecimiento vegetacional 2019-2020 (fechas 16/09/2019; 05/11/2019; 15/12/2019; 30/12/2019; 03/02/2020; 13/04/2020).

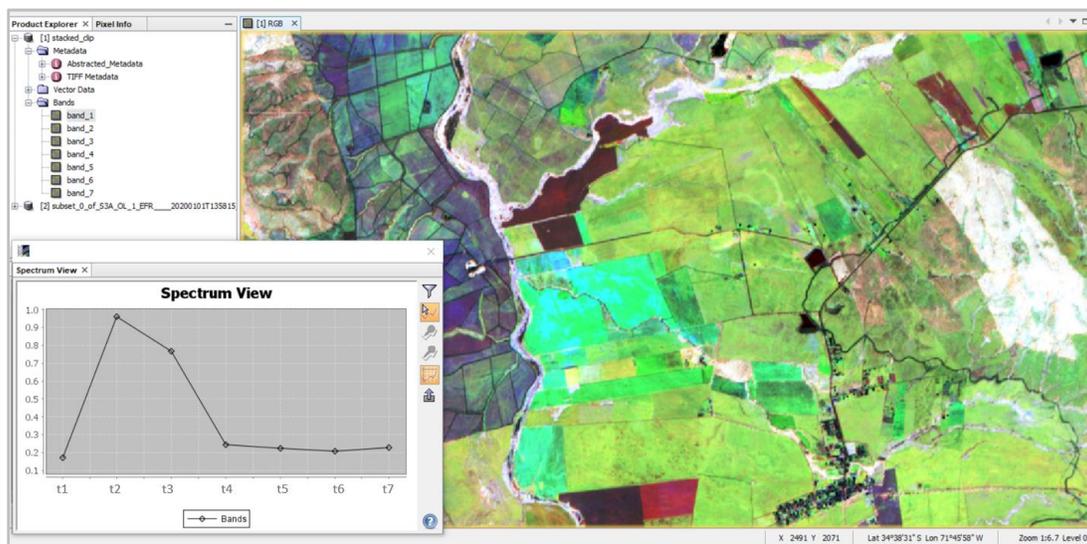


Figura 4-11 Composición temporal de NDVI y firma fenológica

Una vez realizada la clasificación supervisada, se comparó simultáneamente con la capa "Catastro de los recursos vegetacionales de Chile de CONAF" (Región O'Higgins, año 2013, y Maule, año 2016), y con la Cobertura de Suelos del GEP-U. Chile 2014 (Hernández et al, 2016). Mediante un proceso de adición de capas (Catastro CONAF 2013/2016 + Cobertura GEP-U. Chile 2014 + Actual clasificación GEF 2019/2020), se lograron revisar e incorporar coberturas que se encontraban desactualizadas, y con ello se da sustento a una mejora de la cartografía de la subcuenca (Figura 4-12).

Para el análisis de cobertura de suelo se homologaron las categorías a las utilizadas en el Catastro de los recursos vegetacionales de Chile (específicamente a la subcategoría subuso). La actualización de la cobertura de suelo se acompaña con una matriz de transición entre las coberturas definidas y entre los años analizados.

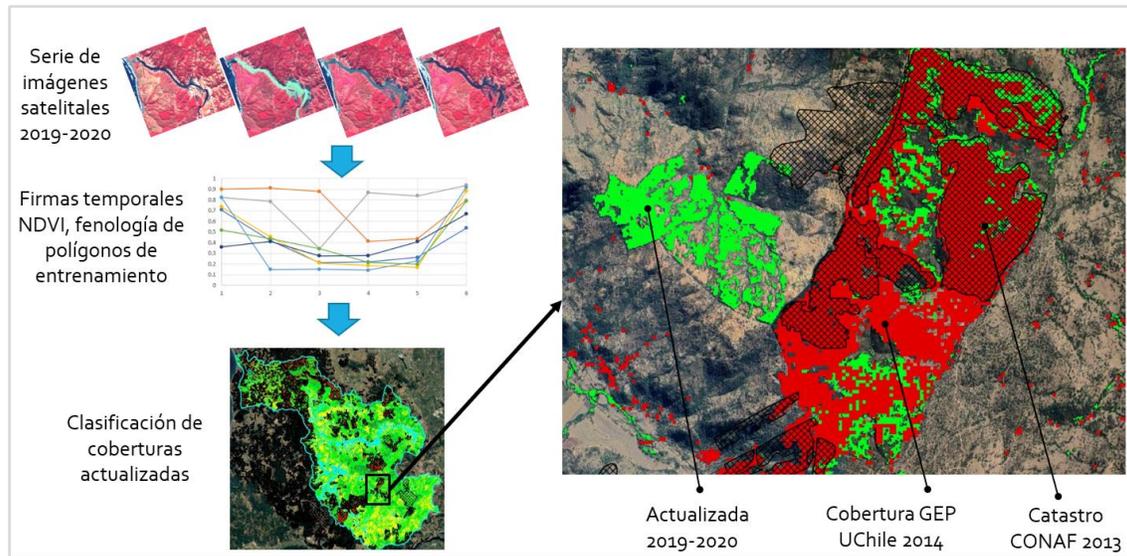


Figura 4-12 Clasificación de cobertura de suelo y comparación con otras fuentes de datos.

4.3.4 Propuesta de delimitación áreas de intrusión salina para el humedal Cáhuil.

En esta etapa se realizó una recopilación de informes y publicaciones con datos hidrológicos y calidad de agua del humedal con el objetivo de sustentar el análisis de alcance de mareas y la estructura salina del estuario.

Entre los documentos recopilados, se encuentra un estudio en el humedal realizado por MMA – CEA (2015) que dispone de información espacial de batimetría y algunas series de tiempo de temperaturas y salinidad en la zona estuarina. Cabe señalar que, al inicio del presente proyecto, la contraparte GEFSEC aportó antecedentes de un estudio denominado “Diagnóstico Desembocadura Laguna Cáhuil, Comuna De Pichilemu” desarrollado entre 2016-2018 por el Ministerio de Obras Públicas - Dirección de Obras Portuarias. En dicho estudio se encuentra información de mareas, oleaje, corrientes, sedimentos, calidad de agua, topo batimetría e hidrología, entre otros, lo que permitió mejorar el nivel de información que alimentó el modelo numérico propuesto.

Con estos antecedentes, se implementó un modelo numérico hidrodinámico 3D (software Delft 3D), y enfocado en realizar una sensibilización gruesa de escenarios de intrusión salina. El contar con un modelo hidrodinámico 3D capaz de resolver el comportamiento espaciotemporal del estuario, representa un avance significativo respecto a otros modelos teóricos simplificados (Ej.: Modelo de Schijf y Schonfeld) que describen el alcance de la cuña mediante parámetros geométricos y físicos en flujo permanente.

El modelo implementado consideró un período de modelación de 15 días (registro de mareas de puerto patrón San Antonio, 2 al 17 marzo 2020), el cual inició en un ciclo de mareas de cuadratura,

sicigias en perigeo y finalizó nuevamente en cuadratura. La morfología de la conexión estuario-mar fue simulada como un canal de sección trapezoidal (Largo 290m, ancho inferior 40m, ancho superior 130 m, y cota de 0.0 m NRS), que ajusta las condiciones hidrodinámicas medidas en el estudio MMA – CEA (2015).

Con el modelo hidrodinámico 3D se realizó una evaluación de la estructura vertical de salinidad, y tendencia del humedal a tener una cuña salina, estratificación fuerte, estratificación débil o condición de mezcla, bajo diferentes escenarios de caudal y geometría de la barra de arena en la desembocadura. También se realizó una comparación del comportamiento de los niveles debido a los ciclos de marea y la evolución de la salinidad dentro del estuario (Figura 4-13).

Los escenarios de modelación considerados fueron tres: 1) Escenario BASE (similar a condiciones hidrodinámicas año 2014), 2) Escenario BARRA MODIFICADA, y 3) Escenario CAUDAL ALTO. Los detalles de cada escenario se indican en la Tabla 4-9 y figuras Figura 4-13 y Figura 4-14.

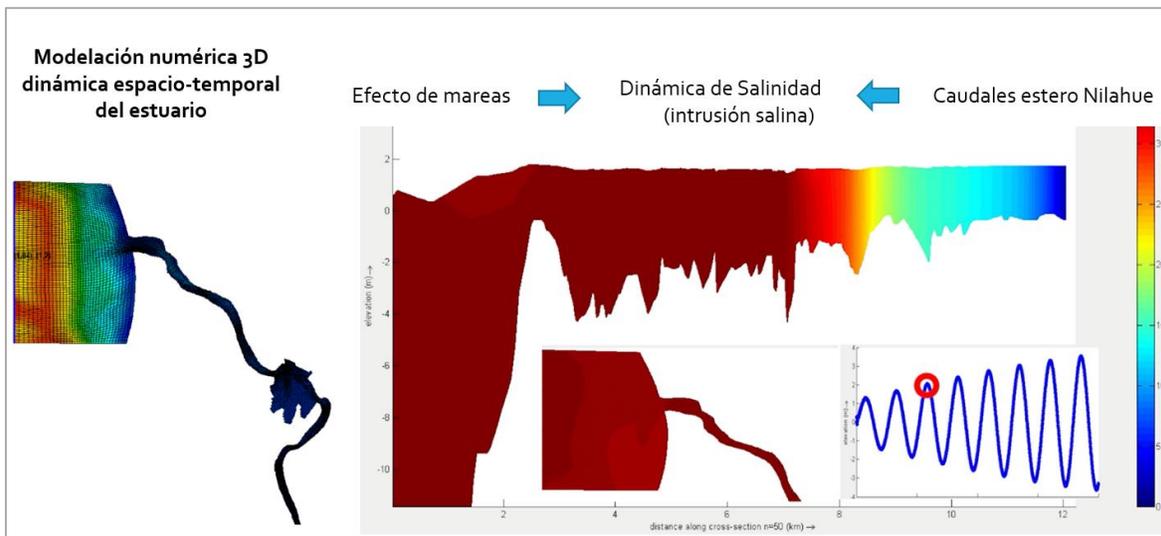


Figura 4-13 Esquema de implementación de modelo hidrodinámico 3D del Estuario de Cáhuil

Tabla 4-9 Escenarios Modelación Hidrodinámica 3D

Escenario de modelación		Características
Escenario BASE (similar a hidrodinámica 2014)	Caudal bajo y barra apertura amplia	<ul style="list-style-type: none"> Caudal= 2 m³/s Geometría trapezoidal, cota del fondo del canal 0.0 m NRS en referencia al Nivel de Reducción de Sondas
Escenario BARRA MODIFICADA	Caudal bajo y barra apertura restringida	<ul style="list-style-type: none"> Caudal= 2 m³/s Geometría trapezoidal, cota de fondo del canal 0.4 m NRS en referencia al Nivel de Reducción de Sondas
Escenario CAUDAL ALTO	Caudal alto y barra apertura amplia	<ul style="list-style-type: none"> Caudal= 20 m³/s, equivalente a Prob. excedencia 50% de mes agosto Geometría trapezoidal, cota de fondo del canal 0.0 m NRS en referencia al Nivel de Reducción de Sondas

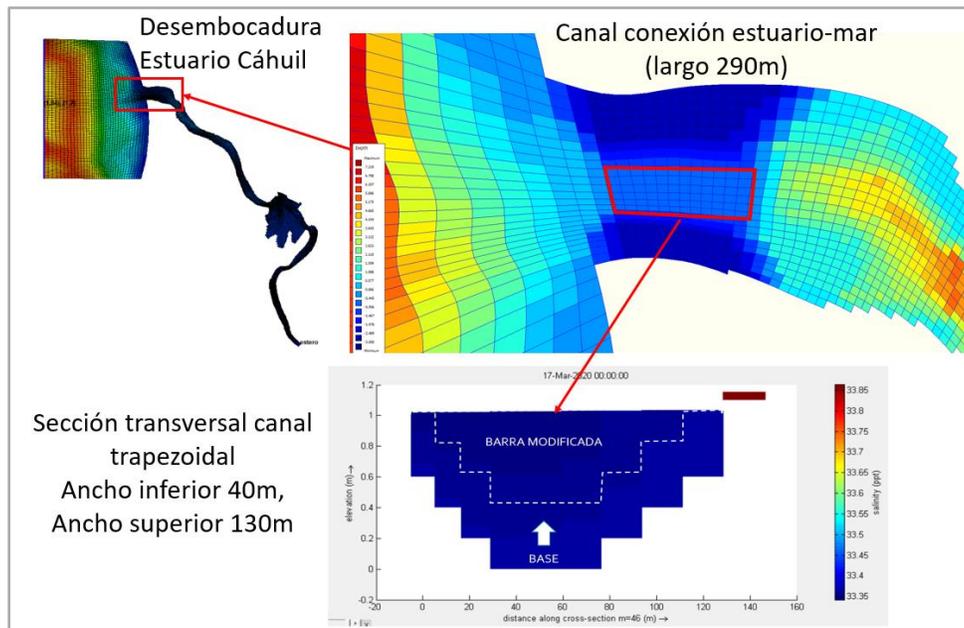


Figura 4-14 Geometría de la barra modelada. Se indica el escenario de apertura amplia (BASE) y la barra de arena con geometría restringida (BARRA MODIFICADA).

Para complementar el análisis del estuario, y con el objetivo de observar si ha habido potenciales cambios morfológicos en la desembocadura, se realizó una revisión histórica de la condición de la barra de arena mediante imágenes satelitales (1984 al 2020).

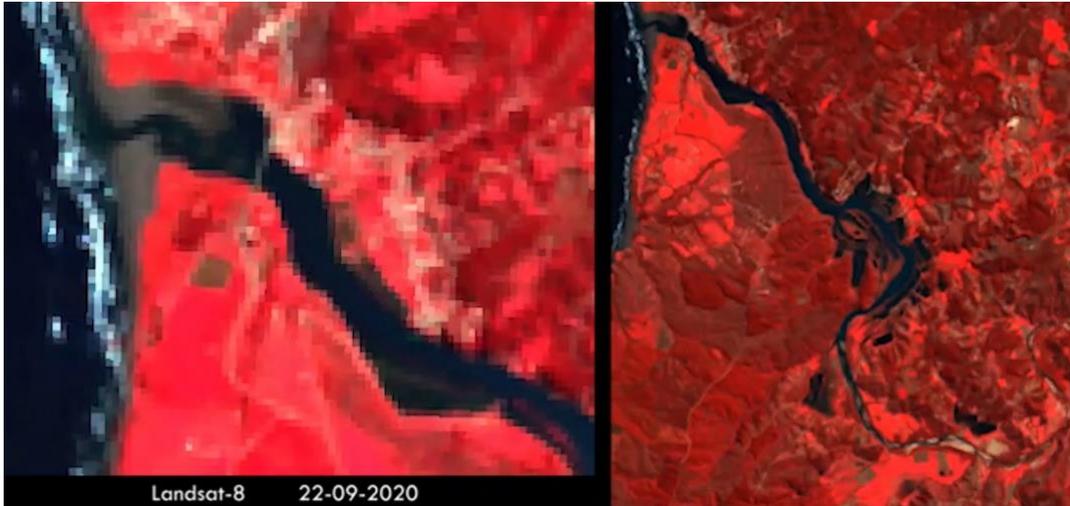


Figura 4-15 Ejemplo de imágenes satelitales Landsat de la barra (disponibles entre 1984 y 2020)

4.3.5 Validación de resultados de propuesta de coberturas y usos de suelo con puntos de validación en terreno.

Para validar los resultados de la propuesta de coberturas de suelo, se realizó una campaña de terreno en donde se visitaron 10 puntos de muestreo. Se realizaron recorridos pedestres en los sectores donde las condiciones lo permitieron, registrando en una ficha de terreno la descripción específica del lugar, considerando un registro fotográfico y su georreferenciación. En aquellos sectores donde no hubo acceso pedestre al borde del humedal, la verificación se realizó mediante el uso de un Dron y análisis de fotointerpretación.

El esfuerzo de muestreo en la etapa de verificación se realizó principalmente en las zonas donde hay mezcla de coberturas de suelo y potenciales discrepancias entre los resultados del presente estudio y las fuentes de información utilizadas como base de datos con coberturas previamente definidos (Ej.: Catastros de uso de suelo y vegetación CONAF, Cobertura de Suelos GEP-U. Chile). Las fichas de validación en terreno se encuentran en anexos, específicamente en: OE-2_Anexo/02_Validación en terreno (<https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeU2q1eHyQ1-UthXSw?e=5OgRiz>)

Por otra parte, en el proceso de verificación de la intrusión salina, se consideraron 10 puntos de muestreo (Tabla 4-10), donde se tomaron mediciones de conductividad eléctrica o salinidad, con un sensor multiparamétrico, considerando que en general, valores de salinidad menores a 1 g/L denotan un dominio de condiciones hidrológicas desde la cuenca de avenamiento (en este caso,

del estero Nilahue), salinidades superiores hasta valores de 33 g/L, indican influencia marina. Los anexos se encuentran disponibles en: <https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgflykWzPN-d4gPWOaQ?e=pWPSyn>

Tabla 4-10 Puntos de muestreo validación intrusión salina

ID	E	N
1	222683	6180756
2	224323	6179362
3	225442	6177926
4	226253	6177232
5	225814	6176176
6	225490	6175275
7	226019	6174218
8	226813	6174168
9	227665	6173975
10	229011	6174604

4.4 OE N°3: Identificar áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cahuil y su subcuenca aportante.

4.4.1 *Revisión bibliográfica para la identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el humedal Cahuil y su subsubcuenca aportante.*

La recopilación de documentos se realizó en base a una revisión bibliográfica exhaustiva de: publicaciones científicas, literatura nacional e internacional y bases de datos en diversas disciplinas socio ambientales. Los principales estudios revisados fueron en base a las siguientes palabras buscadas (inglés y español): Humedal, Humedal Costero, Humedal Laguna de Cahuil, Salina de Cahuil, Servicio Ecosistémico, Planificación Ecológica).

A partir de lo anterior se construyó una base de datos que priorizó la recopilación de los documentos en formato digital, en su totalidad presentes en formato PDF. Estos documentos fueron agrupados en tres grandes categorías: artículos científicos, tesis y otros documentos.

A continuación, se desarrollan los principales conceptos utilizados en el presente estudio, los que fueron construidos en base a la revisión bibliográfica.

4.4.1.1 Biodiversidad

Para determinar las especies potenciales en el área de estudio, se realizó una consulta bibliográfica sobre Flora y Fauna de Chile Central y presencia potencial en el área de estudio. Se construyó una tabla en donde se tabularon los datos considerando: nombre científico, nombre vernáculo, categoría de conservación y origen de cada especie.

Para la elaboración de la lista potencial se utilizó la siguiente bibliografía:

Fauna

- Aves: (Jaramillo 2005), Ebird (2017).
- Anfibios: (Charrier 2019), (Rabanal y Nuñez 2008),
- Mamíferos: (Iriarte 2008), (Iriarte, A; Jaksic, F 2012)

Flora

- (Reiche 2013)
- (San Martín, Ramírez y San Martín 1992)
- (Rossi y Tur 1976)
- (Hoffmann 1978)

4.4.1.2 Servicios Ecosistémicos

Respecto a los Servicios Ecosistémicos, existen variadas definiciones, clasificaciones y metodologías para su identificación y valoración; sin embargo, para efectos de este informe, se entenderá como tales, lo establecido en el Common International Classification of Ecosystem Services (CICES 2013), definiéndolos como: "Las contribuciones que los ecosistemas ofrecen al bienestar humano (Haines-Young, R., Potschin, M. 2010)". Estas contribuciones son el producto directo de las interacciones entre los procesos de lo biótico con lo abiótico. Se realizó una revisión bibliográfica sobre las actividades socio ecológicas vinculadas al humedal a través de estudios ecológicos, geográficos, sociales, antropológicos.

La clasificación es continua y en permanente evolución, en consecuencia, se propone para los futuros trabajos sobre SEs considerar como referencia la clasificación trabajada por CICES, no sólo porque representa el estado del arte en la materia, sino también porque entrega al país la opción de participar en su elaboración y discusión (MMA 2014). Es relevante destacar, que las diferencias no son significativas entre ciertas clasificaciones (*e.g.* CICES v/s TEEB), y tienden en general a coincidir en los aspectos centrales.

De acuerdo con esta clasificación, los productos o servicios que otorgan los ecosistemas son los siguientes:

- 1. Provisión:** Todos los productos nutricionales, materiales y energéticos de los ecosistemas.
- 2. Regulación y Mantenimiento:** Todas las formas en que los organismos pueden mediar o moderar el ambiente que afecta el bienestar humano.
- 3. Cultural:** Todos los resultados no materiales y normalmente no consuntivos, de los ecosistemas que afectan física y mentalmente a las personas.

La Tabla 4-11, presenta los tres niveles principales de clasificación sugeridos por CICES para SEs,

Tabla 4-11 Clasificación sugeridos por CICES para los Servicios Ecosistémicos.

Sección	División	Grupo	
Provisión	Nutrición	Biomasa	
		Agua	
	Materiales	Biomasa, fibra	
		Agua	
	Energía	Fuentes de energía de biomasa	
		Energía mecánica	
Regulación y Mantenimiento	Remediación de residuos, sustancias tóxicas y otras molestias	Remediación vía organismos biológicos	
		Remediación vía ecosistemas	
	Mediación de flujos	Flujos de masa	
		Flujos líquidos	
		Flujos gaseosos/aire	
	Mantenimiento de las condiciones físicas, químicas, biológicas	Mantenimiento de ciclo de vida, hábitat y protección de material genético	
		Control de plagas y enfermedades	
		Composición y formación del suelo	
		Condiciones del agua	
		Regulación del clima y la composición atmosférica	
	Cultural	Interacciones físicas e intelectuales con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos	Interacciones físicas y experienciales
			Interacciones intelectuales y de representación
Interacciones de tipo espiritual, simbólica y otras con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos		Espiritual o emblemáticos	
		Otros productos culturales	

De esta forma, se reconoce que los beneficios derivados de los SEs se distinguen siempre que exista una contribución al bienestar humano, lo que dependerá de distintas barreras de acceso, como muestra la Figura 4-16 Cascada de servicios ecosistémicos. En recuadro azul se listan las barreras de acceso potenciales para cada uno de los eslabones del proceso. Extraído y modificado de (Berbéz-Blázquez 2017).

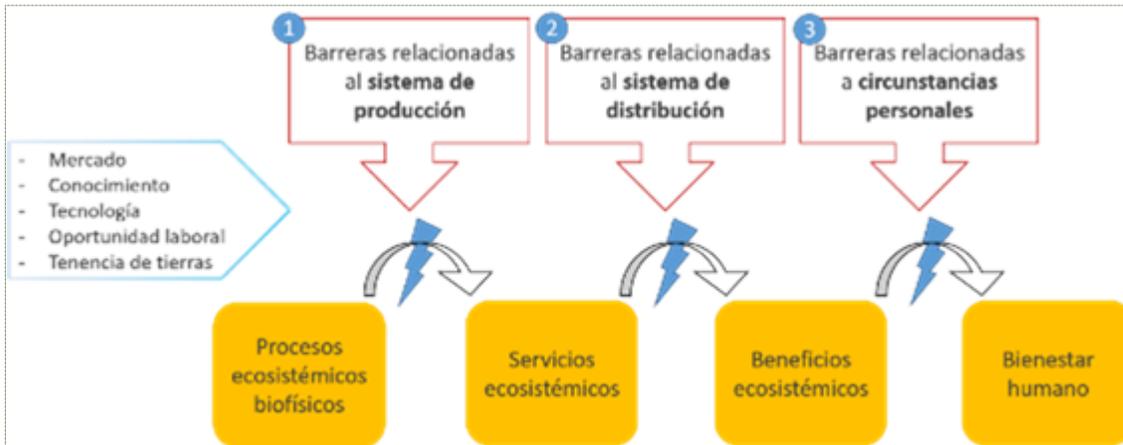


Figura 4-16 Cascada de servicios ecosistémicos. En recuadro azul se listan las barreras de acceso potenciales para cada uno de los eslabones del proceso. Extraído y modificado de Berbés-Blázquez et al., 2017.

Es importante considerar que la información recopilada puede estar representada por estudios sectoriales que no entregan una mirada global del territorio. Por ello, el enfoque de SEs plantea una posibilidad concreta de ampliar los criterios actuales de conservación, incluyendo desde las funciones ecológicas hasta el bienestar humano (cascada de SEs). De esta forma, para comprender los SEs presentes en el Humedal Laguna de Cahuil resulta necesario un levantamiento de información bajo un enfoque socio-ecológico, para lo cual esta información constituye un marco referencial, que debe ser ajustado a través de los talleres participativos, los que serán descritos posteriormente.

4.4.1.3 Clasificación de los Sistemas Hídricos Locales

A lo largo de la cuenca se identifican diversos sistemas ecológicos cada uno de ellos con distintas propiedades tanto ecológicas como sociales y productivas, no obstante, cada ecosistema es dependiente uno de otro, siendo esto importante al momento de construir un manejo adecuado de la cuenca. Debido a esta interacción a gran escala y diversa, es que se clasificaron los sistemas hídricos según el centro de la presente investigación.

La cuenca del Estero Nilahue se clasificó en 3 tipos de sistemas hídricos, con la finalidad de identificar posteriormente y con precisión los servicios ecosistémicos y sus presiones. Estos fueron unidos con los insumos obtenidos de los objetivos planteados anteriormente (4.2OE N°1: *Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cahuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.*), para entregar de forma completa el análisis de la situación hidrográfica de la cuenca.

4.4.1.4 Mapeo de Áreas Relevantes para la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Como parte de este estudio, se realizó un mapeo de aquellas áreas importantes para la biodiversidad asociadas a cada una de las áreas delimitadas en el Humedal Laguna de Cáhuil. Estas fueron identificadas y mapeadas a través de los antecedentes primarios y secundarios recopilados en las etapas anteriores.

El mapeo utilizó el modelo conceptual adaptado de ECOSER (Latterra et al 2015), donde las Funciones Ecosistémicas se integran en Servicios Ecosistémicos y luego en coberturas de suelo o estructuras del paisaje (matriz de transferencia). Cada función puede aportar a uno o varios SE, del mismo modo cada cobertura puede aportar a una o más funciones. Sobre la información recopilada se podrán generar acciones para conservar o restituir aquellos servicios ecosistémicos primordiales para el funcionamiento regular del sistema.

Al utilizar esta metodología, el análisis se realiza desde un contexto territorial, tomando en consideración las amenazas que sufren tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos que ella provee, abordando la cadena completa en que se inserta un bien ambiental, para llegar al corazón del problema en un territorio determinado y proponer una intervención factible de realizar y de alto impacto.

4.4.2 Validación y Rectificación de resultados de identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos, a partir de validaciones en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.

Ecólogos y sociólogos coinciden en que, para revertir algunos de estos procesos degradativos, es necesario aceptar el rol de las sociedades humanas en la estructuración de los sistemas naturales e incorporarlas tanto como componentes como co-manejadores (Marín, Delgado y Vila 2006). A estos sistemas les han llamado sistemas socio-ecológicos, los cuales se definen como unidades biogeofísicas, a las que se asocian uno o más sistemas sociales delimitados por actores sociales e instituciones (Ostrom 2009).

El presente modelo metodológico, propone para abordar la gestión de los recursos hídricos del Humedal Laguna de Cáhuil y la cuenca aportante, el análisis de los servicios ecosistémicos a través de un enfoque integral, entendiendo que el involucramiento de los distintos actores que interactúan en un territorio es relevante para la implementación de soluciones efectivas. La mirada científica, la opinión de las instituciones y la vivencia de la comunidad local son incluidas en este modelo, a través de la realización de talleres e instancias de participación innovadoras.

Dentro de este contexto socio ecológico, se fueron construyendo los siguientes pasos: 1) Campaña de terreno, 2) Identificación de Actores Claves y Establecimiento de Equipos de Trabajo y 3) Instrumentos de recolección de datos.

4.4.2.1 Campaña de Terreno

En enero del 2021, se realizó una campaña de terreno, en la que se realizó un muestreo de la fauna y flora presente en el área de estudio. Esta fue identificada *a priori*, previa revisión de la bibliografía y resultados de los análisis en los capítulos anteriores. A continuación, se describe la metodología utilizada para la identificación de la fauna y flora.

4.4.2.1.1 Fauna

Se generó un registro para algunas taxa relevantes de fauna a través de puntos de muestreo antes identificados según revisión bibliográfica utilizando metodologías visuales y auditivas. El objetivo general de esta actividad fue validar la presencia o ausencia de las aves, anfibios y otras taxa que se consideraron relevantes para este estudio.

Se utilizaron diferentes técnicas metodológicas para identificar las diferentes especies de cada taxa y verificar los cambios y efectos de las prácticas de manejo en hábitats y poblaciones de fauna silvestre (Gibbs 2000). Estas permitieron determinar la riqueza de las especies de fauna registradas en el área de estudio. A continuación, se describen las distintas metodologías para las distintas clases de vertebrados

a. Aves

▪ Punto de Observación en 360

Para las aves se utilizó el método de conteos puntuales o puntos de observación en 360°, debido a su eficacia cuantitativa. Este método no tan solo permite el registro de aves paseriformes, sino que además es adecuado para otras especies.

El punto de observación en 360 consiste en generar conteos en puntos predefinidos a los cuales se ingresa causando la mínima perturbación para no alterar la densidad de aves en el lugar (Bibby, et al; 1993; Ralph, J; et al; 1996; Sutherland, Newton y Green 2004). Se debe esperar cinco minutos antes de comenzar el conteo, para que la actividad de las aves vuelva a la normalidad luego de la perturbación efectuada.

Posteriormente se registró durante los siguientes cinco minutos a todos los individuos detectados en un radio de 50 metros (Sutherland, Newton y Green, op cit), obteniendo así la abundancia relativa.

Los conteos fueron realizados, durante las primeras horas del día, período en que las aves presentan la mayor actividad. Para el conteo se utilizaron binoculares modelo Nikon Aculon 10 x 42, una cámara fotográfica marca Sony DSC-W830B y una libreta de campo.

- Censos

En aquellos cuerpos de agua estancada y con clara delimitación de sus bordes, se realizó la metodología de censos. Esta consistió en registrar todas las aves desde un punto fijo, mediante un telescopio terrestre de largo alcance y contabilizando a todos los ejemplares presentes en una unidad de ambiente (Telleria 1986)

- Playback Aves nocturnas:

Se utilizó la metodología de reproducción de vocalizaciones o cantos de llamado de las aves nocturnas, el cual consiste en la reproducción de cantos territoriales de aves en un parlante para esperar su respuesta, indicando su presencia o ausencia en el territorio.

Este método estimula la respuesta territorial de las aves, ya que éstas reaccionan al canto del intruso e intentará expulsarlo. La emisión de las vocalizaciones fue de un minuto, con tres a cinco minutos de intervalo, entre una reproducción y otra con el fin de escuchar alguna respuesta de la especie objetivo.

Los materiales utilizados para esta actividad fueron: parlante inalámbrico conectado a un reproductor digital, una linterna de 200 lumens, una cámara fotográfica Canon PowerShot SX50 HS y una libreta de campo para anotar las especies observadas o escuchadas. El playback se realizó a partir de la puesta de sol. Las especies registradas con este método fueron excluidas del cálculo de abundancia, debido a la imposibilidad de obtener un dato preciso del número de individuos, por lo que solo se utilizaron como un indicador de presencia.

- Metodología Playback:

Esta metodología evaluó la presencia o ausencia de anfibios en los puntos de muestreo. Se emplearon reproducciones de llamado en búsqueda de respuesta o "play back" durante el anochecer (Fuller y Mosher 1981) a través de las grabaciones de Penna,(2005) para la comunidad de anfibios.

Las vocalizaciones de cada especie fueron emitidas durante 30 segundos, con un tiempo de escucha de 30 segundos, esto se repitió tres veces para cada una de las especies. Esta metodología se utiliza con el fin de evaluar la presencia o ausencia de anfibios en el sitio de estudio.

4.4.2.1.2 Flora

Posterior a la revisión bibliográfica y a los resultados de los objetivos anteriores, se ubicaron y seleccionaron los puntos de muestreo, tomando como factor relevante; la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a esta.

Se realizó una exploración botánica, dirigida en el área de estudio con la que se pudo recopilar información referente a: diversidad (flora), composición (vegetación) y categorías de estado de conservación, con énfasis en las especies de vegetación azonal (de humedales).

El levantamiento de información propia de la flora vascular que compone las comunidades vegetales de las áreas de estudio se realizó mediante una modificación del método de área mínima definido por (Braun-Blanquet 1964). La unidad de muestreo correspondió a 3 transectos de inventario florístico de tamaño fijo. Las dimensiones fueron definidas de acuerdo con, las características estructurales de la vegetación presente en el área y la superficie de muestreo y fisiografía del lugar, mientras que, el número de inventarios florísticos se estableció sobre la base de los tipos de ambientes detectados en las etapas anteriores (Acápites 5.2 y 5.3). Se Incorporarán al catálogo florístico las especies vegetales no percibidas en los inventarios anteriormente descritos en estudios. La identidad taxonómica de las especies registradas se basó en la literatura botánica especializada, como, por ejemplo: Monografías, textos botánicos relacionados, trabajos florísticos en zonas afines, revisiones, notas taxonómicas y sinopsis taxonómico-sistemáticas de los grupos requeridos.

La diversidad y composición florística se expresó mediante la presentación de un catálogo o listado florístico. El catálogo, se complementó con la posición sistemática, hábito o fisonomía, origen fitogeográfico y categorías de estado de conservación. La posición sistemática, nomenclatura taxonómica, hábito y el origen fitogeográfico para los taxa sigue principalmente al Catálogo de las Plantas Vasculares de Chile (Rodríguez *et al.*, 2018) y el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga *et al.*, 2009).

Las categorías de estado de conservación se asignaron según la literatura concerniente. Considerando la legislación vigente a nivel nacional a saber: Benoit, (1989); Decretos Supremos de Minsegespres (N.º 151/2007; N.º 50/2008; N.º 51/2008, N.º 23/2009) y Ministerio de Medioambiente (N.º 33/2011, N.º 41/2012, N.º 42/2012, N.º 19/2013, N.º 13/2013 , N.º 52/2014, N.º 38/2015, N.º 16/2016, N.º 6/2017 y N.º 79/2018), adicionalmente se consultarán las propuestas científico-técnicas mencionadas en el boletín número 47 de MNHN (Núñez *et al.*, 1998) para ciertos grupos de especies vegetales de interés (Pteridophyta: Baeza *et al.*, 1998; Geófitas: Ravenna *et al.*, 1998 y Cactaceae: Belmonte *et al.*, 1998)

La identificación y clasificación de las especies, fue según los ambientes identificados y la información bibliográfica levantada anteriormente.

4.4.2.2 Identificación de Actores Claves y Establecimiento de Equipos de Trabajo

La identificación de los actores de un territorio es el proceso que se utiliza para identificar las partes interesadas relevantes y evaluar sus intereses en el proceso de un proyecto (Grimble y Wellard 1997).

Según (SERMANAT s/a), los define como como *“aquellos individuos cuya participación es indispensable y obligada para el logro del propósito, objetivos y metas del proyecto en cuestión. Estos, tienen el poder la capacidad y los medios para decidir e influir en campos vitales que permitan o no el desarrollo del proyecto. En algunos casos, pueden manifestar un interés directo, explícito y comprometido con los objetivos y propósitos de este”*

Algunas de las características que presentan los Actores Clave del territorio en estudio:

- Forman parte de la sociedad asentada en el área de implantación del proyecto y representan intereses legítimos del grupo.
- Tienen funciones y atribuciones en relación directa con los objetivos del proyecto.
- Disponen de capacidades, habilidades, conocimiento, infraestructura y recursos para proponer, atender y solventar problemas científico - técnicos.
- Cuentan con mecanismos de financiamiento o donación de recursos.
- Tienen capacidad de gestión y negociación con los diversos agentes y/o niveles gubernamentales que permiten construir consensos y acuerdos

Los pasos para la identificación de los Actores Claves, se establece en varias etapas. Debe desarrollarse alternadamente en terreno y gabinete, con el propósito de registrar, complementar y corroborar información buscándose con ello la mayor objetividad posible. La selección de los actores claves, se desarrollará en base a los pasos dispuestos en la Figura 4-17

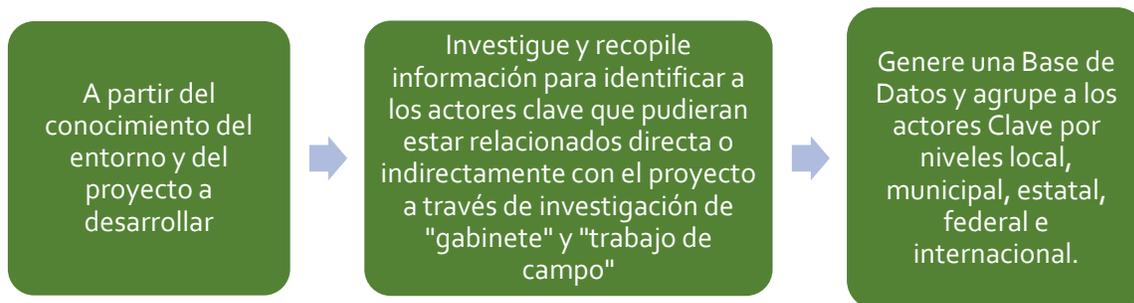


Figura 4-17 Pasos para la identificación de actores clave. Fuente: SERMANAT

En base a esta definición y en una primera instancia, la coordinación del “Proyecto GEF Conservación Humedales Costeros Cáhuil”, entregó una lista con los actores que participan en el Comité Técnico Local. Este Comité es la instancia oficial de participación y comunicación entre el proyecto GEF con los servicios públicos, sociedad civil, universidad.

Al existir en el territorio, un Comité Técnico Local vinculado con el proyecto, estos actores son los primeros en incorporarse al análisis del estudio. Simultáneamente y en la búsqueda de información sobre los usos del territorio, se identificaron actores vinculados con el Humedal, líderes/sas naturales, o representantes de organizaciones de ámbitos sociales, culturales y de educación, quienes además de entregar información valiosa, poseen habilidades comunicativas y credibilidad dentro de la comunidad, lo cual permite a su vez llegar a otras personas importantes a considerar en el estudio. Dicho comité, se reúne periódicamente con el objetivo de supervisar y apoyar las actividades desarrolladas en el Humedal Laguna de Cáhuil. La lista preliminar de actores se muestra en la Tabla 4-12

Tabla 4-12 Lista Preliminar de Actores vinculados con el territorio en estudio (Fuente: GEF Cáhuil).

Categoría	Institución/Afiliación	Nombre	Correo
Servicios públicos/Organismos del Estado	Gobierno Regional O'Higgins	Ana Verónica Pomfrett	veronica.pomfrett@dellibertador.gob.cl
		Montserrat Camila Larrosa	montserrat.larrosa@dellibertador.gob.cl
		Eduardo Cornejo	eduardo.cornejo@dellibertador.gob.cl
	SEREMI de Bienes Nacionales O'Higgins	Constanza Espinoza Vargas	cespinozav@mbienes.cl
		Milton Cerna Araya	mcerna@mbienes.cl
		Cristian Villegas	cvillegas@mbienes.cl
	Dirección Regional CONAF	Paulo Albornoz Ocaranza	paulo.albornoz@conaf.cl
		Almoré Pinar Moreno	almore.pinar@conaf.cl
		Marcelo Cerda	marcelo.cerda@conaf.cl
	Dirección Regional DGA	José Goycoolea González	jose.goycoolea@mop.gov.cl
		Dayana Aravena	dayanna.aravena@mop.gov.cl
	Dirección Regional SAG	Tomás Contreras Cerón	tomas.contreras@sag.gov.cl
		Luis Rodríguez	luis.rodriguez@sag.gov.cl
		Manuel Díaz Cifra	manuel.diaz@sag.gov.cl
	Dirección Regional DOP	Christian Wunderlich	christian.wunderlich@mop.gov.cl
Solange Morales Muñoz		solange.morales@mop.gov.cl	
Gobernación Cardenal Caro	Carlos Ortega Bahamondes	cortegab@interior.gov.cl	

Categoría	Institución/Afiliación	Nombre	Correo
		Tobías Acuña Casillas	tacuna@interior.gob.cl
	SEREMI de Minería O'Higgins	Manuel Cuadra	mcuadra@minmineria.cl
	Unidad Regional SUBDERE	José Reyes	jose.reyes@subdere.gov.cl
	Municipalidad Pichilemu	Roberto Córdova	alcalde@pichilemu.cl
		Macarena Cornejo	medioambiente@pichilemu.cl
		Dante Cornejo	admun@pichilemu.cl
	SEREMI de Medio Ambiente O'Higgins	Rodrigo Lagos	rlagos@mma.gob.cl
		Verónica González	vgonzalez.6@mma.gob.cl
	Dirección Regional SERNATUR	Josefina Sáez	jsaez@sernatur.cl
		Enzo Martínez	emartinez@sernatur.cl
	Capitanía de Puerto	Benjamín Schnidt Koch	bschmidt@dgtm.cl
		Patricio Concha	pconcha@dgtm.cl
		Alejandra Pereira	apereira@dgtm.cl
	Dirección Regional SERNAPESCA	Dionisio de la Parra	ddelaparra@sernapesca.cl
Nancy Huerta		nhuerta@sernapesca.cl	
Comunidad local	Agrupaciones de La Balsa, Club Deportivo y Adulto Mayor Cáhuil	Claudia Reyes	claudiareyescatalan1234@gmail.com
		Patricio Campos	camposcatalanp@gmail.com
		Rosa González	mercedesgonzalez@gmail.com
		Sergio Reyes	sergiogb2017@gmail.com
	Cámara de Turismo Rural y Agrupación Muelle Cáhuil	Marta Mendoza	martajael@estuario.cl
		Sebastián Arenas	amau.arenas@gmail.com
		Miguel Córdova	miguelcordova@estuario.cl
	Juntas de Vecinos de Cáhuil N° 3 y Barrancas	Luis Polanco	
		Luis Guajardo	
	Salineros, Boteros y Pescadores de Cáhuil	Marco Labarca	
		Jaime Drago	dragomorales@hotmail.com
	APR Cáhuil	Ricardo Martínez	aprcahuil@yahoo.es
		José Ahumada	
Martín Araya			

Categoría	Institución/Afiliación	Nombre	Correo
	Junta de Vecinos de Villa Esperanza	Luis Carvajal	reservas@piedragrande.cl
		Alfredo Toledo	toledocorrealfredo@gmail.com
		Haydé López	haydeemargarita38@hotmail.com
	Corporación para la preservación de la laguna Cáhuil	Javiera Araneda	jav.araneda.a@gmail.com
Sector privado	ESSBIO	Leonardo Meza	leonardo.meza@essbio.cl
		Carmen Núñez	Carmen.Nunez@essbio.cl
	Forestal		
	Agrícola		
Tercer sector: Academia/investigadores/ONGs	Universidad O'Higgins	Gabriel Arriagada	gabriel.arriagada@uoh.cl
		Jorge Medina	jorge.medina@uoh.cl
	ONG Centro de Desarrollo Sustentable de Pichilemu-CEDESUS	Caduzzi Salas	c.salas@cedesus.cl
		Álvaro Yavar	a.yavar@cedesus.cl
	Agrupación Cultural y Educación	Antonia Lara	arteantonalarag@gmail.com
		Paulina Olguín	paulinaolguinahumada@gmail.com

La lista de los actores se clasificó según la metodología ROAM. Esta se basa en la relación del actor con el proyecto, como con el territorio. La Figura 4-18, muestra la clasificación en tres tipos de participantes (UICN 2014).

- **Participantes primarios (o directos):** tienen un interés en el recurso ya sea porque dependen de él para su subsistencia o porque están directamente involucrados en su uso (agricultores, ganaderos, recolectores de productos forestales y empresas privadas que operan en el área a evaluar.
- **Participantes secundarios (o indirectos):** tienen un interés más indirecto, tales como los que participan en instituciones u órganos que gestionan el recurso, o bien, aquellos que dependen – al menos en parte – de los ingresos u oportunidades de negocios ofrecidas por dicho recurso. Este tipo de participantes podría incluir a órganos gubernamentales locales, regionales y nacionales con una gran influencia en el bosque y la gestión de la tierra en el área a evaluar.
- **Grupos con algún interés:** son aquellos individuos u organizaciones que no se ven afectadas por el proceso de restauración ni ejercen influencia alguna en éste, pero que tienen un interés significativo en el resultado (ONG internacionales y nacionales)

interesadas en la protección ambiental, la conservación de la biodiversidad y la reducción de la pobreza.

Luego de la clasificación de los actores, se construirá un mapa donde se visualice el tipo de relación que existe entre ellos y con el territorio a través del Programa SMAPLY³

A partir de la muestra se seleccionaron dos tipos de muestreo uno cuantitativo y otro cualitativo.

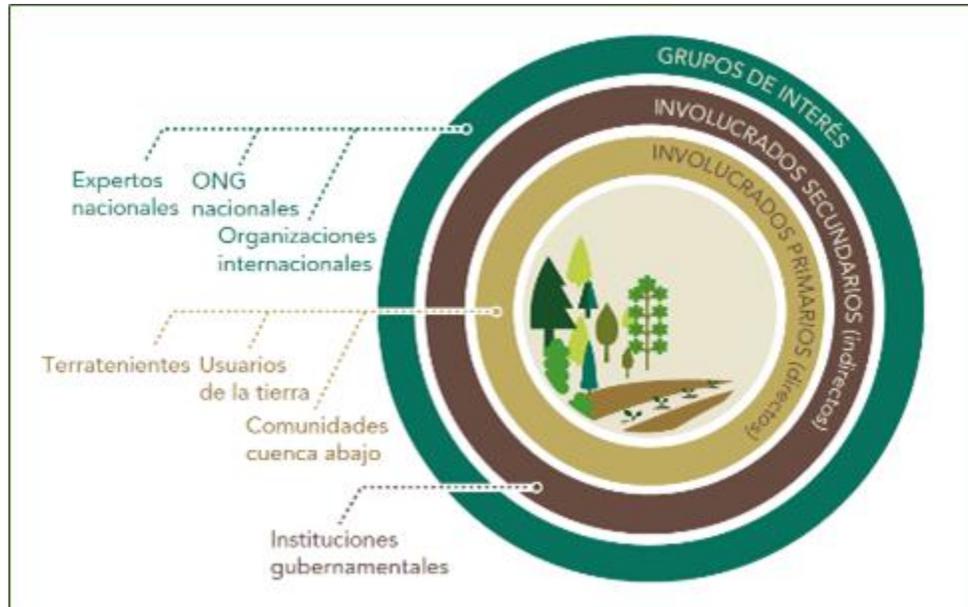


Figura 4-18 Grupos típicos de participantes pertinentes a la aplicación de ROAM (UICN y WRI, 2014).

Además, a cada actor contactado se le consultó por referencias de otros actores que él cree que pudiera estar interesado o tenga alguna conexión con la creación de la zona protegida. Esta metodología es conocida como bola de nieve y permite también reconocer conexiones entre los actores identificados.

Con el fin de organizar la información de manera eficiente y que sea de utilidad, se realizó una encuesta breve, la cual fue aplicada por correo electrónico, por teléfono o de manera personal. A través de esta, se recopilaron los datos en una ficha (Tabla 4-13), las que reunieron información referente a: tipo de actor, institución a la que representa, contacto (correo electrónico y teléfono), y los intereses/acciones que tienen en el Humedal Laguna de Cáhuil. En el siguiente enlace (<https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdQgeFaDDiw7qVd3YilCQ?e=sHwxOn>)

Tabla 4-13 Ejemplo de sistematización de información de actores clave. Fuente: Elaboración propia.

³ Versión de prueba

Nombre	Teléfono	Correo electrónico	Institución o sector al que pertenece	Cargo	Interés	Tipo de actor	Iniciativas de protección, restauración o manejo sustentables locales que conozca

4.4.2.3 Instrumentos de recolección de datos.

Respecto a las metodologías de recolección de datos, estas se fueron reestructurando de acuerdo con la situación sanitaria nacional, regional y local. A continuación, se describen las distintas metodologías para la recolección de datos en este primer acercamiento: Se realizaron Talleres participativos y encuestas semi estructurada. Estas fueron implementadas de forma personal como *on line*.

4.4.2.3.1 Talleres Participativos

Durante todo el proceso del proyecto, se realizaron 4 (0-3) Talleres Participativos, a los que fueron invitados las/los integrantes del Comité técnico Local, participando en reuniones virtuales como presenciales según la contingencia.

Debido a la situación de cuarentena, se realizaron las entrevistas mediante uso de tecnologías (Plataforma virtual Zoom), las que fueron marcando la diferencia en la participación de los distintos actores. En los talleres virtuales y encuestas *on line*, la participación de los actores locales fue disminuyendo, situación que fue analizada por los consultores y proponiendo una nueva estrategia.

Es así como, frente a esta realidad y brecha tecnológica identificada, un consultor visito Cáhuil para dejar personalmente, casa por casa y en el comercio local, la encuesta impresa, con el compromiso de enviarla ya sea mediante una foto por Whatsapp o enviarla a través de otra persona.

A continuación, describen las estrategias de recolección de datos para fines de esta investigación y se presentan los talleres realizados junto a sus objetivos:

- **Taller N° 0:**

Fecha	6 de noviembre 2020
Lugar	Restaurant Salinas de Cáhuil.
Objetivo	Taller N° 0: Realizar una validación de áreas relevantes para la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, a través de la metodología de Mapeo participativo con habitantes de Cáhuil
Metodología	

Se conversó en torno a un mapa construido de forma preliminar **Figura 4-19**, con la información recopilada en las etapas anteriores, siendo el resultado de espacialmente explícito resultante sobre: Áreas relevadas como importantes para la biodiversidad y los SE que estas proveen. Los asistentes siguiendo las normas sanitarias se ubicaron de forma distanciada (mínimo cada 1,5 metro)⁶

La cartografía fue validada a través de las opiniones y percepciones de los actores sobre el humedal en general. Además, los actores identificaron elementos que consideraron faltantes en la cartografía provista (**IFAD 2009**), como, por ejemplo: lugares de importancia cultural, comercial, social. Peligros y amenazas. Iniciativas de restauración, conservación o manejo sustentable. Sitios de importancia para la biodiversidad y áreas proveedoras de los SE. Esta instancia fue realizada para aquellos actores que no fue posible participar en las instancias virtuales debido a impedimentos de conectividad o de conocimiento de las plataformas, se realizarán conversaciones presenciales individuales siguiendo las medidas de seguridad recomendadas por la autoridad sanitaria.

Los resultados del taller fueron recopilados y la información espacialmente explícita será sistematizados en cartografías digitales

Minuta Taller: <https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdOgfEkX-f3mLVMcydW6Q?e=L2gPlk>

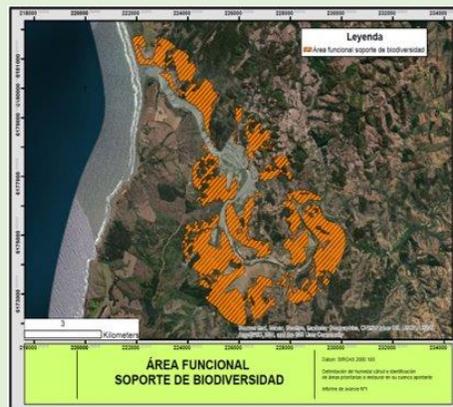


Figura 4-19 Mapa utilizado en el Taller N°1 para la validación y recolección de información

▪ **Taller N° 1:**

Fecha		21 de enero 2021
Lugar	Plataforma Zoom	
Objetivo	Taller N° 1: Realizar una validación de áreas relevantes para la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, a través de la metodología de Mapeo participativo con organismos públicos	
Metodología		
Se validó la cartografía fue construida a través de los objetivos antes expuestos. Esta además fue validada a través de las opiniones y percepciones de los organismos públicos sobre el humedal		

en general. Además, los actores identificaron elementos como: recursos disponibles y sus usos. lugares de importancia cultural, comercial, social, presiones, sitios de importancia para la biodiversidad, áreas proveedoras de los SE

Para este taller se utilizó la plataforma virtual como Zoom, en la cual los facilitadores guiaron a los participantes a discutir en torno a un mapa virtual utilizando la metodología Mymaps (**Figura 4-19**).

Minuta Taller: <https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdQgfElQANDI-sIqFywXA?e=XoDc1g>

4.4.2.3.2 Encuesta semiestructurada

Se recopilaron datos primarios relacionados al territorio y sus habitantes, a través de una encuesta semi estructurada, la que de forma cualitativa y cuantitativa recolecta información, evalúa las percepciones y actitudes cotidianas de las personas, alternando preguntas estructuradas con preguntas espontáneas, de forma que se genere una conversación fluida, permitiendo una mayor libertad y confianza para entregar información. Esta encuesta contuvo los ítems que se desarrollan en la Tabla 4-14. La encuesta en su totalidad se encuentra en Anexo <https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdQgfl2epn467Engy1PmQ?e=ZAXWOt>

Tabla 4-14 Ítems incluidos en la encuesta semiestructurada aplicada.

Ítem	Información
Antecedentes Generales del entrevistado/a	Familias o individuos representativos que habitan o se relacionan con el Humedal Laguna de Cáhuil y utilizan o utilizaban los recursos naturales del sector.
Identificación	<ul style="list-style-type: none"> •Recomendados por los informantes clave •Muestreo en cadena. •Muestreo de pobladoras/es al azar que habitan cerca del humedal
¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> •En su vivienda •En el pueblo •En su lugar de trabajo
¿Cuándo?	Durante las actividades de trabajo de campo/ on line/impreso
Información proporcionada	<ul style="list-style-type: none"> •Información sobre la población local (uso histórico del humedal, cultura). • Información general sobre los usos del suelo, salinas, pesca, boteros, cultivo de ostras, agricultura, ganadería, productos y servicios que presta el Humedal Laguna de Cáhuil. • Cambios temporales en los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que presta el Humedal. Como, por ejemplo: uso de la tierra, biodiversidad y sustento, especies invasoras y amenazadas, barra de arena. •identificación de áreas degradadas

Ítem	Información
	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones para su restauración • Conflictos en el uso y accesibilidad a los servicios y productos
Percepción y Valorización	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre humedales • Actitudes y Percepciones generales sobre el Humedal Laguna de Cáhuil y su uso • Valorización de los servicios ecosistémicos ofrecidos por los Humedales

Con el objetivo de validar la información recolectada, se planificaron Talleres participativos y un terreno con habitantes de Cáhuil a lugares con interés para la conservación de la biodiversidad. No obstante, debido a la contingencia sanitaria, la validación de la información fue realizada a través de talleres utilizando herramientas tecnológicas (Zoom, Meet).

4.4.3 Identificación de los instrumentos planificación territorial (LPT) disponibles y vigentes atingentes al área de estudio, y revisión de su coherencia con los resultados obtenidos de delimitación, coberturas y usos de suelo, áreas de relevancia biológica y áreas proveedoras de servicios ecosistémicos.

Se identificaron los IPT concurrentes al área de estudio, se analizaron tanto sus respectivas ordenanzas o decretos como sus Memorias Explicativas y las estrategias de desarrollo a la cual responden (Ej. Pladeco y Estrategia Regional). Las primeras para abordar los planes desde su lado normativo, y las segundas para analizarlas desde el punto de vista más discursivo, esto con el fin de examinar los antecedentes y especificaciones consideradas por las instituciones encargadas de su realización (Municipalidades, Seremis, etc.) de forma más general.

Se solicitó vía transparencia las cartografías de los IPT y se realizó una sistematización cartográfica de estos. El proceso de sistematización consideró sistematización de los usos de suelo propuestos para las diferentes zonas de forma de contrastar sus definiciones con los resultados y delimitaciones obtenidas en el presente estudio, en específico con respecto a los resultados del objetivo 1 y 2.

De igual forma se identificó de forma cartográfica, las áreas en las que están proyectados distintos usos productivos o por el contrario que han sido incorporadas en los distintos elementos de planificación territorial como áreas verdes o de importancia ecológica.

Se realizó un análisis general del contexto en el que se enmarcaron los instrumentos, destacándose en este aspecto también el modelo de desarrollo vigente para la zona, de modo de identificar las visiones a nivel general de lo que se buscaba lograr en el territorio y de la consideración de los servicios ecosistémicos en estas.

Por último, se analizó para cada instrumento de planificación identificando las sinergias positivas y negativas de cada IPT con las delimitaciones y resultados del presente estudio. Para ello se construyó una matriz como la que se ejemplifica en la Tabla 4-15

Tabla 4-15 Matriz de análisis de IPT.

Nombre del IPT	Alcance Territorial	Organismo titular	Descripción del IPT en el área de estudio	Relación del IPT con los objetos de conservación

Finalmente, la Identificación de las áreas importantes para la biodiversidad, se planificó de acuerdo con los resultados obtenidos y validados por los distintos actores sobre; **Identificación de Servicios Ecosistémicos, Importancia Ecológica de la Flora y Fauna.**

La elaboración y análisis de mapas temáticos, utilizando la vegetación como indicadora de factores y procesos físicos del ambiente y como evidencia del estado de conservación de los ecosistemas, constituye una herramienta fundamental para la planificación sustentable del territorio (Cavallaro, Nicosia y Fontanero 2010)

La Importancia Ecológica de la vegetación se modeló a partir de los indicadores de la Tabla 4-16

Tabla 4-16: Indicadores ecológicos para la clasificación de la vegetación

Pristinidad de la Vegetación	bosque nativo + vegetación ripariana + vegetación humedal
Representación de la Vegetación	Superficie + especies en estado de conservación + quebrada
Singularidad de los Ecosistemas	Catastro actualizado + cursos de agua + vegetación azonal + formación dunaria
Integridad de la Vegetación	Superficie singular + superficie plantaciones forestales o agrícolas intensivas

4.5 OE N°4: Identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca utilizando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).

4.5.1 *Revisión bibliográfica y selección de información útil de planificación ecológica a nivel local.*

Ante la complejidad de planificar el territorio y la necesidad de consensuar metodologías que se ajusten a las necesidades globales de restauración de ecosistemas y sustentabilidad, la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) elaboró la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM) (UICN 2014) en el contexto del amplio reconocimiento que han tenido las técnicas de Restauración del Paisaje Forestal para restaurar la integridad ecológica a gran escala y mejorar el bienestar humano.

El proceso de la metodología ROAM consiste en una evaluación por múltiples partes interesadas, lo que brinda la oportunidad de colaboración entre diferentes sectores e instituciones que pueden no haber trabajado juntos previamente. ROAM, se basa en la aplicación *“por pasos y paulatina de una serie de análisis para identificar el mejor conjunto de oportunidades de RPF [restauración de paisaje] aplicables al área en cuestión. Este proceso por pasos está diseñado para ayudar a responder los siguientes tipos de interrogantes”* (UICN y WRI 2014): “¿Dónde es factible social, económica y ecológicamente la restauración? ¿Cuál es el alcance total de la oportunidad de restauración en el territorio/país/región? ¿Qué tipos de intervenciones de restauración son factibles en diversas partes del territorio/país/región? ¿Cuáles son los costos y beneficios potenciales asociados a cada estrategia y opción de restauración? ¿Qué incentivos políticos, financieros y sociales existen o son necesarios para apoyar la restauración? ¿Quiénes son las partes con quienes tenemos que participar?

Las tres principales etapas se observan en la (Figura 4-20):

1. preparación y planeación
2. recolección y análisis de datos
3. resultados y recomendaciones (F)

No obstante, para este te estudio se modifico la estrategia metodológica ROAM cumpliendo la secuencia de la Figura 4-21



Figura 4-20 Fases de Metodología de evaluación de oportunidades de Restauración (ROAM) (IUCN, 2014)



Figura 4-21 Etapas consideradas de la metodología ROAM utilizadas en nuestro estudio

La metodología se enfoca en el paisaje forestal, con el objetivo de restituir la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar humano. Busca fortalecer la resiliencia de los paisajes y crear opciones para optimizar los bienes y servicios de acuerdo con las necesidades los territorios. No obstante, para conocer la situación actual del humedal, se debe saber cuáles son sus límites ecológicos y las zonas de amortiguación.

4.5.2 Identificación de brechas de información.

A través de la revisión bibliográfica y con el fin de realizar el análisis de las brechas de información y de conocimiento existentes, se construirán las prioridades en materia de investigación, gestión y etapas de restauración relacionándolos con los instrumentos de planificación.

El análisis de la información analizada y revisada nos permitió sugerir una serie de medidas para acortar las brechas detectadas y promover un ecosistema sustentable, así como acciones de restauración del humedal en sus distintas zonificaciones para lograr la conservación de los servicios ecosistémicos asociados a este históricamente afectados por diversos procesos de cambio y degradación producto de una gestión que ha sido incapaz de reconocer nuestra dependencia económica, social y espiritual respecto de los ecosistemas (Marquet y otros 2019). En general, las

acciones aquí señaladas permitirán contribuir a una gobernanza eficiente y efectiva y a crear una administración de los socio-ecosistemas del país.

Se abordó como alternativa, el involucramiento de actores clave, como bien lo sugiere que propone ROAM. Esto permitió consultar tanto a habitantes como organismos públicos sobre la información existente. Así mismo, se incluye el levantamiento y verificación de información en terreno, lo que permitió actualizar la información para la Delimitación del humedal Laguna de Cáhuil.

Se construyó un listado de recomendaciones de información requerida en función de los factores ecológicos y socioeconómicos relevantes para la planificación ecológica del área, tomando en cuenta que ROAM está diseñada para trabajar con datos existentes, incluso si son limitados. A partir de esta información se evaluará que factores requieren información adicional a la disponible y analizar las estrategias para abordar vacíos para completar el proceso de definición de áreas prioritarias para restauración y tipos de intervenciones de restauración más pertinentes y factibles de aplicar por área.

4.5.3 Identificación de áreas degradadas prioritarias a restaurar en el humedal Cáhuil y su subsubcuenca aportante, mediante el uso de imágenes satelitales y aplicación de la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).

Los procesos de degradación ecológica pueden desencadenarse a través de una acción, por ejemplo, un detonante puede ser la deforestación y destrucción de la cubierta vegetal, la subsiguiente erosión de los suelos, la sobreexplotación de acuíferos, la sobre irrigación y consecuente salinización de las tierras o la falta de agua.

Generalmente las actividades antrópicas favorecen e incrementan estos procesos como consecuencia de actividades como las actividades productivas intensivas. En esta situación, el suelo fértil y productivo pierde total o parcialmente el potencial de producción. Es desde esta situación es que se piensa en la restauración ecológica. Estas son acciones que se toman para restablecer la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas previo a su degradación por actividades antrópicas (Aronson, Clewell y Moreno-Mateos 2016) . Originalmente el enfoque con el que se abordaba la restauración ecológica apuntaba a la recuperación más fiel posible del estado del ecosistema previo a la perturbación humana, tratando de restaurar condiciones pasadas (Balaguer, y otros 2014) y utilizando como condición de referencia a ecosistemas intactos o silvestres (Weinstein y Day 2014). Actualmente este enfoque ha cambiado, considerando que este es un objetivo idealizado, difícil de lograr y mantener a la vez que se realizan actividades antrópicas dependientes del medio ambiente de las cuales se sustenta el ser humano hoy en día.

La definición espacial de las de zonas degradadas se generó superponiendo los resultados de servicios ecosistémicos y sus amenazas. El procedimiento de realizó a través de un análisis

cartográfico mediante un Sistema de Información Geográfico (SIG) con los criterios que muestra la Figura 4-22

Figura 4-22: Criterios para considerar las zonas degradadas

AREAS DEGRADADAS			
	Criterio	Indicador	Métrica
Pérdida de Áreas importantes para la generación y mantención de SSEE	Pérdida de procesos de regulación	Aumento de sedimentación en áreas no habituales	Desregulación del funcionamiento de la barra
		Crecidas temporales extraordinarias	Inundación de zonas residenciales
	Pérdida de procesos hidrológicos clave	Ausencia de ecosistemas naturales ribereños	Zonas ribereñas sin vegetación nativa (más zona de amortiguación 60 m)
		Ausencia de bosques nativos en cabecera de la cuenca	Cabeceras de subcuencas sin cobertura de bosques nativos
		Incendios Forestales	Áreas sin cobertura de vegetación
	Especies en riesgo de extinción	Especies Amenazadas	Presencia de especies en categoría de conservación (VU, EN, CR) en áreas con usos antrópicos
	Fragmentación	Fragmentación de ecosistemas naturales	Parches de bosque nativo de pequeño tamaño (<100 ha y sometido a efecto borde)

4.5.4 **Validación de resultados de propuesta de áreas prioritarias para restauración con puntos de validación en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.**

4.5.4.1 Instrumentos de recolección de datos.

Para cumplir este objetivo, se realizaron dos intervenciones dirigidas a conocer:

¿Qué tipo de degradación existe? ¿Cuál es el origen de la degradación? - ¿Cuál es su grado?, que sitios piensa se deberían restaurar y que técnicas propone

1. El día 19 de marzo del 2021 a través de la plataforma Zoom, se realizó el Taller N° 4 "Identificación de áreas degradadas y priorización para su restauración en el humedal Cáhuil" utilizando la metodología de Mapeo participativo.
2. Debido a la baja asistencia de personas de la comunidad de Cáhuil al taller vía Zoom. Se construyo una metodología alternativa, con el objetivo de incorporar más opiniones locales.

4.5.4.1.1 *Talleres Participativos*

Durante todo el proceso del proyecto, se realizaron 4 (o-3) Talleres Participativos, a los que fueron invitados las/los integrantes del Comité técnico Local, participando en reuniones virtuales como presenciales según la contingencia.

Debido a la situación de cuarentena, se realizaron las entrevistas mediante uso de tecnologías (Plataforma virtual Zoom), las que fueron marcando la diferencia en la participación de los distintos actores. En los talleres virtuales y encuestas *on line*, la participación de los actores locales fue disminuyendo, situación que fue analizada por los consultores y proponiendo una nueva estrategia. Es así como, frente a esta realidad y brecha tecnológica identificada, un consultor visito Cáhuil para dejar personalmente, casa por casa y en el comercio local, la encuesta impresa, con el compromiso de enviarla ya sea mediante una foto por Whatsapp o enviarla a través de otra persona.

A continuación, describen las estrategias de recolección de datos para fines de esta investigación
A continuación, se presentan los talleres realizados junto a sus objetivos

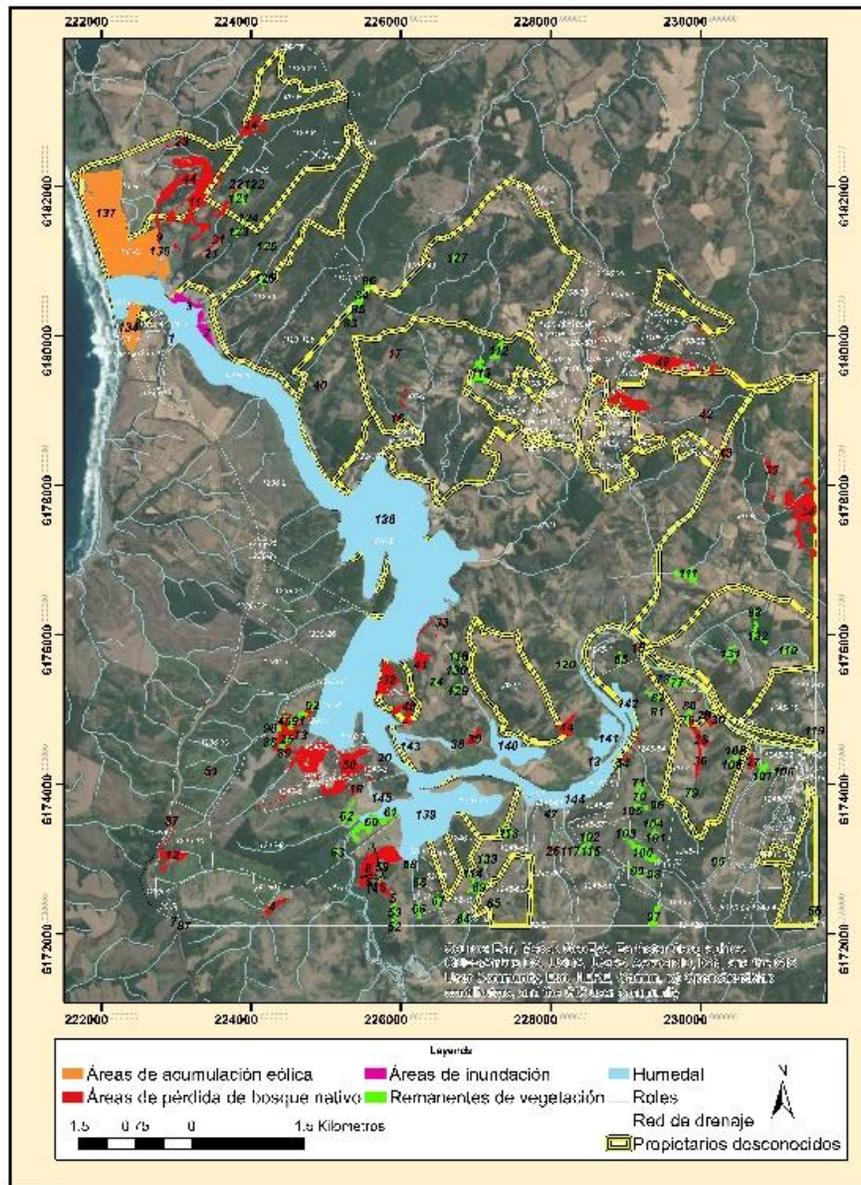
- **Taller N°2**

Fecha	19 de marzo 2021
Lugar	Plataforma Zoom
Objetivo	Esta actividad tuvo como objetivo, generar una retroalimentación y validación de la propuesta para las Áreas Degradadas y Prioritarias para la Restauración del Humedal Laguna de Cáhuil construida por los consultores, con los insumos obtenidos en los talleres, entrevistas y encuestas anteriores. -Categorizar estas áreas de oportunidad (ej. por tipo general de restauración (gran escala, mosaico, de protección), o bien, por prioridad (alta, media, baja).

-Evaluar qué intervenciones de restauración serían las más adecuadas para estas áreas (ej. agroforestería en pendientes pronunciadas, regeneración natural de tierras boscosas, reforestación de zonas riparianas entre otras).

Metodología

A través de la metodología del mapa participativo se validó la **cartografía de oportunidades de restauración**, propuesta en el marco de ROAM (**Figura 4-23**). Esta permitió: Identificar las áreas principales con potencial de restauración dentro del área correspondiente a la evaluación. Categorizar estas áreas de oportunidad (ej. por tipo) general de restauración (gran escala, mosaico, de protección), o bien, por prioridad (alta, media, baja) y se evaluó el tipo de intervención de restauración y cuáles serían las más adecuadas para las áreas identificadas previamente. Además, en este taller se invitó a completar la encuesta *on line* sobre las áreas prioritarias a restaurar (https://docs.google.com/forms/d/1eZFIZooQGUAULo-c-3ZKBoHQtbekDn-n5rIKVaeR_fk/edit#responses)



Grabación Taller N°2: <https://www.youtube.com/watch?v=8KG9JhGQvLs>

Figura 4-23 : Mapa utilizado en el Taller N°2 para la validación y recolección de información

4.5.4.1.2 Encuesta

Como metodología alternativa se construyó una encuesta con el nombre de “**Criterios prioritarios para la restauración del Humedal de Laguna de Cáhuil**” disponible en el Enlace:

https://1drv.ms/b/s!ArG3uXdrbGdQge5yOo_daDodOf1NFw

Esta fue impresa y distribuida personalmente, la que fue acompañada de conversación y difusión de información. Así mismo esta encuesta fue distribuida mediante Google doc para su llenado y enviado.

4.6 OE N°5: Proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria identificada.

4.6.1 Propuesta de priorización para restauración de las áreas degradadas identificadas.

Para lograr este objetivo, se realizará una planificación del territorio la que se obtendrá de la información técnica científica del ecosistema ya generada, fusionada con la priorización de los beneficios que el ecosistema entregaría a las personas a través de los servicios ecosistémicos.

Teniendo como objetivo general del estudio la identificación de las áreas a restaurar para la mantención de los servicios ecosistémicos, las acciones deben apuntar a la determinación de acciones concretas y factibles de realizar y no limitarse a únicamente generar información, respondiendo no sólo a interrogantes del ámbito de la ecología y la biodiversidad, sino que también considerando factores sociales, económicos e institucionales (Knight, Cowling y Campbell 2006)

La conservación biológica, parte del principio del ser humano como parte del ecosistema y no como un ente extraño. Si no se consideran los factores mencionados, la conservación se sostiene en planteamientos y propuestas idealizadas, los cuales difícilmente podrán ser concretados.

De manera general, la planificación de la conservación se rige por tres ejes principales (Knight, Cowling y Campbell 2006)

- **Evaluación de los elementos naturales:** Se refiere a la evaluación de la biodiversidad, las características de los ecosistemas y zonas de planificación, servicios ecosistémicos, etc., entregando información necesaria para responder a la pregunta “dónde y que”.
- **Planificación:** Vincula la información obtenida con las posibles acciones a tomar, desarrollando estrategias que consideran la colaboración de las partes interesadas para comenzar a responder las preguntas “cuándo” y “cómo”.
- **Gestión:** Considera acciones necesarias para mantener y mejorar los beneficios de la conservación para la sociedad, tanto en el sentido de los servicios ecosistémicos como de otros incentivos como, por ejemplo, convenios o acuerdos con las partes interesadas.

Para concretar este objetivo se unió la información recopilada en los objetivos anteriores (1-2-3-4), entendiendo al Humedal como un sistema o cuenca que es habitada por diversos actores con distintos intereses. A partir de esta información se construyó una cartografía con la información catastrada.

4.6.2 Propuesta y valorización de alternativas de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada identificada.

En la propuesta de las alternativas de las áreas a restaurar, se recomienda utilizar técnicas considerando criterios e indicadores biofísicos, socioeconómicos, culturales y políticos.

No obstante, teniendo la información científica técnica analizada, y debido a la metodología propuesta como lo es ROAM. Se propuso la valorización de las alternativas a restaurar a través de una encuesta en la que participaron tanto los organismos públicos, como los integrantes del Comité Técnico Local.

Por factores provenientes de la contingencia sanitaria, la metodología no tuvo el alcance que nosotros en un principio propusimos (talleres participativos). No obstante, esta se fue fortaleciendo a través de las visitas al sector y a la última encuesta que fue entregada mano en mano y la que fue devuelta por distintos medios, tomando como relevancia la metodología ROAM y su nivel de involucramiento con la población local.

Por otra parte, se realizó una priorización de los lugares a restaurar según los niveles de escala de paisaje (Figura 4-24) y según su importancia en la funcionalidad ecosistémica



Figura 4-24: identificación de escala para la restauración ecosistémica según ROAM

4.6.3 Validación de la identificación, priorización y propuesta de alternativas de restauración para áreas degradadas con el Comité Técnico Local de Cáhuil.

4.6.3.1 Instrumentos de recolección de datos.

Respecto a las metodologías de recolección de datos, estas se fueron reestructurando de acuerdo con la situación sanitaria nacional, regional y local. A continuación, se describen las distintas metodologías para la recolección de datos.

4.6.3.1.1 Talleres Participativos

Debido a la situación de cuarentena, se realizaron las entrevistas mediante uso de tecnologías (Plataforma virtual Zoom), las que fueron marcando la diferencia en la participación de los distintos actores.

En el taller, se presentaron los criterios que fueron utilizados para definir la priorización de zonas para la restauración y la cartografía resultante, además, de información útil para ubicarse espacialmente y tener una visión gráfica de la situación de la cuenca a través de los usos de suelos. En segundo lugar, se entregó la cartografía preliminar de priorización de zonas para la restauración y el mapa de ubicación espacial dividida en celdas de 1920 m, donde las filas y columnas se identificaron con números y letras.

Del total de celdas, los participantes debieron elegir solo **12 de ellas** considerando en primer lugar la factibilidad para la restauración y, en segundo lugar, la necesidad de acciones de restauración según su conocimiento propio del área.

De las 12 celdas

a 4 se les otorgó el valor 3 (más alto)

a 4 el valor 2 (medio alto) y a

a 4 el valor 1 (menos alto)

No obstante, en los talleres virtuales y encuestas *on line*, la participación de los actores locales fue disminuyendo, situación que fue analizada por los consultores y proponiendo una nueva estrategia. Es así como, frente a esta realidad y brecha tecnológica identificada, un consultor visitó Cáhuil para dejar personalmente, casa por casa y en el comercio local, la encuesta impresa, con el compromiso de enviarla ya sea mediante una foto por Whatsapp o enviarla a través de otra persona.

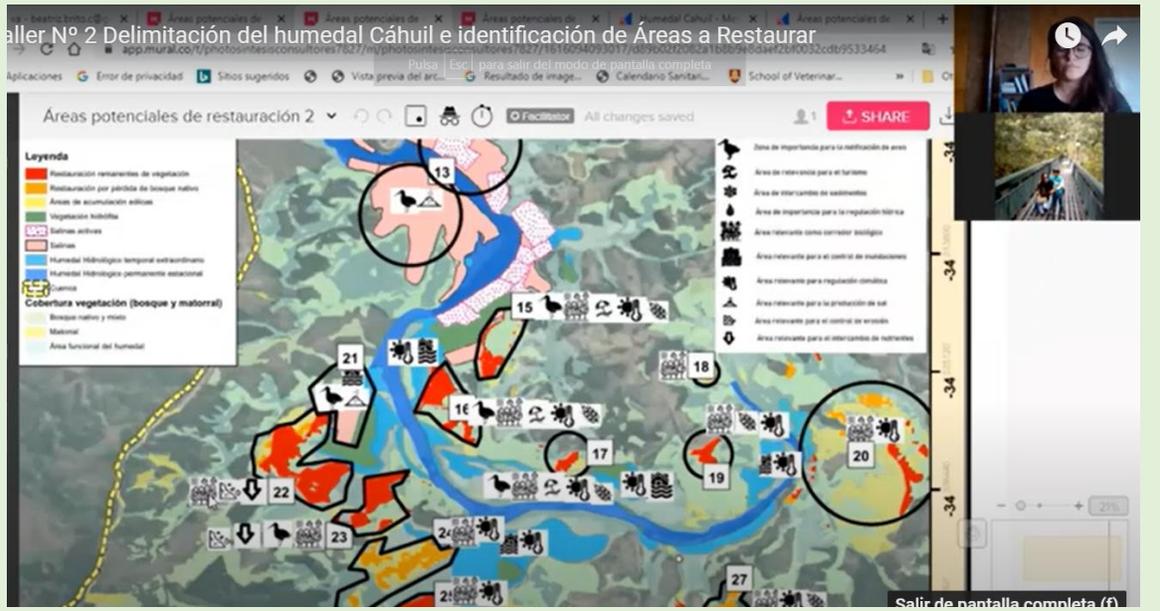
A continuación, describen las estrategias de recolección de datos para fines de esta investigación y se presentan los talleres realizados junto y sus objetivos

- Taller N°2

Fecha	10 de mayo 2021
Lugar	Plataforma Zoom
Objetivo	Propuesta de Delimitación del Humedal Cáhuil e Identificación de Áreas Prioritarias a Restaurar en su cuenca Aportante

Metodología

Presentar propuesta final de delimitación del humedal Cáhuil, propuesta de áreas a restaurar y sus alternativas de restauración en la cuenca Nilahue.



4.6.3.1.2 Encuesta

Para la recopilación de datos de forma participativa se realizó una encuesta con el objetivo de incorporar la participación de las/los actores locales en la identificación de aquellas zonas degradadas (https://1drv.ms/b/s!ARg3uXdrbGdQge5yOo_daDodOf1NFw)

5 RESULTADOS

5.1 OE N°1: Determinar los límites y zonas buffer del Humedal Laguna de Cáhuil a partir de imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por el contratante.

Al analizar cartográficamente las delimitaciones de los humedales existentes, se registran diferencias en su superficie tanto a nivel de cuenca, como en la zonificación del humedal y humedales asociados a la Laguna de Cáhuil (Tabla 5-1).

Tabla 5-1 Diferencia en superficie de humedales según zonificación

Capa cartográfica	Superficie de humedales Cuenca del Nilahue (Hectáreas)	Superficie humedal Cáhuil (Hectáreas)
Inventario humedales 2015	564.6	268.7
Inventario humedales 2020	1028.6	501.2
Catastro recursos vegetacionales 2013	911.4	736
Cobertura de suelo (GEP- Universidad de Chile)	297	279.1

Las principales diferencias se observaron en la delimitación de la Laguna de Cáhuil propiamente tal, y en el meandro del río Nilahue. Ambas zonas debido a su estructura y funcionamiento tienen elementos de importancia para la provisión de servicios ecosistémicos, principalmente en aquellos de regulación de inundaciones y en la provisión de bienes asociados a ambientes salinos como la sal. Otra zona importante de discrepancia es aquella ubicada cercana a zonas pobladas de la comuna de Pichilemu, en la ribera norte del humedal (Figura 5-1).

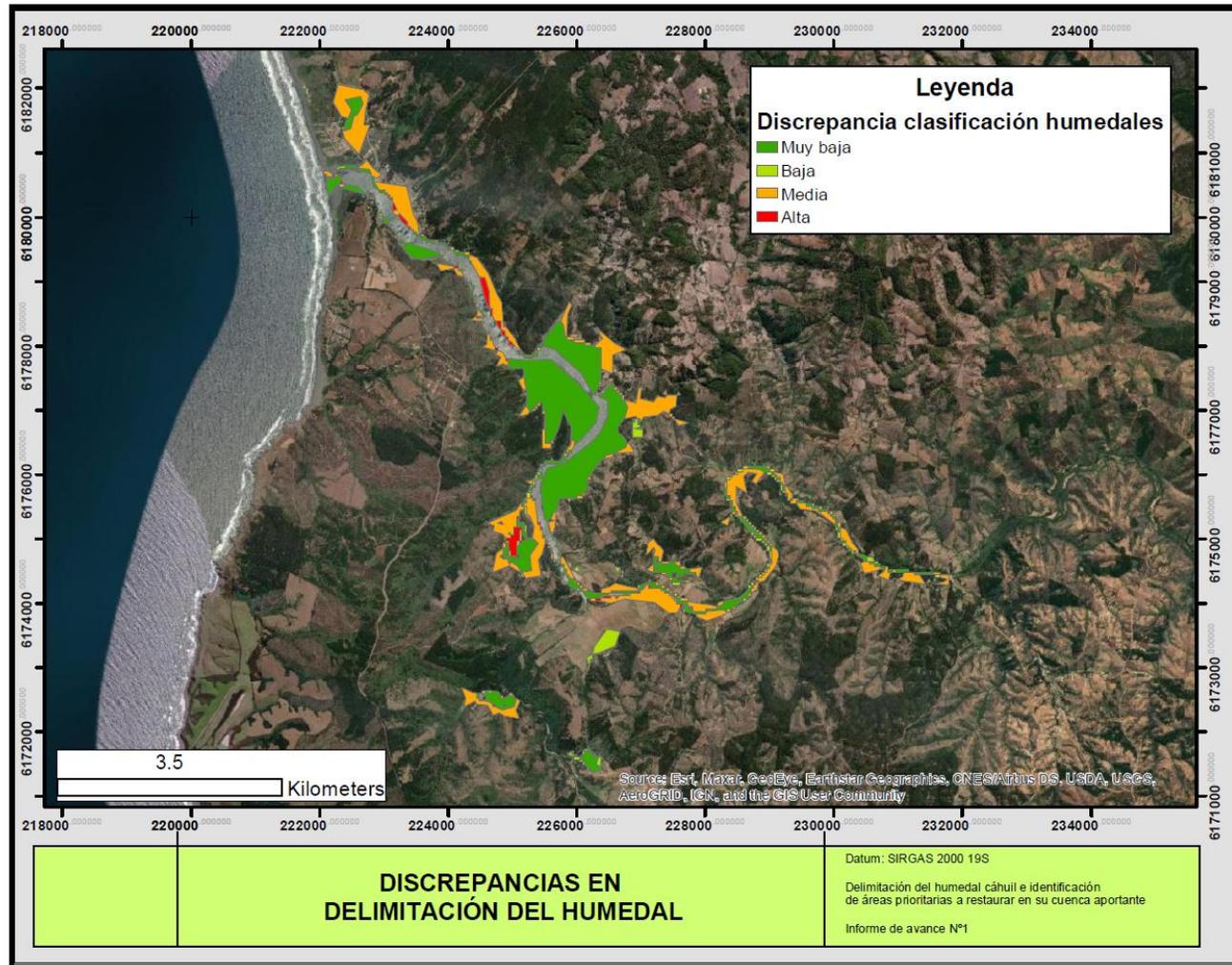


Figura 5-1 Principales discrepancias en la delimitación del Humedal Laguna de Cáhul.

5.1.1 Criterios de delimitación

Para realizar la delimitación del humedal, se consideró en primera instancia la necesidad de proponer el alcance longitudinal del estuario hacia aguas arriba. Se revisaron diversos antecedentes asociados a criterios de delimitación, tales como, los criterios de salinidad, alcance de la onda de marea y características de los sedimentos. De acuerdo con los antecedentes evaluados, se han registrado sedimentos del tipo estuarino hasta el km 5. Por otro lado, el alcance del agua salobre ha llegado, al menos, hasta el Km 8,2. Si bien, la salinidad proveniente del mar podría llegar más arriba, se hace cada vez menos probable debido al estrechamiento del cauce y dominio de características fluviales. En este contexto, se propone que es adecuado aplicar el criterio de alcance de la onda de marea. Mediciones de niveles en el km 11,0 (sector La Palmilla) han mostrado el efecto de la onda de marea con oscilaciones de hasta 0,6 m. Finalmente, el alcance máximo propuesto para el estuario se definió en el km 13,8, lugar donde se observó un cambio topográfico relevante en el perfil longitudinal del cauce, lo que restringiría la onda de mareas hacia aguas arriba.

Tabla 5-2 Antecedentes delimitación del Humedal Laguna de Cáhuil hacia aguas arriba

Ubicación aproximada desde la desembocadura (km)	Descripción y referencia	Criterio Salinidad	Criterio Onda Mareas	Criterio Sedimentos
Km 5 (Salinas Barrancas)	Mediciones salinidad valor similar al mar, de aprox. 35 PSU (MMA-CEA, 2015)	X		
Km 5,5	Mediante análisis sedimentológico, se describen los rasgos del estuario. Aguas arriba del km 5,5, se encontraron depósitos sedimentarios fluviales gruesos. Aguas abajo del km 5,5 se comporta con rasgos estuariales (Andrade y Grau, 2005).			X
Km 7.5	Salinidad 21.5%, (Andrade y Grau, 2005)	X		
Km 8.2	Medición 2.2 PSU (MMA-CEA, 2015)	X		
Km 11.0 (La Palmilla)	Medición de influencia de onda de marea de hasta 0,6 m de variación de nivel (MMA-CEA, 2015)		X	
Km 13.8	Topografía DEM Alos Palsar, muestra un gradiente topográfico en el sentido longitudinal del cauce (http://www.ide.cl/descargas/capas/Imágenes/DEM/LGBO.rar)		X	

5.1.2 Delimitación de coberturas espaciales

5.1.2.1 Cuerpo de agua

Para el análisis de cobertura espacial del Humedal Laguna de Cáhuil, se realizó un análisis mediante conceptos hidrológicos de variabilidad estacional de la cobertura de agua en función de los meses del año. Para definir la cobertura asociada al régimen hídrico de saturación, se sumó la cobertura de agua permanente y la estacional. Para la cobertura permanente se consideró la recurrencia media-alta en época de estiaje (verano-otoño), obteniendo como resultado que febrero es el mes representativo de esta condición. En tanto, para la cobertura estacional se consideró la recurrencia media-alta en época de lluvia y post-lluvia (invierno-primavera), obteniendo que la integración de los meses de julio y septiembre es representativa de esta condición. En la Figura 5-2 se muestran los mapas de recurrencia mensual de cobertura de agua. A partir de esto se generó un polígono de cobertura de agua, el cual es mostrado en la Figura 5-3.

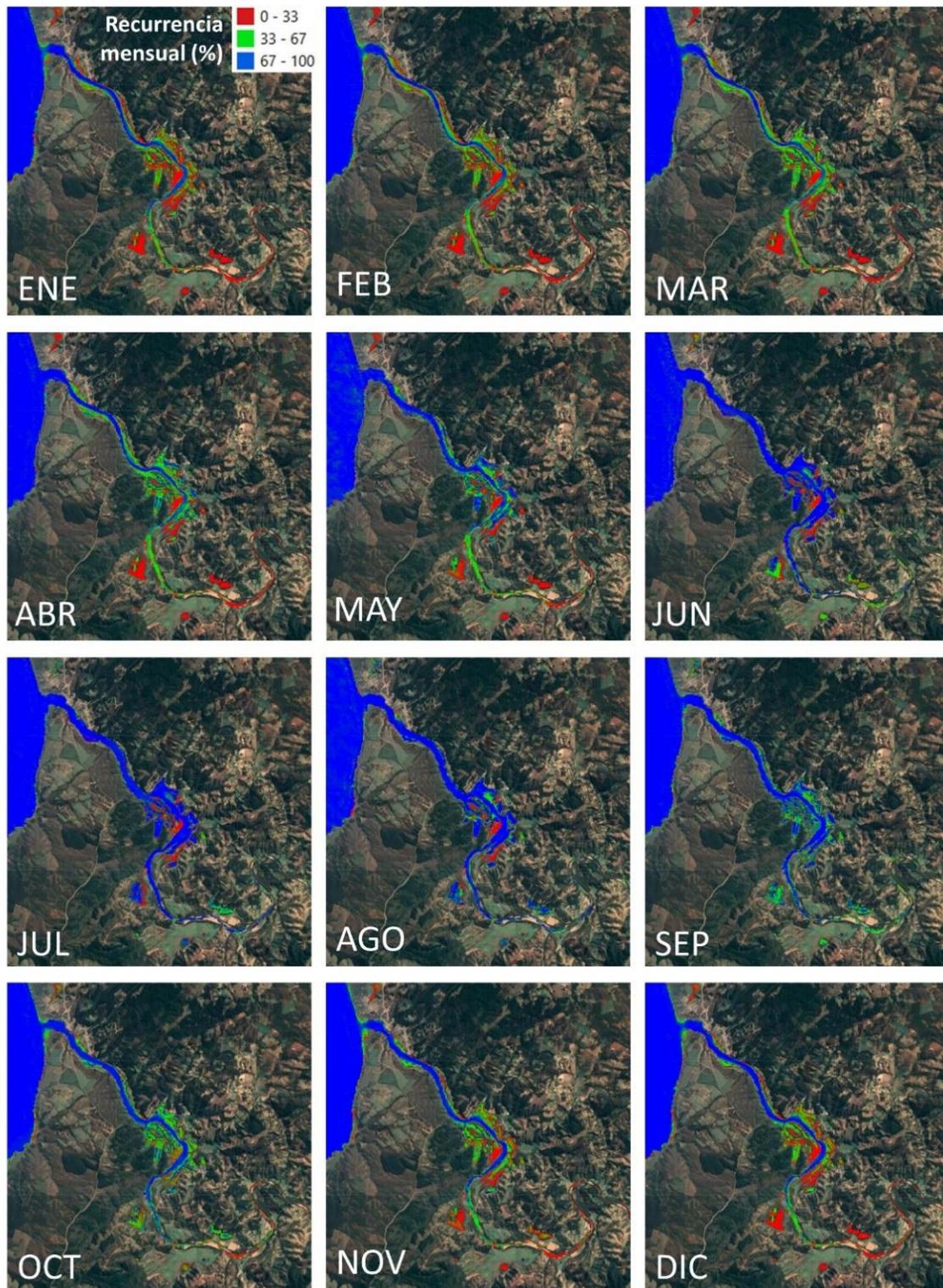


Figura 5-2 Mapas de recurrencia mensual de cobertura de agua, obtenidas de imágenes satelitales



Figura 5-3 Delimitación del cuerpo de agua

Respecto al suelo hídrico y la vegetación hidrófila (Figura 5-4), se verificó que éstos se encontraban dentro del área previamente definida como cobertura de agua estacional. Esto es consistente con el hecho que las zonas de inundación estacional mantendrían condiciones de saturación con una recurrencia media-alta que posibilita el desarrollo de tales especies vegetacionales.



Figura 5-4 Fotografías tomadas con Dron (noviembre 2020) en lugares de suelo hídrico y vegetación hidrófila

5.1.2.2 Área funcional del humedal

Con el objetivo de resguardar características ecológicas y funcionamiento del humedal, como también la mantención del régimen hidrológico, se incorporó el concepto de Área Funcional del Humedal con distintas dimensiones espaciales, en función de la expresión espacial de los distintos procesos de regulación. Tales áreas permitirían al Humedal sostener funciones de regulación de inundaciones, protección de eventos extremos y cambio climático, protección ante el arrastre de sedimentos y soporte a la biodiversidad, entre otras, y de esa forma mantener su integridad como ecosistema. En sentido estricto, la envolvente de las áreas funcionales constituirá los límites del humedal.

5.1.2.2.1 Área funcional regulación de inundaciones

Para resguardar la regulación de crecidas, se realizó un análisis sobre la cobertura de agua temporal de menor recurrencia (por ejemplo, crecidas de menor frecuencia y/o crecidas extraordinarias), que es un área funcional necesaria para amortiguar los pulsos de inundación. Esta área se consideró como una cobertura Temporal (a diferencia de la cobertura Permanente y Estacional, que son las áreas que presentan normalmente cobertura de agua en forma anual o durante alguna estación durante el año).

En el caso de la inundación máxima se identificaron escenas satelitales de fechas específicas en las cuales hubo evidencia de cobertura de agua en áreas que se extienden por sobre el área de variabilidad estacional (Por ejemplo, años 2004, 2009 y 2020), como se muestra en la Figura 5-5. Para el sector específico del área urbana de Cahuil se usó, además, el apoyo de información topobatemétrica levantada por MOP-DOP (2018), imágenes de Radar Sentinel-1 (Figura 5-6) y fotografías tomadas durante la crecida invernal a fines de junio 2020 (Figura 5-7).

El resultado de esta integración corresponde al mapa presentado en la Figura 5-8:

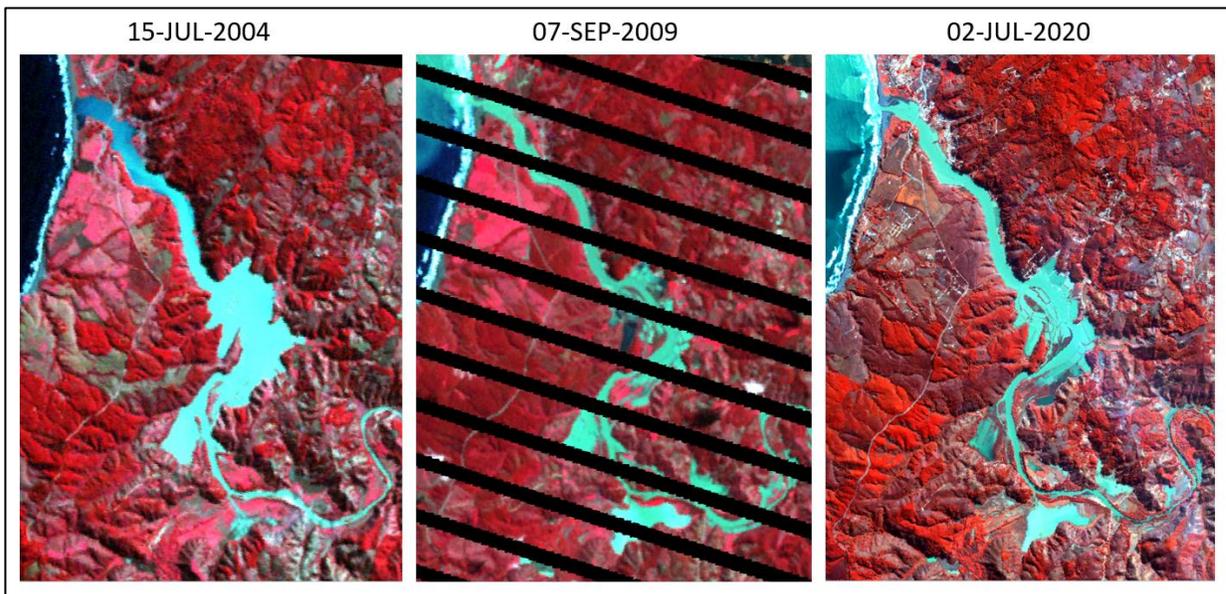


Figura 5-5 Escenas satelitales de fechas específicas en las cuales hay evidencia de cobertura de agua en áreas que se extienden por sobre el área de variabilidad estacional (Por ejemplo, años 2004, 2009 y 2020).

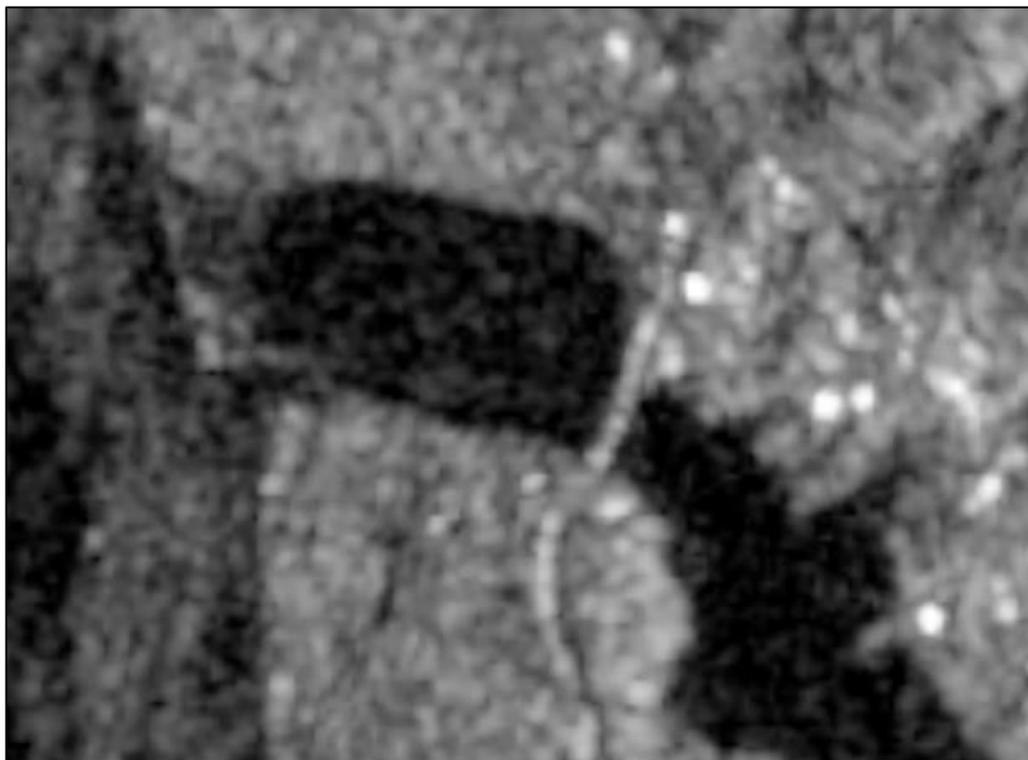


Figura 5-6 Imagen de radar Sentinel-1 durante crecida, 28-jun-2020



Figura 5-7 Figura Registro fotográfico de inundaciones (28-29 junio 2020), e imagen aérea de Dron (noviembre 2020) donde se identifica la ubicación de cada registro

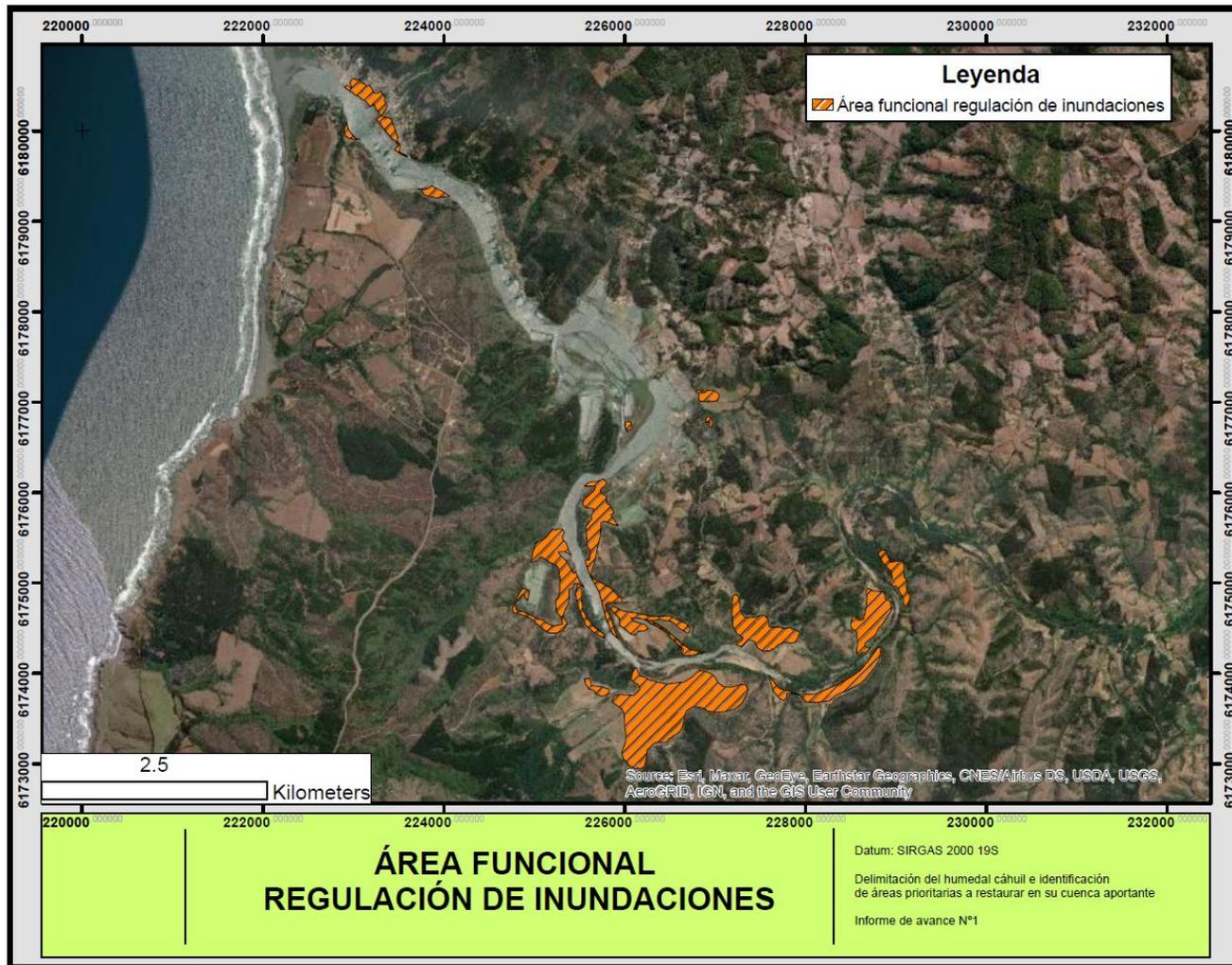


Figura 5-8 Área funcional regulación de inundaciones

5.1.2.2.2 Área funcional protección de eventos extremos y cambio climático

Las proyecciones del cambio climático a escala mundial sugieren que se perderá entre el 20 y el 90 por ciento del área actual de humedales costeros (Blankespoor, et al., 2014; Schuerch et al., 2018). La adaptación de los humedales costeros dependerá tanto de la capacidad de los humedales para acumularse verticalmente por la acumulación de sedimentos, como el espacio de alojamiento, es decir, el espacio vertical y lateral disponible para que los sedimentos finos se acumulen y sean colonizados por la vegetación del humedal (Schuerch et al., 2018).

A partir de estos criterios se zonificaron 851,6 hectáreas como espacio de adaptación del humedal (Figura 5-9), que permita otorgar un espacio suficiente de alojamiento y suministro de sedimentos al humedal.

5.1.2.2.3 Área funcional protección al arrastre de sedimentos

Los humedales, son ecosistemas dependientes entre otros de cursos o cuerpos de agua con una matriz variable de vegetación, inmersos en cuencas hidrográficas (Romero et al., 2014). Estas zonas cumplen funciones esenciales para la preservación de ecosistemas y sus relaciones territoriales, influyendo en el paisaje en términos de riqueza y belleza natural, a la vez que suministran bienes y servicios para la biota y el bienestar humano. En cuencas pequeñas con presencia predominante de plantaciones forestales, la protección de causas busca mantener la calidad y disponibilidad de agua que ingresa al humedal, reducir la erosión provocada por la lluvia, filtrar sedimentos y contaminantes provenientes de actividades forestales y contribuir a la biodiversidad a través de la presencia de corredores biológicos (Guerra, 2017).

En este contexto se zonificaron 333 hectáreas que se distribuyen en franjas envolventes de 20 metros de ríos y quebradas (Figura 5-10), con el fin de resguardar los cursos de agua en conexión al humedal.

5.1.2.2.4 Área funcional de soporte a la biodiversidad

Los sistemas estuarinos y sus lagunas asociadas, aunque pequeñas en extensión, son muy importantes como refugios para la avifauna y como puntos de paso para especies migratorias. Se utilizaron los criterios de integridad vegetacional y diversidad de fauna del Informe de Planificación Ecológica VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (2018), para zonificar 1.613 hectáreas que tienen conexión con la dinámica del humedal y constituyen un soporte para la biodiversidad (Figura 5-11).

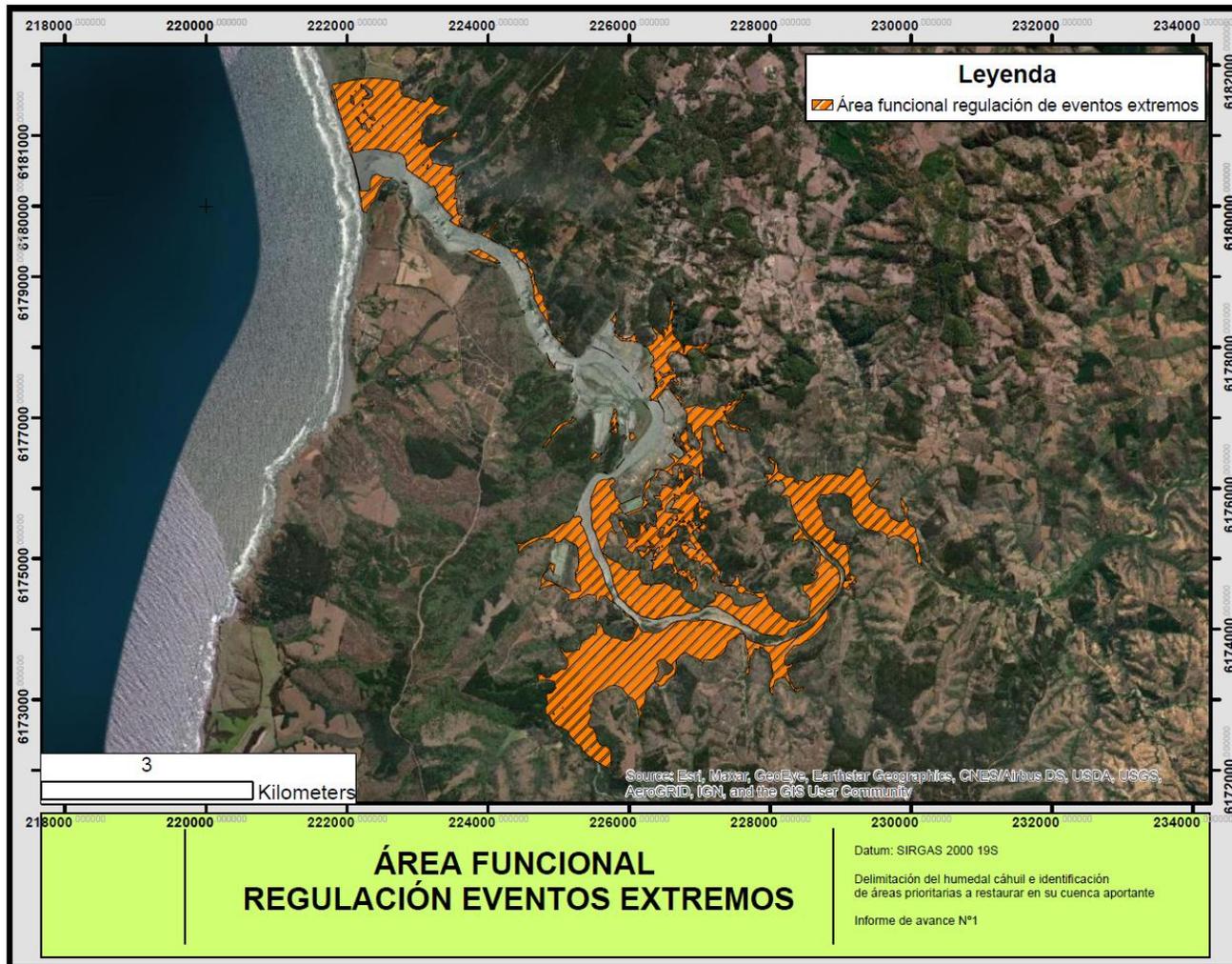


Figura 5-9 Área funcional regulación eventos extremos



Figura 5-10 Área funcional protección de sedimentos

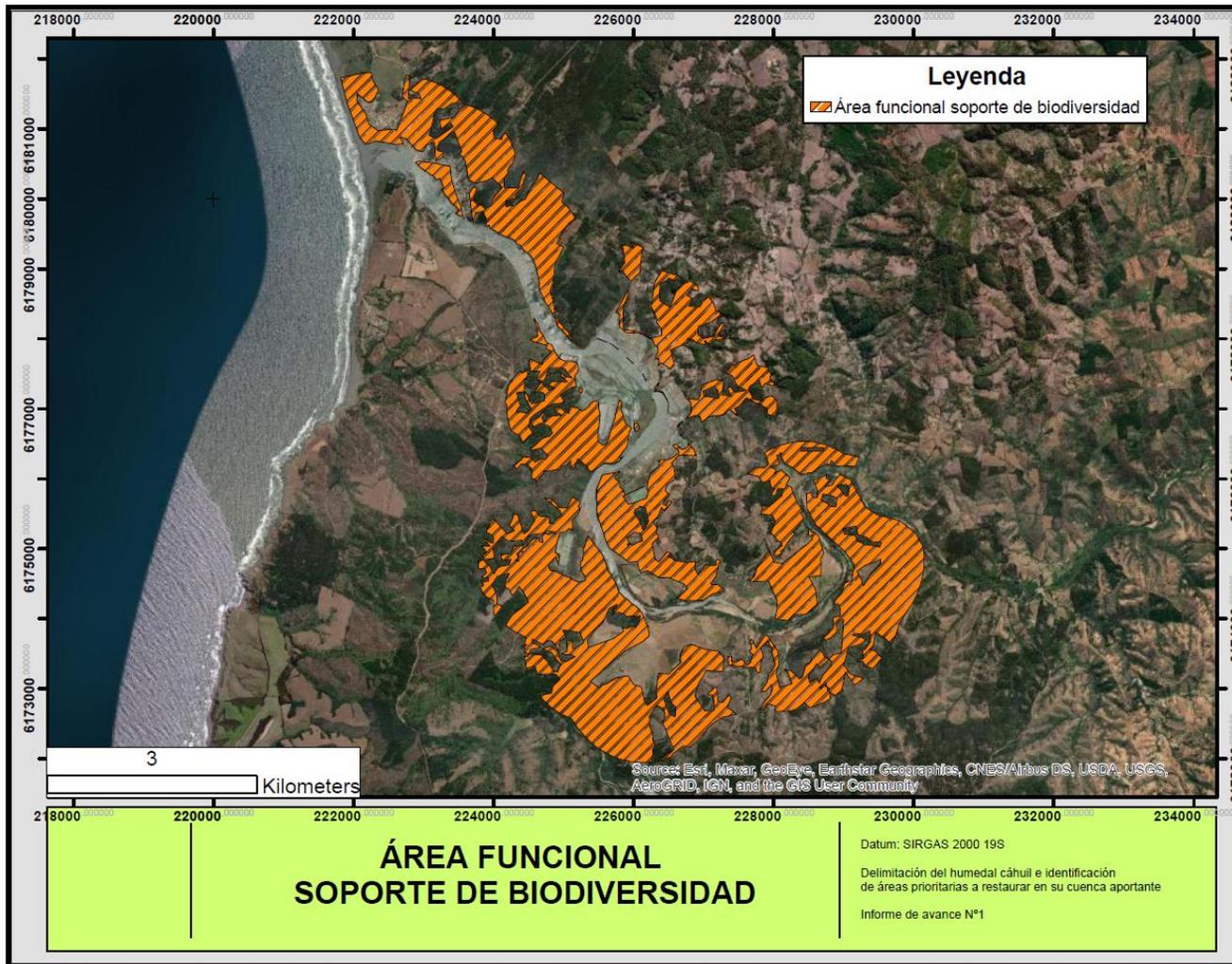


Figura 5-11 Área funcional soporte de biodiversidad

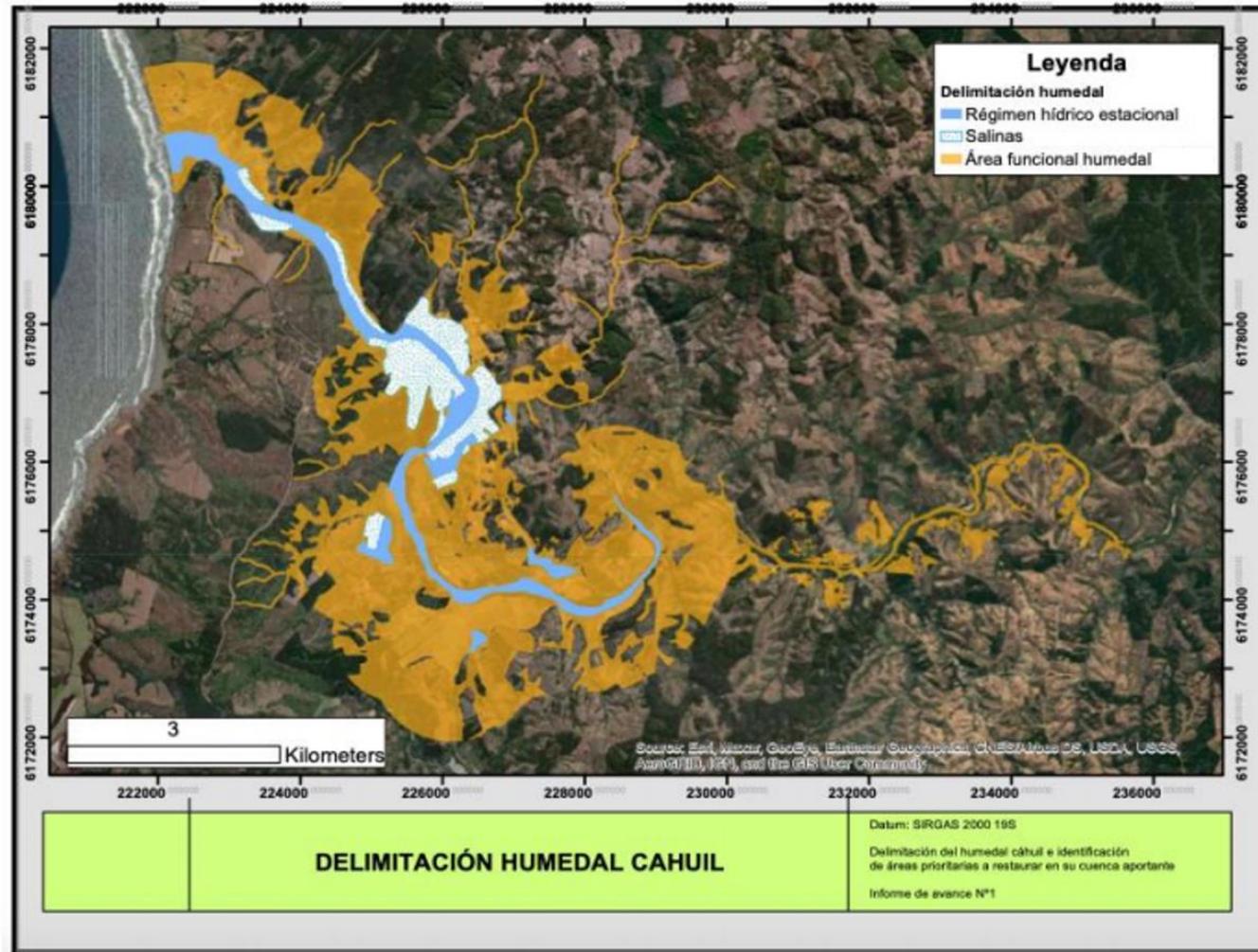


Figura 5-12 Delimitación del Humedal Laguna de Cáhuil, considerando el cuerpo de agua y su área funcional.

5.1.3 Área de separación y/o amortiguación (buffer).

Considerando que en el Humedal Laguna de Cáhuil confluyen diversos intereses en torno a los servicios ecosistémicos que éste provee y, que presenta un grado de desarrollo urbano y rural avanzado, con viviendas insertas casi en el cuerpo de agua y en gran parte de su área funcional (**Diagrama A y foto B en Figura 5-13**), se sugiere que en primera instancia sea considerado el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de proteger la calidad de agua del humedal. Por lo tanto, el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) fue calculado desde el límite del cuerpo de agua (**Diagrama D en Figura 5-13**) y en función de las recomendaciones realizadas por “Environmental Law Institute” (ELI, 2008), quienes sugieren que una distancia de 50m favorecería los procesos para eliminar los sedimentos, el fósforo, el nitrógeno y otros contaminantes (**Figura 5-14**). Posteriormente, se sugiere que, en el desarrollo del plan de gestión del humedal, se considere el ancho del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la integridad ecológica (**Diagrama C en Figura 5-13**) en conjunto con un proceso de participación ciudadana más amplio.

El proceso de delimitación y el cálculo del área de separación y/o amortiguación (buffer), se encuentra disponible en anexos:

Delimitación: <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeYJiTAXP-ZZ7CY79Q?e=WQp1oE>

Buffer: <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeU5j711BinOtnQCw?e=bKJjRb>

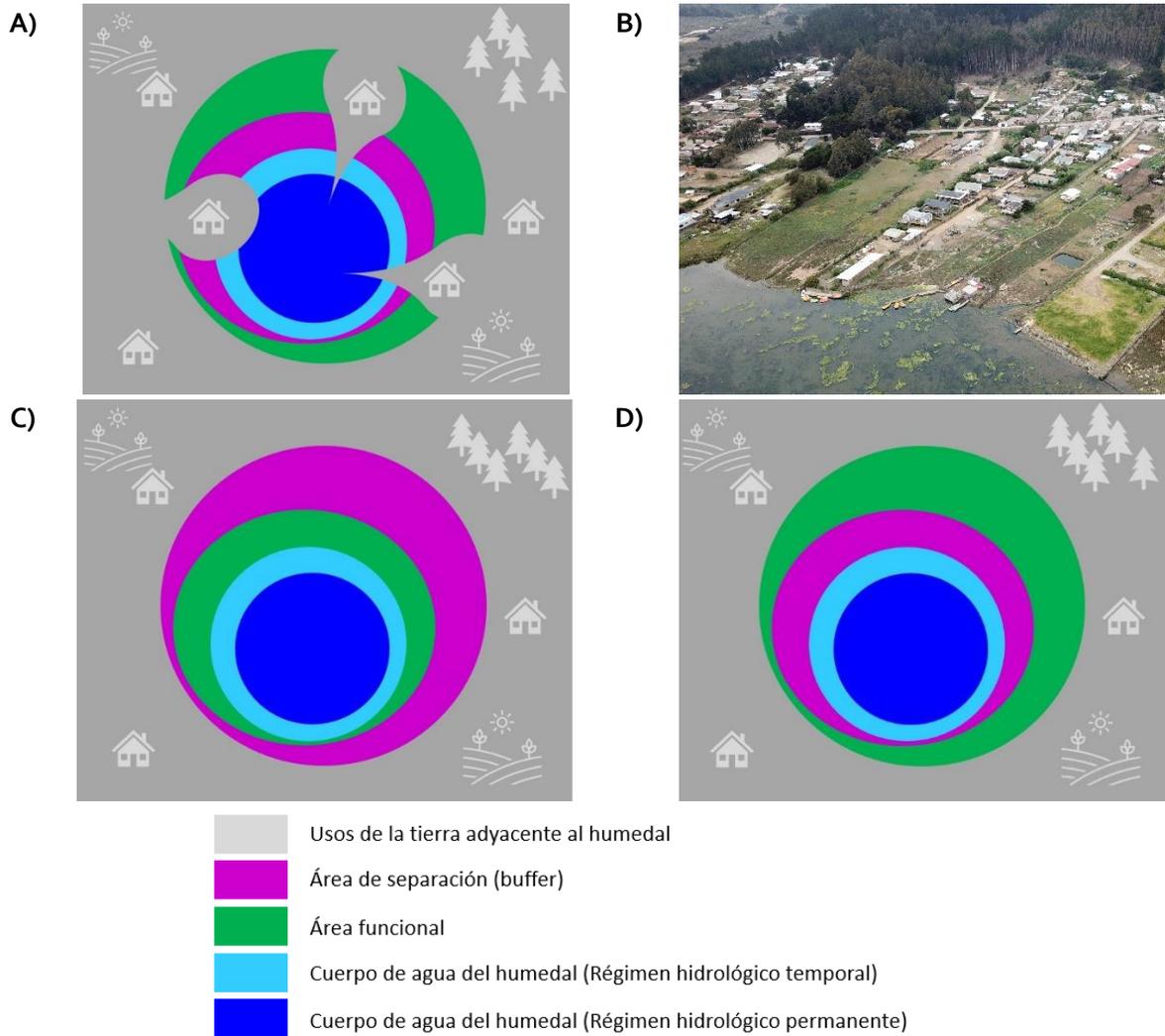


Figura 5-13 Diagramas conceptuales y situación actual del Humedal Laguna de Cáhuil. A) Diagrama conceptual de la situación actual, B) Fotografía aérea de un sector del humedal con viviendas construidas en sus áreas de regulación hidrológica, C) Diagrama conceptual del cálculo del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la integridad ecológica, D) Diagrama conceptual del cálculo del área de separación y/o amortiguación (buffer) en función de la calidad de agua.

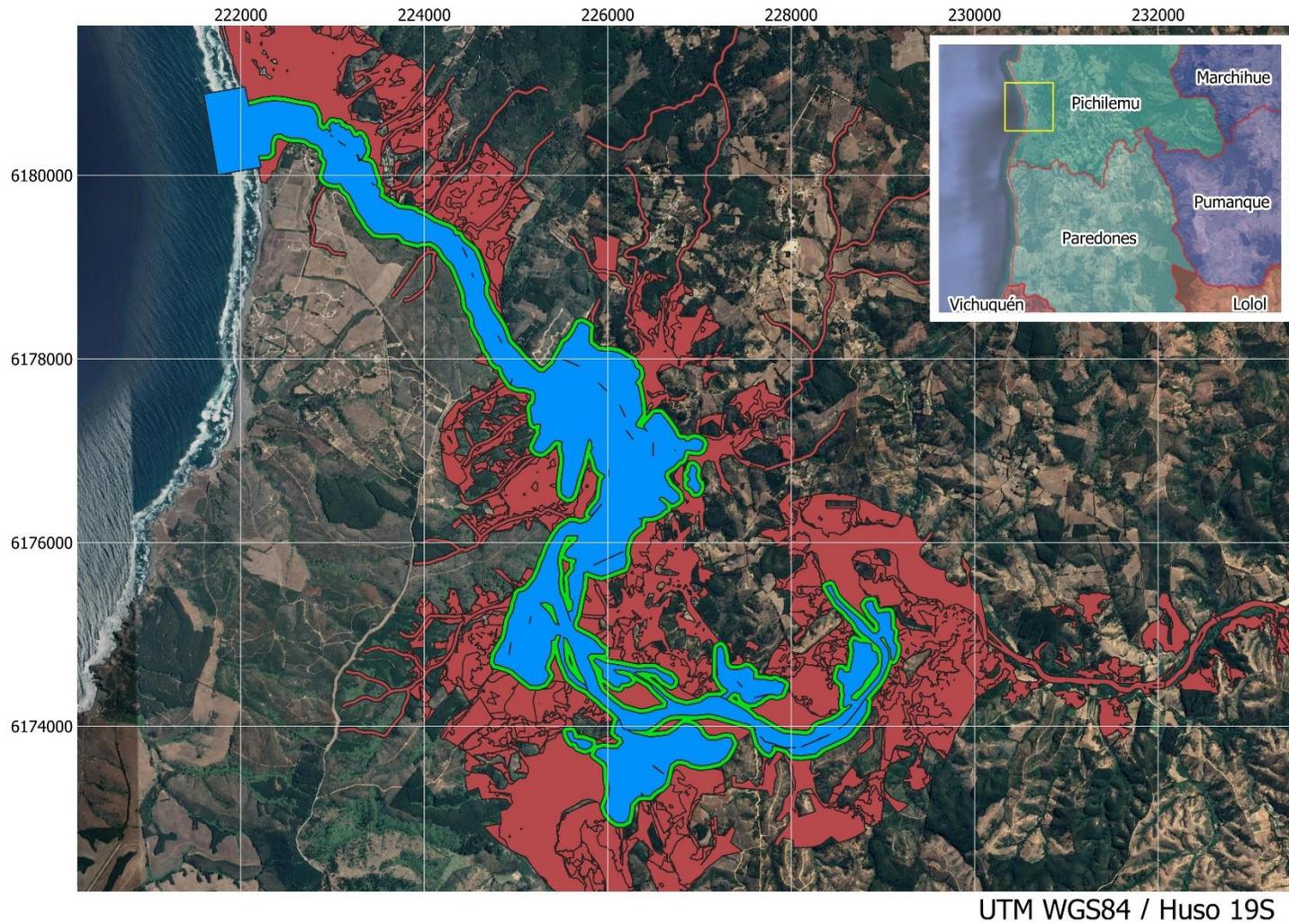


Figura 5-14 Área de separación y/o amortiguación (buffer) (50m en color verde) en función de proteger la calidad de agua del humedal.

OE N°2: Determinar las coberturas, usos de suelo y áreas de intrusión salina del Humedal Laguna de Cáhuil y su subcuenca aportante a partir de imágenes satelitales.

5.1.4 Coberturas y usos de suelo

Como se precisó en la metodología, se analizó el cambio en la cobertura de suelo de las seis principales categorías del área de estudio, que agrupan 11 categorías de subuso precisadas en el catastro CONAF, 2013, como se muestra en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Categorías de subuso precisadas en el catastro CONAF, 2013.

Sub usos catastro	Categorías estudio Cáhuil
Nativos	Bosque nativo y Mixto
Mixtos	
Rotación-cultivo pradera	Cultivo
Terreno de uso agrícola	
Matorral	Matorral
Matorral pradera	
Matorral arborescente	
Matorral con suculentas	
Praderas	Pradera anual
Urbano	Urbano
Plantaciones forestales	Plantaciones forestales

Dentro de los resultados más destacados se puede apreciar el aumento o expansión de las áreas de plantaciones forestales en un 7.7%, pasando de 35.874 hectáreas (Catastrado por CONAF en el año 2013 para la Región de O'Higgins y en el año 2016 para la Región del Maule) a 49.466 hectáreas identificados en el marco del presente estudio. Este cambio fue sustentado principalmente en la conversión de 4.868 ha de bosque nativo y mixto a plantaciones (36 % de la nueva superficie), 4.403 ha de matorrales (30% de la nueva superficie), 3.752 ha de cultivos (28% de la nueva superficie), y 939 ha de praderas (7% de la nueva superficie) (Tabla 5-4).

Por su parte, la categoría de *cultivo* presentó una disminución neta de 3.859 hectáreas (de 40.590 hectáreas a 36.731 hectáreas). El 98% de las pérdidas se deben a una reconversión a plantaciones forestales, mientras un 5% se debe a expansión urbana (Tabla 5-4).

La categoría de *bosque nativo y mixto* experimentó una disminución neta de 4.953 hectáreas (de 60.802 hectáreas a 55.849 hectáreas). La principal fuente de pérdida fue su conversión a plantaciones forestales (98.3% de la superficie), en menor medida las pérdidas fueron hacia a cultivo (1,4%), pradera (0,2%) y urbano (0.3%) (Tabla 5-4).

Similar situación sufrió la categoría de *matorral* que experimentó una disminución de 4.204 hectáreas (de 32.343 hectáreas a 28.140 hectáreas). Las pérdidas se explican principalmente por la conversión a plantaciones forestales (96% equivalente a 4.043 hectáreas) y en menor medida a expansión urbana (154 hectáreas, equivalente a 3,7%) y cultivo (7 hectáreas equivalente a un 0,3%) En cuanto a la categoría de *pradera*, esta disminuyó en 950 hectáreas en su mayoría reconvertidas a plantaciones forestales (99%) y en menor medida a expansión urbana (1%). (Tabla 5-4).

Por último, cabe destacar que la categoría de desarrollo urbano al incorporar la zonificación de los planes reguladores existentes en la zona es posible apreciar un aumento del área identificada por los catastros de 389 hectáreas a 763 hectáreas (Tabla 5-4).

Tabla 5-4 Actualización uso Cáhuil

Cobertura de suelo	Catastro uso y vegetación	Porcentaje	Actualización uso Cáhuil	Porcentaje
Bosque nativo y mixto	60.802	34.4%	55.849	31,6%
Cultivo	40.590	23.0%	36.731	20,8%
Matorral	32.343	18.3%	28.140	15,9%
Plantaciones	35.874	20.3%	49.466	28,0%
Praderas	6.561	3.7%	5.611	3,2%
Urbano	389	0.2%	763	0,4%
Total, general	176,560	100%	176,560	100%

Tabla 5-5 Matriz de transición de coberturas de suelo

	Bosque nativo y mixto	Cultivo	Matorral	Plantaciones	Praderas	Urbano	Actualización uso Cáhuil
Bosque nativo y mixto	55,849	0	0	0	0	0	55,849
Cultivo	71	36,650	7	3	1	0	36,731
Matorral	0	0	28,140	0	0	0	28,140
Plantaciones	4,868	3,752	4,043	35,864	939	0	49,466
Praderas	0	0	0	0	5,611	0	5,611
Urbano	14	188	154	8	10	389	763
Catastro uso y vegetación	60,802	40,590	32,343	35,874	6,561	389	176,560

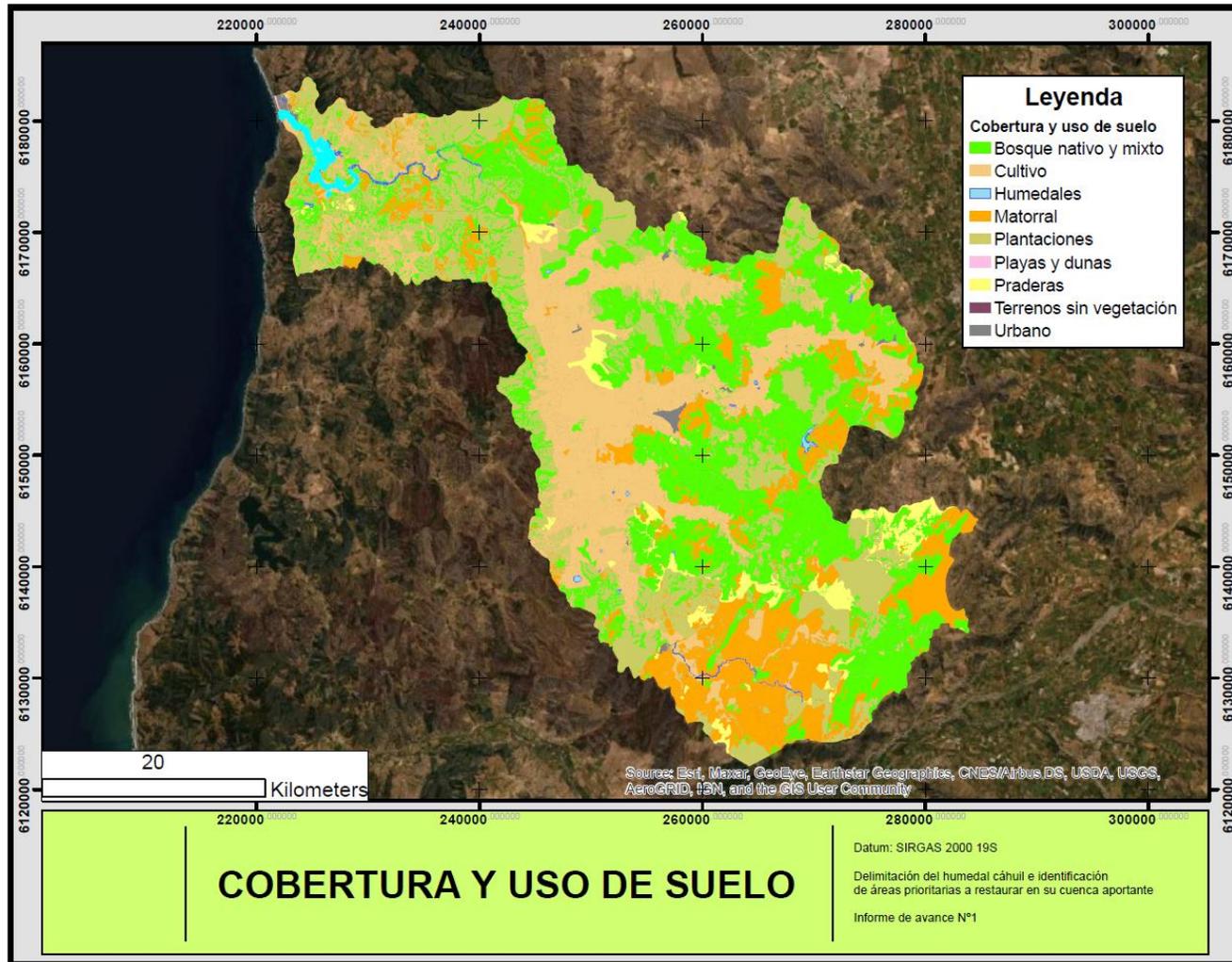


Figura 5-15 Cobertura y uso de suelo

5.1.5 *Delimitación áreas intrusión salina*

Para la delimitación de la intrusión salina, se integró información proveniente de; un análisis de modelación numérica hidrodinámica, revisión de imágenes satelitales, registros obtenidos de la revisión bibliográfica y mediciones en terreno (Disponible en <https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgflykWzPN-d4gPWQaQ?e=pWPSyn>).

Mediante el apoyo de imágenes satelitales se analizó la dinámica espaciotemporal del Humedal Laguna de Cáhuil enfocándose principalmente en el sector de la barra de arena en la desembocadura, que es el lugar donde se produce la conexión con el mar. Respecto a la escala de largo plazo, se han observado cambios morfológicos asociados a embancamiento en el sector de la laguna terminal. Se revisaron imágenes satelitales LANDSAT desde el año 1985 al 2020 (Figura 5-16). Para poder comparar los diferentes años, se revisó el mes de septiembre (u octubre, en caso de no haber imágenes disponibles en septiembre), dado que en ese período se puede ver la condición de apertura de la barra. Se observó que del total de imágenes (**OE-2_Anexo/03_Intrusión salina/Imágenes_satelitales.docx**), en la mayoría de ellas la barra estuvo abierta conectada al mar, a excepción de los años 2016, 2018, y 2019. Esta situación permitió inferir que, en los últimos años, los cambios morfológicos e hidrológicos pueden estar afectando de manera crítica el funcionamiento del estuario, y en consecuencia la dinámica de la salinidad hacia aguas arriba.

En relación con los cambios estacionales que ocurren en la barra de arena, ésta suele abrirse en invierno debido a las precipitaciones y crecida del estero Nilahue. Para mitigar el efecto de la inundación, es recurrente que se realice una apertura mecanizada de la barra de arena. Una vez evacuadas las crecidas, se crea un canal que conecta el estuario con el mar, el cual, debido al efecto del oleaje, deriva litoral y bajos caudales del estero, se va cerrando gradualmente durante los meses siguientes (Figura 5-17). Durante los meses de apertura, las mareas entran de forma intermitente por el canal, aportando gradualmente salinidad al estuario.

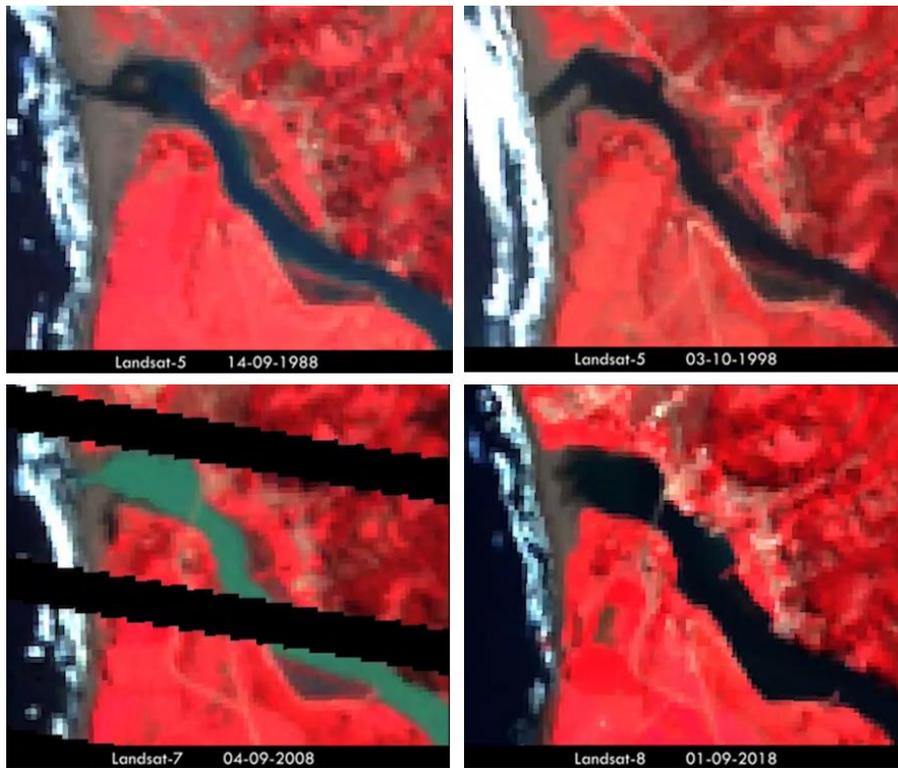


Figura 5-16 Comparación del sector de la barra de arena en la desembocadura del Humedal Laguna de Cáhuil para años: 1988, 1998, 2008 y 2018 (serie completa de imágenes en: [OE-2_Anexo/03_Intrusión salina/Imágenes_satelitales.docx](#).)

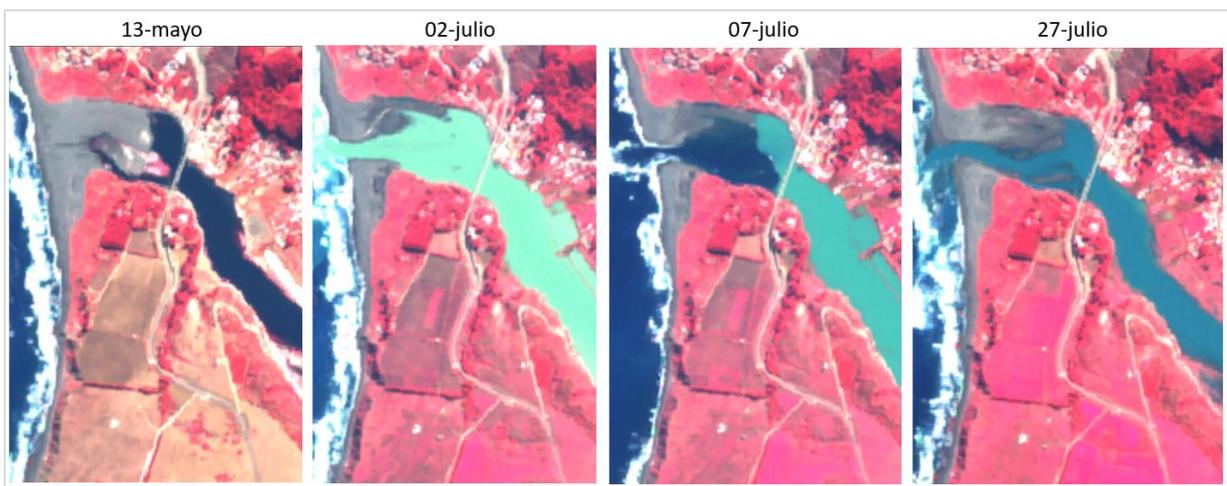


Figura 5-17 Secuencia estacional de la barra, donde se identifica: 1) barra cerrada, 2) barra abierta con evacuación de crecida fluvial, 3) reingreso de mareas, 4) barra abierta post-crecida. Imágenes satelitales Sentinel-2 Período mayo a julio 2020.

Para estudiar la variación espaciotemporal de la intrusión salina en el estuario, se usó un modelo numérico 3D capaz de resolver la interacción hidrodinámica y distribución de la salinidad, bajo diferentes combinaciones de factores forzantes, tales como los ciclos de marea y el caudal de origen fluvial.

Para la validación de la geometría del estuario y su comportamiento hidrodinámico, se hizo una comparación con datos recopilados el año 2014 (MMA-CEA, 2015) donde se tomaron registros simultáneos con sensores de presión en varios sectores del estuario (hasta el km 11.0 en La Palmilla) (Figura 5-18).

La batimetría se ajustó altitudinalmente a la referencia del Nivel de Reducción de Sondas indicado en MOP-DOP (2018), de forma que las mediciones de nivel pudieran ser comparadas entre sí. Los resultados de la modelación se ajustaron adecuadamente a las series de datos de niveles. Si bien, fueron comparados diferentes series de mareas, para efectos del análisis de intrusión salina, se puso foco en las cotas a las cuales se produjo desconexión del régimen subcrítico en período vaciante (o bien, “descuelgue”) entre el mar-estuario (cota 0.8 m NRS) y entre estuario-estero (cota aprox. 1.1 m NRS).

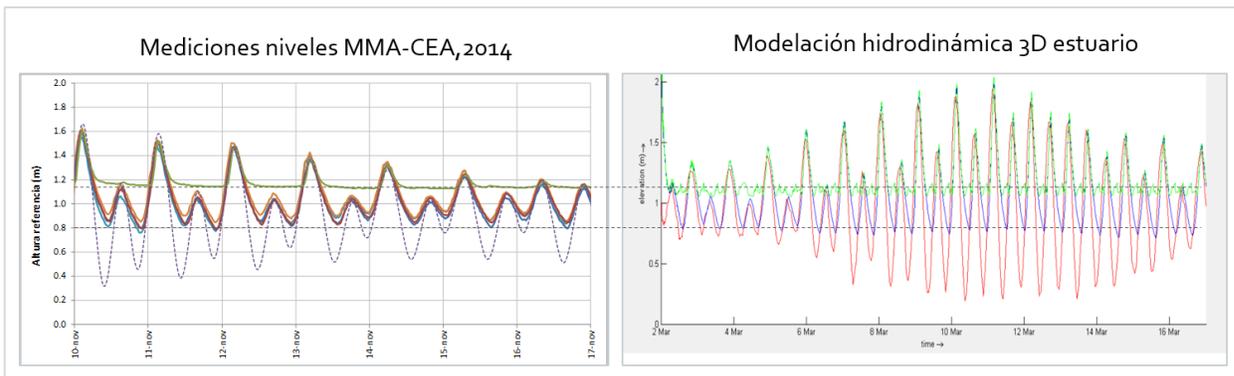


Figura 5-18 Comparación de niveles entre mediciones de período de referencia (MMA-CEA, 2015) del año 2014, y modelación numérica 3D (período 2-17 marzo 2020)

Cabe señalar que la modelación se realizó en tres escenarios: 1) Escenario BASE (similar a condiciones hidrodinámicas año 2014), 2) Escenario BARRA MODIFICADA, y 3) Escenario CAUDAL ALTO. Los resultados se presentan en: Figura 5-19, Figura 5-20 y Figura 5-21. En cada una de ellas se muestran mapas de planta y corte de salinidad (unidad ppt, rango 0-30 ppt) en escala de colores que corresponden al día de modelación N°15 (último día de la serie), y en el panel inferior, se muestra la serie de tiempo del nivel de marea (línea azul) y el nivel dentro del estuario (línea roja). Se observa que en los tres escenarios hay distintos grados de intrusión salina. En los escenarios de caudal $Q=2$ m³/s la intrusión llega a la zona de Barrancas con aportes significativos de salinidad. Para el caudal $Q=20$ m³/s prácticamente no llega salinidad a Barrancas. En todos los escenarios no

se aprecia flujo estratificado ni desarrollo de cuña salina, por lo que se considera que el comportamiento del estuario en las condiciones modeladas se relaciona con un estuario bien mezclado.

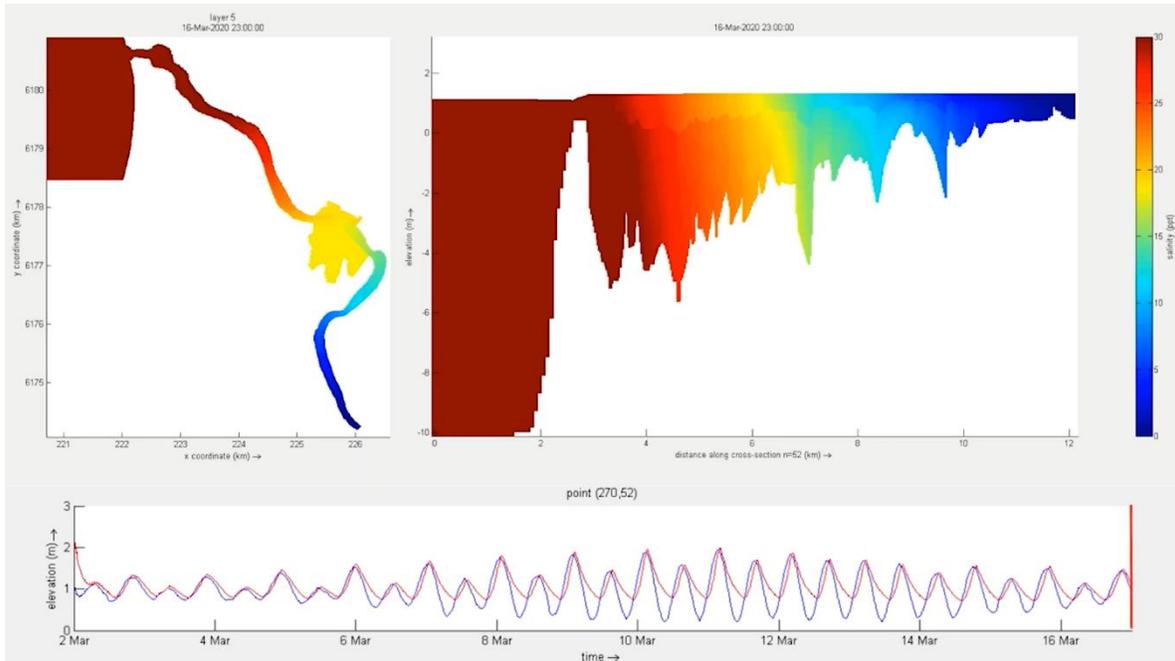


Figura 5-19 Modelación Numérica del Estuario Cáhuil, intrusión salina en escenario BASE al día n°15

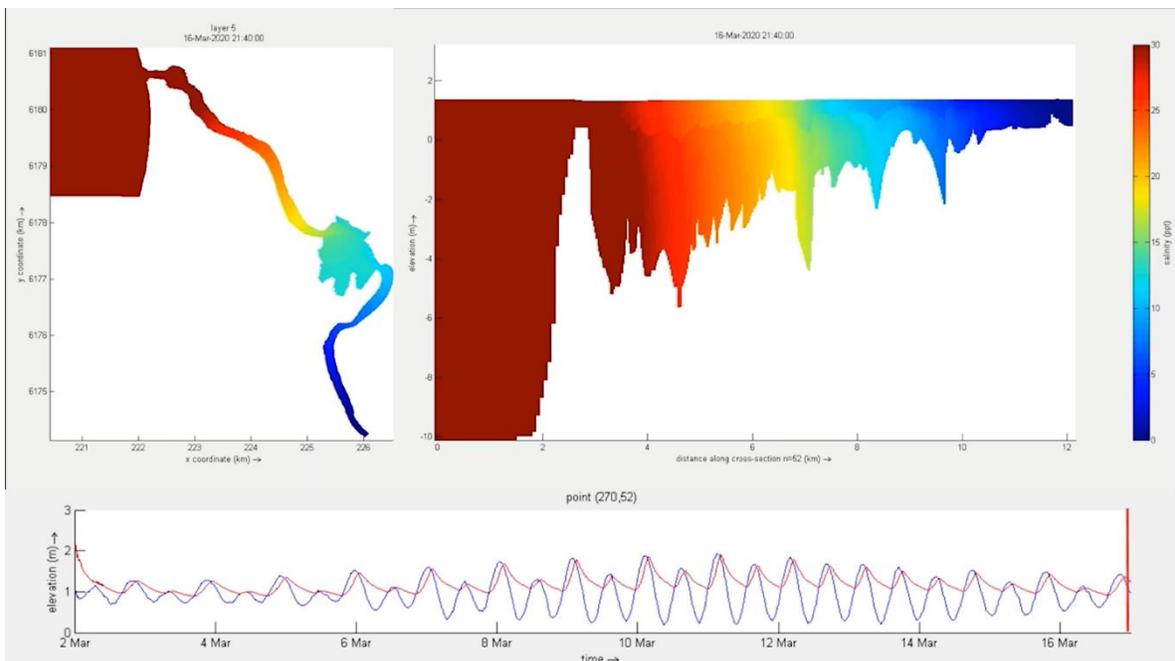


Figura 5-20 Modelación Numérica del Estuario Cáhul, intrusión salina en escenario BARRA MODIFICADA al día n°15

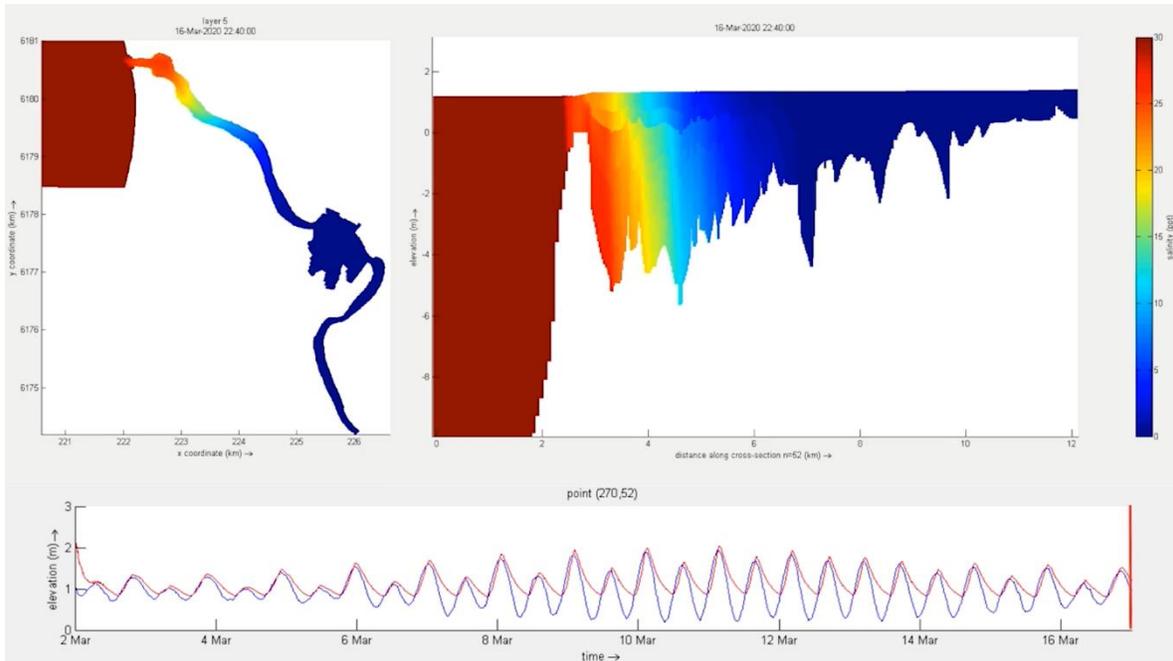


Figura 5-21 Modelación Numérica del Estuario Cáhul, intrusión salina en escenario CAUDAL ALTO al día n°15

La comparación de los tres escenarios, para la variable de nivel de agua dentro del estuario (punto de observación en Barrancas), muestra que el escenario de Barra Modificada puede cambiar significativamente el flujo llenante y vaciante de las mareas. La mayor restricción geométrica impuesta en el canal de conexión estuario-mar, limita principalmente el caudal vaciante, y el estuario se descuelga (momento en que la marea desciende por debajo del nivel del canal de conexión de la barra) en forma anticipada, respecto al escenario Base. Por otro lado, el escenario de Caudal Alto tiene un comportamiento similar al Base, y sólo se ve una diferencia esperable y atribuible a la mayor altura de escurrimiento debido al caudal (Figura 5-22).

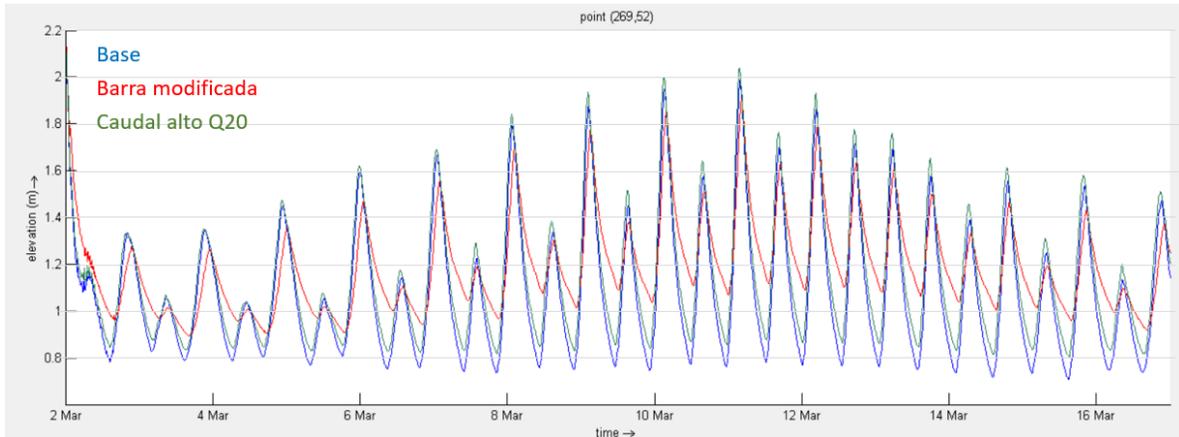


Figura 5-22 Comparación de nivel de agua (metros NRS) dentro del estuario para los tres escenarios de modelación.

La comparación de los tres escenarios, para la variable de salinidad dentro del estuario (punto de observación en Barrancas), muestra que, para el escenario de Caudal Alto, prácticamente no hay ingreso de salinidad hasta ese sector. En tanto que, para los otros resultados, el escenario Base tuvo una intrusión salina moderadamente mayor (aprox. salinidad 19 ppt, al final del período de modelación) en comparación al escenario de Barra Modificada (aprox. salinidad 14 ppt) (Figura 5-23)

Los resultados muestran que la morfología de la barra puede ser un factor importante en la restricción de los flujos de mareas llenante y vaciante, y en consecuencia incidir en la distribución de salinidad en el estuario.

A partir de este análisis, se puede señalar que la herramienta de modelación numérica 3D puede ser útil en la evaluación de la respuesta del sistema estuarino frente a diferentes factores forzantes (Ej: mareas, hidrología) y configuraciones geométricas de la barra (Ej: formas del canal, largo, ancho, cotas de fondo, embancamiento, etc.), y su utilización puede aportar información interesante en relación con el manejo de la barra.

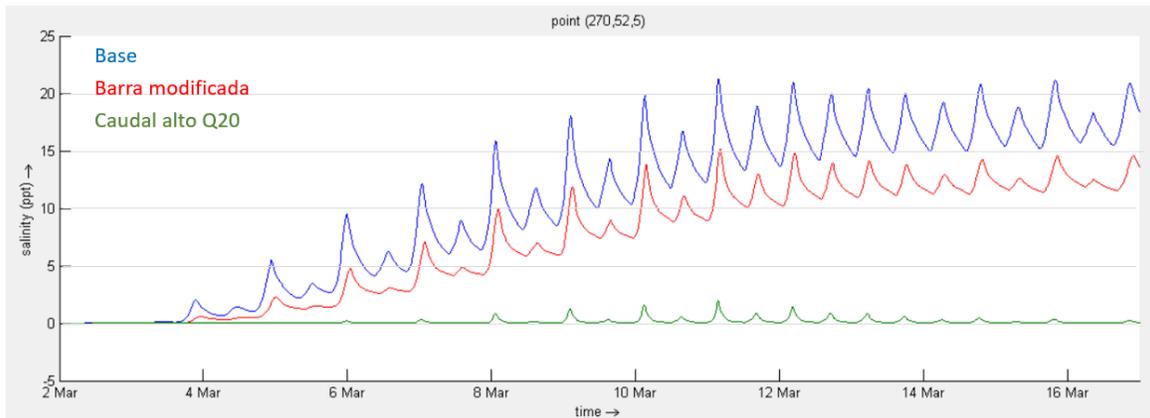


Figura 5-23 Comparación de la salinidad (ppt) dentro del estuario para los tres escenarios de modelación

5.1.5.1 Validación en terreno

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de salinidad en terreno, fueron considerados 10 puntos de muestreo, distribuidos desde el mar hacia aguas arriba, hasta el sector “La Palmilla, Km 13 aproximadamente”. Anexos disponibles en: <https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgflykWzPN-d4gPWQaQ?e=WdPdkg>.

ID	E	N	Fecha	Salinidad
1	222683	6180756	14/12/2020	29,5
2	224323	6179362	14/12/2020	22,2
3	225442	6177926	14/12/2020	22,2
4	226253	6177232	14/12/2020	22,2
5	225814	6176176	14/12/2020	19,4
6	225490	6175275	14/12/2020	2,8
7	226019	6174218	14/12/2020	1,9
8	226813	6174168	13/12/2020	0,1
9	227665	6173975	13/12/2020	0,1
10	229011	6174604	14/12/2020	0,1

5.2 OE N°3: Identificar Áreas relevantes para la Biodiversidad y Proveedoras de Servicios Ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cahuil y su subcuenca aportante

5.2.1 Revisión bibliográfica para la identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el humedal Cahuil y su subsubcuenca aportante.

5.2.1.1 Biodiversidad

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar las especies de anfibios, mamíferos y reptiles que potencialmente habitan en el área de estudio. Para esto se tomó como base la información que se encuentra en el Inventario nacional de especies de Chile⁴ para la Región de O'Higgins.

Esta información fue complementada y revisada con el Libro Rojo de la Región de O'Higgins (Serey et al., 2007), estudios realizados dentro de la comuna de Pichilemu, información extraída del SEIA y los mapas de distribución de especies de las guías de campo existentes para cada taxa:

- Anfibios: Rabanal y Nuñez (2008), Lobos y col. (2013) y Charrier (2019).
- Mamíferos: Iriarte (2008), Muñoz-Pedrerros y Yáñez (2009), Iriarte y Jaksic (2012).
- Reptiles: Vidal y Labra (2008), Pincheira-Donoso (2005), Demangel (2016).

Para el caso de las aves, el listado de especies se realizó utilizando los datos de avistamientos en la plataforma eBird, que es una base de datos de observaciones sobre aves que proporcionan científicos, investigadores y naturalistas aficionados, entregando datos en tiempo real sobre la distribución y abundancia de aves.

Para caracterizar las especies según su estado de conservación se utilizó la información contenida en la última base de datos de Reglamento para clasificar especies (RCE), que contiene hasta el 16° proceso⁵.

Anfibios

En cuanto a los anfibios, dentro del área se describen potencialmente cinco especies de las cuales cuatro corresponden a especies nativas dos de ellas endémicas y una es exótica e invasora. Todas las especies nativas presentan alguna categoría de conservación, siendo Vulnerables *C. gayi* y *R. arunco*; y Casi amenazadas *P. thaul* y *B. taeniata*.

En el Libro Rojo (Serey et al., 2007), el Humedal Laguna de Cahuil es considerada un área prioritaria para la conservación de este grupo de vertebrados, ya que presenta la mayor riqueza de especies. Además, se destaca la presencia de *C. gayi*, puesto que esta especie ha sufrido una reducción de

⁴ Disponible en <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx>

⁵ Disponible en <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>

sus hábitats producto de la perturbación humana. La Tabla 5-6 muestra la diversidad identificada de forma bibliográfica.

Tabla 5-6 Listado de anfibios potenciales en el área de estudio.

Especie	Nombre común	Origen	Categoría de conservación	Referencia
<i>Calyptocephalella gayi</i>	Rana chilena	E	VU	DS 50/2008 MINSEGPRES
<i>Pleurodema thaul</i>	Sapito de cuatro ojos	N	NT	DS 41/2011 MMA
<i>Rhinella arunco</i>	Sapo de rulo	E	VU	DS 41/2011 MMA
<i>Batrachyla taeniata</i>	Ranita de antifaz	N	NT	DS 42/2011 MMA
<i>Xenopus laevis</i>	Sapo africano	I	-	-
EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazado; LC: preocupación menor; FP: fuera de peligro				
E: endémica; N: nativa; I; invasora, exótica				

Aves

Se analizó la serie de datos de eBird entre septiembre de 2004 a diciembre de 2020. Se filtraron aquellos puntos de registro asociados directamente al cuerpo de agua, y se descartaron otros puntos de registro que no se consideraron de relevancia para este estudio, como por ejemplo aquellos puntos ubicados en poblados, o en otros cuerpos de agua sin vínculo directo con el Estero Nilahue.

Con esto, se obtuvo una base de datos que comprende una riqueza de 122 especies de aves que se detallan en el siguiente Enlace https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgeYUSw7B_oHWBQ5RNA?e=3yLMsi. De estas aves, 112 corresponden a especies nativas, cinco son endémicas y tres introducidas.

En el área se registran un total de veinte especies que han sido clasificadas por el RCE (Tabla 5-7). De éstas, once corresponden a especies en categoría Preocupación Menor (LC), que generalmente corresponden a especies abundantes y de amplia distribución, y que no cumplen ninguno de los criterios que definen las categorías de amenaza al ser evaluadas (MMA, 2012).

Se destacan 2 especies en categoría Vulnerable (VU): i) *Charadrius nivosus*, chorlo habitante de playas arenosas, donde nidifica. Fue registrado en el sector de la desembocadura de acuerdo con eBird; ii) *Leucophaeus modestus*, gaviota relativamente común en humedales costeros a lo largo de Chile, que se encuentra amenazada principalmente por factores asociados a sus sitios de reproducción en el desierto de Atacama. En el caso de *C. nivosus*, este podría llegar a reproducirse en las playas arenosas inmediatas a la desembocadura, lo que es relevante de considerar, debido a que sus abundancias son muy bajas para Chile central en comparación con la zona norte del país (García-Walther et al 2017).



Figura 5-24 Individuos adultos y juveniles de cisne de cuello negro y cisnes coscoroba en sector de Barrancas.

Por otro lado, se releva la presencia de 7 especies en categoría Casi Amenazada (NT), donde se destaca a *Haematopus palliatus*, ave que podría reproducirse en los sectores de dunas aledaños al espejo de agua de la desembocadura del Estero Nilahue, lo que la expondría a amenazas con el potencial de disminuir considerablemente su éxito reproductivo, como se ha documentado en humedales próximos (Oliveros et al., 2021).

Tabla 5-7 Especies de aves registrada en eBird en categoría de conservación según el RCE.

Especie	Nombre común	Categoría de conservación	Referencia
<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Anas platalea</i>	Pato cuchara	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Coscoroba</i>	Cisne coscoroba	LC	DS 16/2020 MMA
<i>Cygnus melancoryphus</i>	Cisne de cuello negro	LC	DS 16/2020 MMA
<i>Heteronetta atricapilla</i>	Pato rinconero	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Charadrius nivosus</i>	Chorlo nevado	VU	DS 23/2019 MMA
<i>Haematopus palliatus</i>	Pilpilén común	NT	DS 16/2020 MMA
<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín monja	NT	DS 23/2019 MMA
<i>Leucophaeus modestus</i>	Gaviota garuma	VU	DS 16/2020 MMA
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Gaviota de Franklin	LC	DS 16/2020 MMA
<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante	NT	DS 16/2020 MMA
<i>Patagioenas araucana</i>	Torcaza	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	LC	DS 06/2017 MMA
<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Guanay	NT	DS 79/2018 MMA
<i>Sula variegata</i>	Piquero	LC	DS 79/2018 MMA
<i>Plegadis chihi</i>	Cuervo de pantano	NT	DS 16/2020 MMA
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno	NT	DS 23/2019 MMA
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros de ceja negra	LC	DS 38/2015 MMA
<i>Ardenna grisea</i>	Fardela negra	NT	DS 23/2019 MMA

EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazado; LC: preocupación menor; FP: fuera de peligro

Mamíferos

Para el área de estudio se ha documentado a 25 mamíferos que potencialmente podrían habitar la zona. De éstas, 18 especies son nativas, dos endémicas (cururo y yaca) y cinco son especies exóticas invasoras Tabla 5-8.

Tabla 5-8. Listado de mamíferos potenciales en el área de estudio.

Especie	Nombre común	Origen	Categoría de conservación	Referencia
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	N	LC	DS 33/2012 MMA
<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro chilla	N	LC	DS 33/2011 MMA
<i>Leopardus colocolo</i>	Colo-colo	N	NT	DS 42/2011 MMA
<i>Leopardus guigna</i>	Güiña	N	VU	DS 42/2011 MMA
<i>Puma concolor</i>	Puma	N	NT	DS 42/2011 MMA
<i>Conepatus chinga</i>	Chingue	N	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Galictis cuja</i>	Quique	N	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago cola de ratón	N	LC	DS 06/2017 MMA

Especie	Nombre común	Origen	Categoría de conservación	Referencia
<i>Histiotus macrotus</i>	Murciélago orejudo mayor	N	LC	DS 79/2018 MMA
<i>Histiotus montanus</i>	Murciélago orejudo menor	N	LC	DS 06/2017 MMA
<i>Lasiurus cinereus</i>	Murciélago gris	N	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Lasiurus varius</i>	Murciélago colorado	N	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Myotis chiloensis</i>	Murciélago oreja de ratón del sur	N	LC	DS 06/2017 MMA
<i>Thylamys elegans</i>	Yaca	E	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Lepus europaeus</i>	Liebre	I		
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo	I		
<i>Abrothrix longipillis</i>	Laucha de pelo largo	N	LC	DS 19/2012 MMA
<i>Abrothrix olivaceus</i>	Laucha olivácea	N		
<i>Olygoryzomys longicaudatus</i>	Ratón de cola larga	N		
<i>Phyllotis darwini</i>	Ratón orejudo de Darwin	N		
<i>Mus musculus</i>	Laucha doméstica	I		
<i>Rattus norvegicus</i>	Guarén	I		
<i>Rattus</i>	Rata negra	I		
<i>Myocastor coypus</i>	Coipo	N	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Spalacopus cyanus</i>	Cururo	E	LC	DS 16/2016 MMA
EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazado; LC: preocupación menor; FP: fuera de peligro				
E: endémica; N: nativa; I: invasora, exótica				

Dentro de las especies nativas y endémicas, el orden más representado corresponde a los carnívoros con siete especies, le siguen los roedores y quirópteros con seis especies cada uno, y por último un marsupial (Figura 5-25)

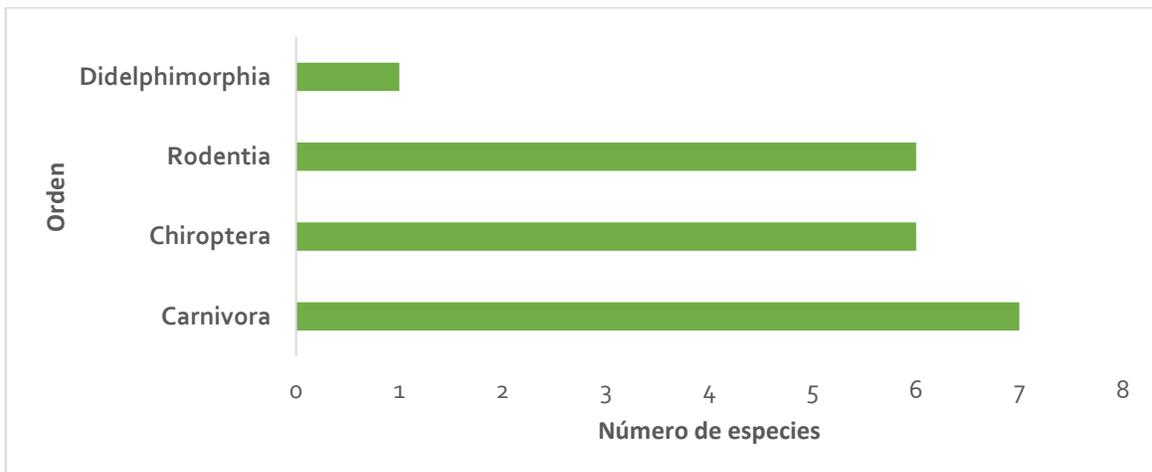


Figura 5-25 Riqueza de especies de mamíferos nativos por orden.

Reptiles

Se han descrito un total de siete reptiles potenciales en el área de estudio. De los cuales 3 son nativos y cuatro son endémicos. En cuanto a la categoría de conservación, solo *L. nitidus* se encuentra clasificado Casi amenazado, y el resto de las especies en Preocupación menor.

Tabla 5-9. Listado de reptiles potenciales en el área de estudio.

Especie	Nombre común	Origen	Categoría de conservación	Referencia
<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Lagartija lemniscata	N	LC	DS 19/2012 MMA
<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura	N	LC	DS 19/2012 MMA
<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija esbelta	E	LC	DS 19/2012 MMA
<i>Liolaemus chilensis</i>	Lagarto llorón	N	LC	DS 19/2012 MMA
<i>Liolaemus nitidus</i>	Lagarto nítido	E	NT	DS 19/2012 MMA
<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	E	LC	DS 16/2016 MMA
<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	E	LC	DS 16/2016 MMA
EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazado; LC: preocupación menor; FP: fuera de peligro				
E: endémica; N: nativa; I: invasora, exótica				

5.2.1.2 Servicios Ecosistémicos

Uno de los principales supuestos desde la primera publicación científica en torno a los Servicios Ecosistémicos (SE), es que una vez, que los investigadores pudieran mostrar cómo las personas obtienen beneficios de la naturaleza, la humanidad actuaría sobre la base de este conocimiento (Costanza, y otros 1997; de Groot, Wilson y Boumans 2002; Millennium Ecosystem Assessment 2005). Incluso en la actualidad, este supuesto, sigue siendo una de las principales motivaciones que sustentan la investigación de SE (Droste, D'Amato y Goddard 2018)

A pesar del rápido aumento de publicaciones científicas sobre SE (Costanza, R; de Groot, R; et al 2017), la calidad y el estado de los SE y del medio ambiente, en general, sigue disminuyendo (IPBES 2018; Legagneux y otros 2017).

Por otra parte, el concepto de SE no ha sido adoptado tan rápida y ampliamente por los tomadores de decisiones como algunos investigadores podrían haber esperado, lo que provocó una reflexión sobre cómo convertir en práctica, la promesa de los SE como instrumento de mejora para la conservación de los ecosistemas (Guerry et al. 2015).

En Latinoamérica, según (Cienciambiental Consultores S.A 2014), el estudio de servicios ecosistémicos se ha incrementado desde el año 2005, pero aún la aplicación de metodologías de mapeo y modelación de servicios ecosistémico se encuentra escasamente desarrollada.

En nuestro país, el Ministerio de Medio Ambiente a través de su propuesta sobre el Marco Conceptual, Definición y Clasificación de Servicios Ecosistémicos (MMA 2014), incorporó la definición de Servicios Ecosistémicos (en adelante SEs) de la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (Haines-Young 2017) los que son definidos como “*las contribuciones que los ecosistemas ofrecen al bienestar humano*”.

Dichos autores, destacan el hecho de que deben valorizarse sólo aquellos servicios que son directamente consumidos por el ser humano, para evitar sobrestimar su valor. Es importante agregar que los servicios ecosistémicos de soporte son indispensables para el funcionamiento de los procesos ecológicos, por lo que su identificación es necesaria para conocer el estado de los ecosistemas.

La mirada ecosistémica cobra especial relevancia en la gestión de los sistemas hídricos, debido a que las presiones antrópicas generan efectos sinérgicos que pueden modificar o afectar a otros sistemas asociados. Por esta razón, al momento de realizar planes de conservación, protección o recuperación del humedal, se deben considerar los factores o presiones que provienen de los sistemas hídricos asociados a este como, por ejemplo; quebradas, esteros, afluentes, ríos. Considerando lo anterior, es importante analizar dichos elementos, al momento de realizar la gestión ambiental de los sistemas hídricos para la provisión de los servicios ecosistémicos (Balzan, y otros 2021).

Los humedales costeros poseen un alto valor ecológico y vulnerabilidad a las actividades antrópicas y naturales. Estos ecosistemas son definidos como “*la interfaz entre ecosistemas marinos y terrestres, altamente sensibles a las características de las masas de agua que entran y salen de ellos* (Niering 1985)”. Se ubican de preferencia en la desembocadura de arroyos y ríos, donde hay una mezcla periódica de las aguas salinas del mar con el agua dulce de los cauces (Fariña y Camaño 2012). Lo anterior les confiere el carácter de marismas o estuarios, donde predominan halófitos palustres que resisten la salinidad especialmente cambiante de estos ambientes afectados por la marea (Ramírez y Álvarez 2012).

Estos ecosistemas se reconocen cada vez más cómo multifuncionales, brindando diversos servicios ecosistémicos como protección contra inundaciones, filtración de agua urbana y hábitat de anidación y reproducción de especies clave (Yang, y otros 2017). No obstante, estos ecosistemas presentan amenazas, las que generalmente son de origen antrópico.

Estudios recientes han demostrado además reacciones de los humedales costeros, por efecto del cambio climático como por ejemplo: Menor flujos de sedimentos, debido a la reducción de las entradas de agua dulce (Cheng y otros 2020) produciendo así la precipitación y contaminación de metales pesados (Ye, y otros 2020), los altos niveles de compuestos orgánicos (Tang, y otros 2020)

y micro plásticos (Zhou, y otros 2020), la introducción de especies invasoras (Yang, y otros 2017) y la pérdida y fragmentación del hábitat (Brown, y otros 2020)

Según la literatura nacional e internacional, los humedales costeros son uno de los sistemas ecológicos que proveen más funciones ecosistémicas, sin embargo, son de los sistemas naturales más utilizados y amenazados a nivel mundial. La destrucción del hábitat, la contaminación, la extracción de agua, la sobreexplotación y las especies invasoras son las principales causas de su degradación (Millennium Ecosystem Assessment 2005)

Los humedales costeros son sistemas muy vulnerables a los impactos potenciales asociados con el cambio climático (Eisenreich, Bernasconi y Campostrini 2005), jugando un papel clave en la regulación de los flujos de agua, nutrientes y organismos entre la tierra, los ríos y el océano (Newton et al., 2014). Un ejemplo de esto es el aumento del nivel del mar (Haywood, et al 2020), provocando un aumento en la salinidad del humedal (Yu, y otros 2020).

Para la zona central de Chile, se espera la variación del valor medio de la temperatura y la precipitación entre el PRESENTE (1985-2005) y el FUTURO CERCANO (2020-2044) (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2).

Según la plataforma de simulación de Cambio Climático del Centro de investigación del Clima y Resiliencia (CR2.CL), para nuestra área de estudio ubicado en la zona central de Chile, esta muestra un aumento de la temperatura en aproximadamente de 0,7 ° C. (Figura 5-26). Por el contrario, para la variable precipitación convectiva se pronostica un aumento en aproximadamente 20%. Si bien para el Norte del país, se proyecta una disminución de la intensidad diaria, para en el resto del territorio se observa un leve aumento en la intensidad diaria, sobre todo en la cordillera Costera (CR2, 2018). Es decir que las precipitaciones serán más escasas, pero más intensas.

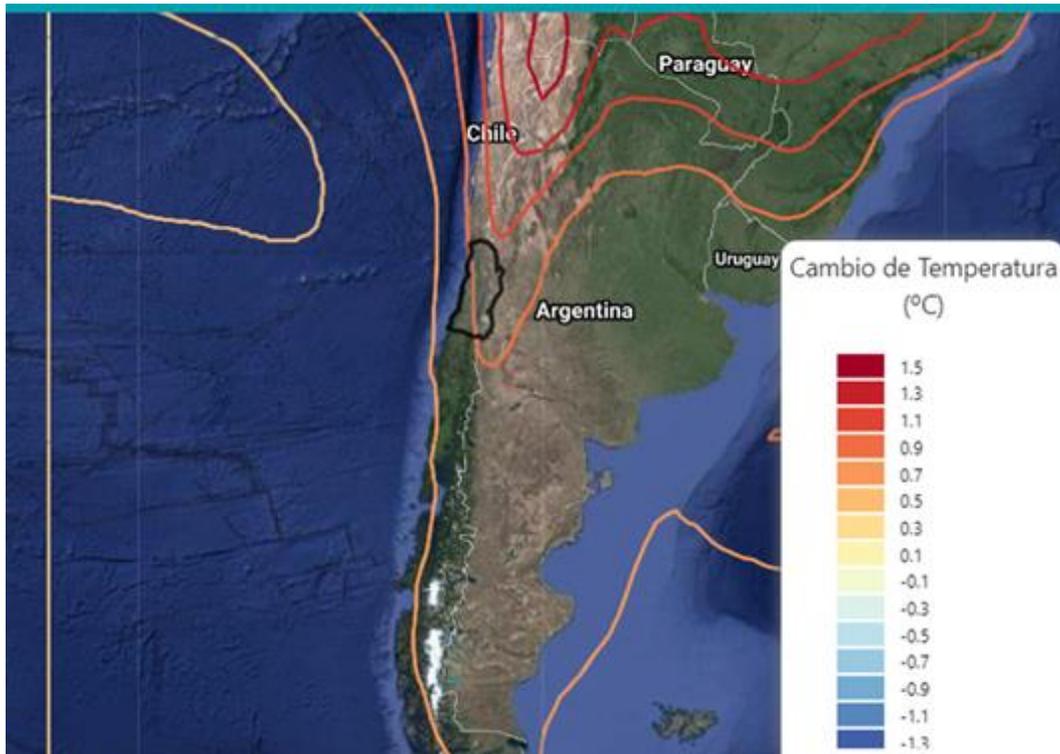


Figura 5-26 Proyección Cambio Climático variable Temperatura (C °) para la zona central de Chile (CR2.cl)

El aumento del nivel del mar, el aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación afectarían las tasas de descarga, la salinidad, la concentración de oxígeno disuelto y las propiedades biogeoquímicas. Estos cambios podrían alterar la composición y diversidad de las comunidades naturales, así como su sensibilidad a la eutrofización (Anthony et al., 2009), y sus capacidades para apoyar bienes y servicios (Cheng y otros 2020)

Respecto a los principales servicios ecosistémicos que brindan estos hábitats costeros incluyen el aprovisionamiento de alimentos (principalmente pescado y mariscos), almacenamiento de agua dulce, equilibrio hidrológico, regulación del clima, protección contra inundaciones, purificación de agua, producción de oxígeno, recreación y ecoturismo (Barbier, Koch y Kennedy 2012). La Tabla 5-10 , muestra según revisión bibliográfica, los servicios ecosistémicos que provee los Humedales Costeros.

La bibliografía utilizada para este análisis en el siguiente enlace: (<https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdOqfFeHpZVhyPxZmBOUQ?e=GamYtG>)

De esta se desprende, **20 servicios de provisión, 13 de regulación y mantención y 8 culturales**

Tabla 5-10 Identificación de Servicios Ecosistémicos en Humedales Costeros según Bibliografía

Tipo de SE	División	Servicios ecosistémicos	Grupo	
Provisión	Nutrición	Producción de biomasa para consumo humano	Cultivo de ostras	
			Cultivo de quinua	
			Agricultura de subsistencia	
		Recolección de recursos hidrobiológicos	recolección de algas	
			Caza	
			Pesca artesanal	
		Agua	Agua para consumo humano	
			Agua para consumo forestal	
			Agua para consumo agrícola	
			Agua para acuicultura	
		Materias primas	Materiales bióticos	Recolección de fibras e insumos naturales
				Captación de semillas de recursos hidrobiológicos
	Apicultura (miel, polinización, otros)			
	Reservas potenciales de material genético			
	Recolección de plantas medicinales			
	Materiales abióticos		Madera (construcción, leña, carbón, otros)	
	Energía	Combustible	Combustible fósil (turbas)	
			Oxígeno	
			Minerales no metálicos (sal, litio, otros)	
			Minerales metálicos	
Regulación y Soporte	Regulación de residuos sustancias tóxicas y otras molestias	Depuración y regulación de contaminantes (Biodegradación y Dilución)	Remediación vía biota	
			Remediación vía ecosistemas	
		Remediación de flujos	Flujos de masa	
			Flujos líquidos	
	Mantenimiento de las condiciones biológicas, químicas y físicas	Mantención de ciclo de vida, hábitat y protección de material genético	Flujos gaseosos/aire	
			Polinización	
			Dispersión de semillas	
			Corredor biológico significativo	

Tipo de SE	División	Servicios ecosistémicos	Grupo
		Retención y regulación de sedimentos	Regulación de contaminación térmica
			Regulación climática
			Control de erosión
			Control de crecidas y/o inundaciones
			Atenuación de riesgo natural (marejadas, Control de crecidas y/o inundaciones y tsunamis, huracanes, tormentas)
Culturales	Interacciones físicas e intelectuales con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos	Turística	Turismo de intereses especiales
			Actividades náuticas
		Educación, ciencia y cultura	Patrimonio cultural
			Ciencia e investigación
	Interacciones de tipo espiritual, simbólica y otras con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos	Valoración por comunidades indígenas y rurales	Educación
			Sitios ceremoniales
			Asentamientos temporales (recolectores de algas u pesca)
			Manifestación religiosa

Fuente: CICES (2013)

Los ecosistemas de lagunas costeras también sustentan una amplia gama de actividades humanas, incluidos sectores económicos como la pesca y la acuicultura, así como el ocio y el turismo (Barbier, Koch y Kennedy 2012). Por lo tanto, estos bienes y servicios de los ecosistemas no solo son económicamente valiosos, sino que también tienen valor social, estético y patrimonial debido a su contribución a las mejoras en la salud mental y psicológica (Sandifer, Sutton-Grier y Ward 2015). Por lo tanto, la conservación de las lagunas costeras y las cuencas aportantes, son relevantes por su importancia ecológica, junto con los valiosos servicios ecosistémicos (SE) que brindan para el bienestar humano. Por lo tanto, se requiere una gestión holística que involucre a economistas, ecólogos y científicos ambientales que evalúen los servicios de estos sistemas socio ecológicos (Barbier, Koch y Kennedy 2012).

5.2.1.3 Clasificación de los sistemas hídricos locales

A continuación, se identifican y definen los distintos elementos de la **Clasificación del Humedal Laguna de Cáhuil y su cuenca aportante**.

La secuencia metodológica aplicada en el presente estudio, se inicia con la selección del **Sistema Hídrico Focal**, el cual se define como el ecosistema que será el centro del estudio y análisis. Simultáneamente se identifican los **Sistemas Hídricos Secundarios**, los que influyen de forma directa, en la estructura y función del ecosistema hídrico focal. Finalmente se identifica el **Territorio de Influencia**, el cual se define como el territorio en que se inserta el sistema hídrico focal.

a. Sistemas Hídricos Focales

Se definen como aquellos sistemas cuya variable fundamental es el agua, siendo estos el objeto de estudio y análisis de la situación. Se analizaron desde su estructura, función y los factores que modifican el equilibrio de estos ecosistemas y los servicios que proveen (Fundación Chile 2016).

- **Laguna de Cáhuil:** Cuerpo de agua dulce salobre cercano a la costa, el cual se encuentra temporalmente aislado o conectado con el océano. Este sistema es particularmente complejo e inestable, por la fuerte dinámica en su evolución geológica, comportamiento fisicoquímico, actividades productivas y ocurrencia de diversos fenómenos climáticos y antrópicos que las hacen susceptibles al cambio.
- **Estero Nilahue:** La cuenca del Estero Nilahue se ubica en la VI región, con una extensión aproximada de 1.770 km². Nace a unos 60 km al sur de Pichilemu, con dirección sur a norte en casi la totalidad de su recorrido, desembocando en la localidad de Cáhuil por el norte y el estero Paredones por el sur. Posee una red de drenaje muy ramificada de acuerdo con la tectónica local, que ha fraccionado el macizo costero en ese sector (MOP 2007). Para esta cuenca, se ha experimentado un fuerte crecimiento en el número de solicitudes de constitución de derechos de aprovechamientos de aguas subterráneas, destinadas al uso agrícola, en su mayoría, debido al gran desarrollo de esta actividad en las últimas décadas, así como al abastecimiento creciente de otros sectores como el industrial y el suministro de agua potable para la población. Esto ha llevado a que se produzca una fuerte demanda de los recursos hídricos, lo que, en contexto de recursos superficiales comprometidos en el abastecimiento de usos actuales, ha generado demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos subterráneos.

b. Sistemas Hídricos Secundarios

Se define como aquel sistema hídrico que se encuentra directamente relacionado al sistema hídrico focal y que posee cierta influencia sobre él (Fundación Chile 2016).

c. Sistema Litoral-Mar:

Según (De la Lanza 1999), el sistema Litoral se define como una región de ancho definido que se extiende desde la plataforma marina hasta tierra adentro, donde influyen los aerosoles marinos o el primer cambio importante de las características del terreno, incluyendo cantiles, terrazas de origen marino y planicies costeras. El mar a través de sus dinámicas, bajamar y pleamar va dejando depósitos de arena y dunas. La migración hacia el interior del continente de estos depósitos, por acción eólica producen los campos de dunas. Concordantemente con esto, debiera esperarse un envejecimiento de edad con el alejamiento de la playa. Los depósitos de arena de playa no son utilizados para la extracción de agua potable, debido a su carácter químico. Estos acuíferos están sometidos a intrusiones marinas, relacionadas con mareas altas. Los depósitos de dunas y paleo dunas poseen buena granulometría, alta permeabilidad y eficiente recarga pluvial. El nivel freático superficial favorece la extracción mediante baterías de punteras y drenes. Estas aguas presentan ciertas restricciones químicas, como cloruros, sulfatos y sodio, asociadas al ambiente litoral (MOP 2007).

- **Salinas:** Casi en la zona de desembocadura del estero Nilahue se desarrollan las salinas. La proximidad del litoral y el desarrollo de barras sedimentarias determinan precarias condiciones de escurrimiento, las que se traducen en la depositación de sedimentos finos. El escaso escurrimiento superficial favorece las intrusiones marinas, elevando el contenido de cloruros a valores comparables a verdaderas salmueras (MOP 2007).
- **Embalse Convento Viejo a través de canales de regadío:** Este embalse acumula las aguas del estero Chimbarongo y del canal Teno – Chimbarongo, con el propósito de regular sus caudales, entregando una mayor capacidad y estabilidad de riego. Aumenta la disponibilidad de agua en la zona actualmente regada del valle de Chimbarongo y permite incorporar a riego los valles de Lolol, Nilahue y Pumanque.

d. Área o Territorio Funcional/Influencia

Se define como el territorio de influencia donde se inserta el sistema hídrico focal. Es de importancia considerar el área Funcional, debido a que la escala espacial y temporal del Ecosistema, es decir, la dinámica y estructura de los ecosistemas acuáticos se consideran "Escala Dependiente". Esto significa que el ecosistema acuático entregará información diferente según la escala (tiempo y espacio) con la que se observe (Fundación Chile 2016).

Los ecosistemas cuentan con varios elementos diagnósticos, como su composición (la identidad de las especies), su estructura (las relaciones entre los componentes y su entorno) y su funcionalidad (estabilidad de los procesos internos e interacciones que permiten que el ecosistema sea mantenga

en el tiempo) (Primack 2010). El área funcional definida es la influencia hídrica de los sistemas hídricos focales. En estos se produce una fuerte sinergia e interacción entre sistemas hídricos marinos y terrestres (principalmente fluviales), confluyen factores bióticos (vegetales, animales, microorganismos) y abióticos (físicoquímico, hidro morfológico, etc.), los cuales forman una sensibilidad a los cambios o intervención humana (Primack, op cit).

A continuación, la Figura 5-28 muestra la clasificación de los sistemas hídricos para posteriormente identificar los servicios ecosistémicos asociados a ellos.

Se identificaron las áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos en el Humedal Laguna de Cáhul y su subcuenca aportante. Para ello se utilizó la delimitación y clasificación de suelo obtenida en los objetivos anteriores. Adicionalmente se zonificaron los sistemas hídricos para la identificación y posterior evaluación de los servicios ecosistémicos. La muestra la zonificación de los sistemas hídricos.

Los servicios ecosistémicos del área de estudio asociado con las amenazas se encuentran en el **Anexo 3** https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgfl1GG_kzq7rX-MxBg?e=oZXSeJ

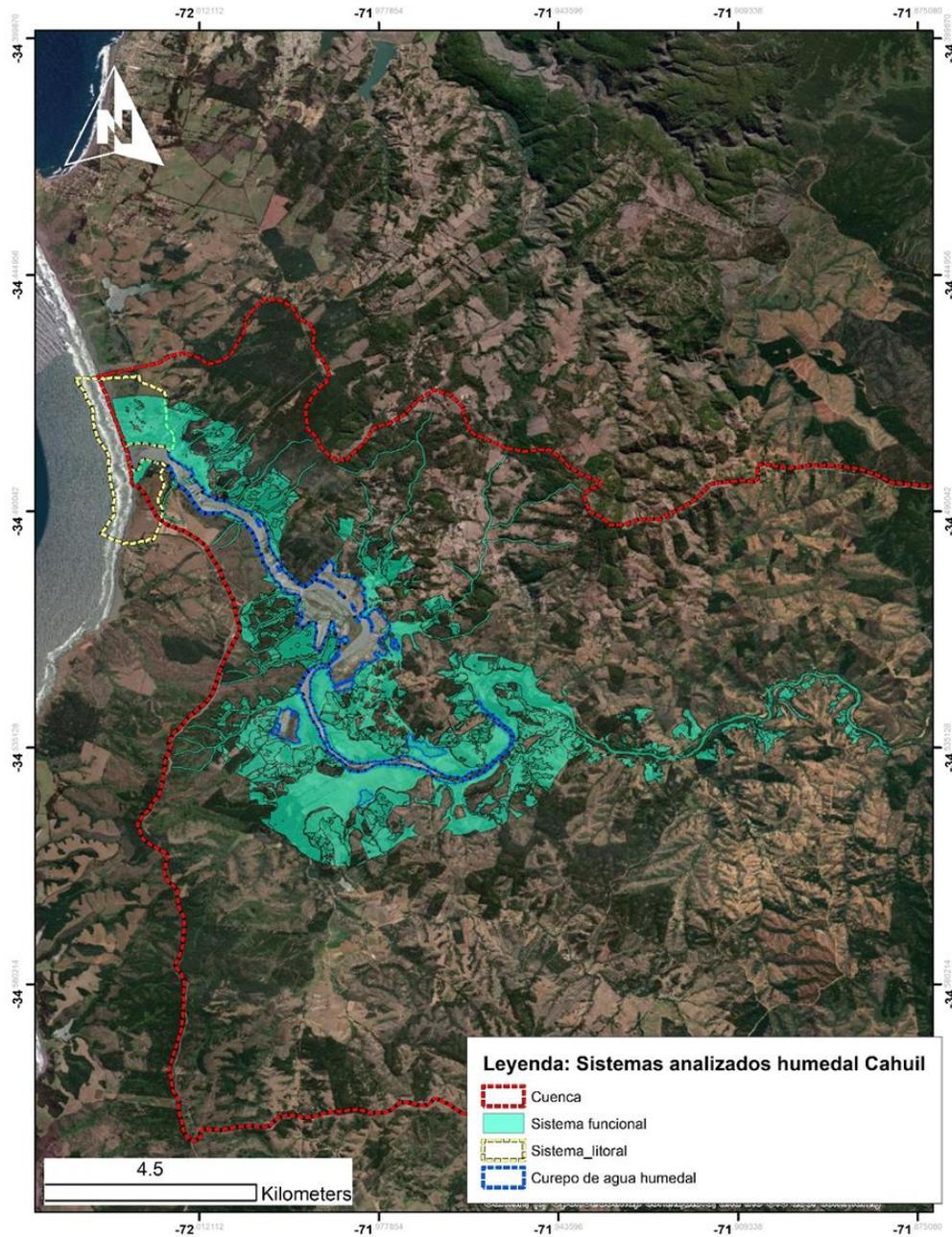


Figura 5-27 Zonificación hídrica para la evaluación de los servicios ecosistémicos. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehKPttoBDF2oJydlw>

5.2.1.4 Mapeo de Áreas relevantes para la biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (SSEE).

Al utilizar la definición de biodiversidad ampliamente aceptada del Convenio sobre la Diversidad Biológica y el trabajo para la Evaluación Nacional de Ecosistemas del Reino Unido, la biodiversidad tiene roles clave en todos los niveles de la jerarquía de servicios ecosistémicos: como regulador de los procesos ecosistémicos, como servicio ecosistémico final y como un bien que está sujeto a valoración, ya sea económica o de otro tipo (Mace, Norris y Fitter 2012).

Los ecosistemas poseen una capacidad natural de absorción y de auto limpieza, si se la sobrepasa, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos (por ejemplo, los peces) se deterioran y se generan costos de limpieza o restauración extremadamente elevados (UNESCO 2003). No obstante, la fuerte dependencia de las comunidades por los bienes y servicios que ofrece la biodiversidad y los ecosistemas en donde vive, ha deteriorado y puesto en serio peligro la permanencia de muchas de sus especies, junto con su integridad y funcionamiento adecuado.

En la actualidad, la mayor parte de los ecosistemas se encuentran afectados por una serie de presiones o amenazas provocadas tanto por la acción humana como por la variabilidad de los sistemas naturales (UNESCO 2006), siendo estas la destrucción y la fragmentación del hábitat, la introducción de especies exóticas y las actividades humanas, tales como alteraciones de la hidrología, deforestación e incorporación de nutrientes y contaminantes de desechos orgánicos e industriales (Marín et al., 2006).

Los ecosistemas son sistemas altamente complejos en donde interactúan componentes bióticos y abióticos, incluyendo la biodiversidad. Son estas relaciones las que determinaran la cantidad, la calidad y la confiabilidad de los servicios de los ecosistemas que proveen.

Para fines de este estudio, se propone a la biodiversidad como un regulador de los procesos de los ecosistemas, sustentando a los servicios que estos proveen. Un ejemplo de esto, es que la dinámica de muchos ciclos biogeoquímicos, están determinados por la composición de las comunidades biológicas en el suelo (Bredfor, MA. et al 2002). O que la resiliencia a las plagas y a los cambios ambientales aumenta en comunidades biológicas más diversas (Cardinale, B.J. et al. 2003). En muchos contextos, una mayor biodiversidad se asocia con un aumento de las funciones de los ecosistemas (Balvanera, P. et al. 2006).

A continuación, se describen aquellas áreas relevantes para la biodiversidad según la clasificación de los sistemas hídricos anteriormente descritos.

5.2.1.4.1 **Área Relevante para la biodiversidad y SSEE: Sistema Litoral**

La dinámica costera es la encargada de la construcción geomorfológica de la línea de costa y también, la responsable de los procesos de erosión y deposición que la mantienen en constante alteración (McLaclan 1980). En el área de estudio el litoral es predominantemente intermedio con alta energía. Presenta rompientes de altura promedio de 2-3 m, lo que explica las condiciones de erosión de los perfiles de playas y de las dunas anteriores (Cofre, y otros 2016).

Las playas, dunas y cordones litorales están unidas e interactúan entre sí. A pesar de tener características distintas forman parte de un mismo ecosistema. Esto debido a la capacidad de la arena para moverse y volver al mar, a la playa o a otros médanos (dunas), según la fuerza del agua y del viento (Cofre, y otros 2016).

En general, la arena se forma cuando las rocas que están en las montañas que se desgajan y se rompen. El agua de lluvia las arrastra hasta arroyos y ríos, donde se fragmentan hasta llegar al mar en forma de arena. Las corrientes de mar y las mareas distribuyen la arena para formar parte de la playa. Adicionalmente, los vientos levantan la arena de la playa y la acumulan para formar las dunas y acumulaciones eólicas estabilizadas e indiferenciadas.

Para la identificación de los servicios ecosistémicos se utilizó la información de las unidades geomorfológicas del litoral (Soto, M V 2005), donde a cada servicio ecosistémico se le asocio las unidades litorales y geomorfológicas que contribuyen a su generación.

Lo anterior fue complementado con información de los talleres participativos (<https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdQgfEkX-f3mLVMcydW6Q?e=cvMJgM>), encuesta y entrevistas. La descripción de los servicios ecosistémicos se encuentra en la y su distribución espacial se presenta en la

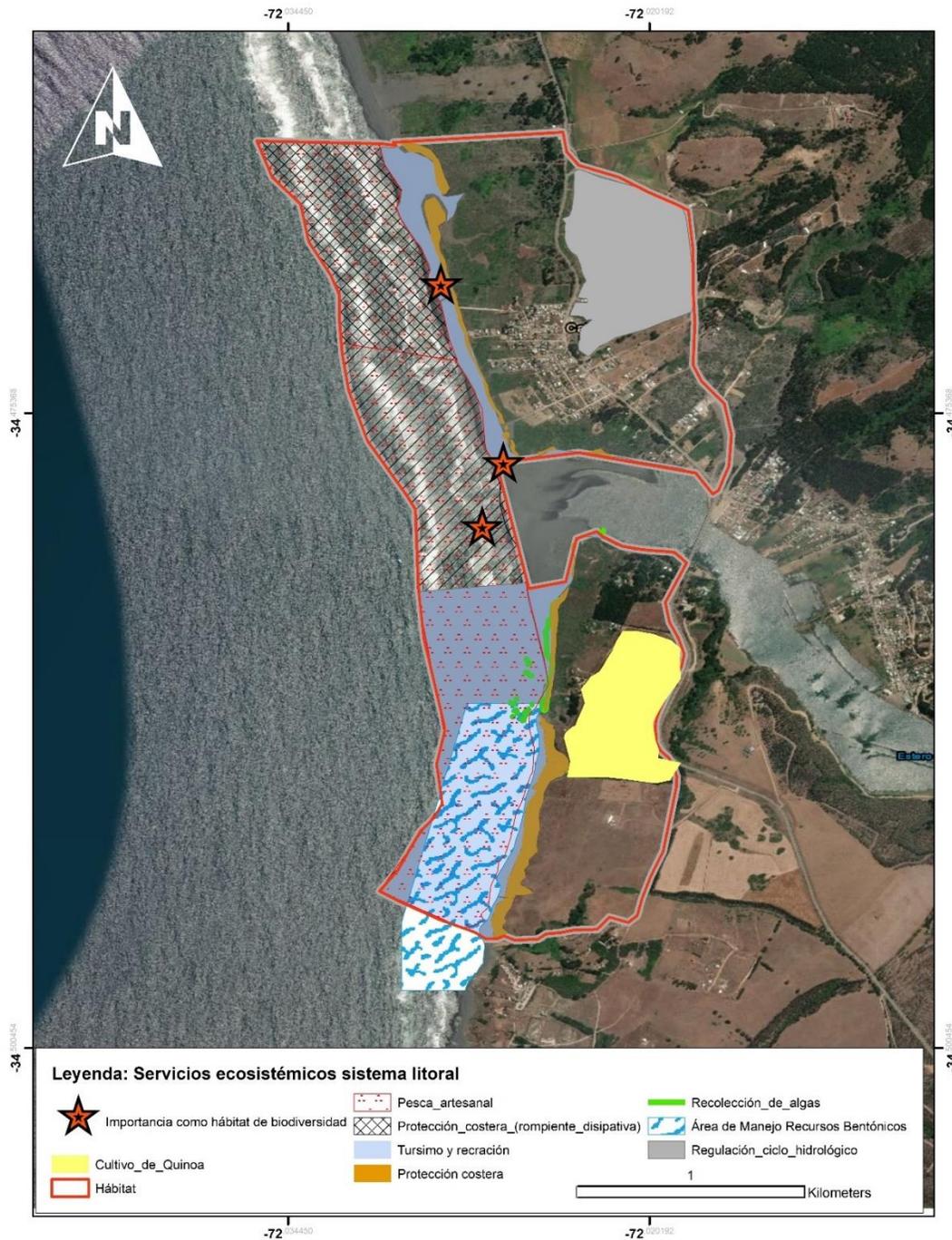


Figura 5-28 Servicios ecosistémicos Sistema litoral. Disponible en https://drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehM_y8PDU6SlcLMtA

Tabla 5-11 Descripción de los Indicadores de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos del Sistema litoral

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
Provisión	Producción de biomasa para consumo humano	Capacidad productiva del ecosistema marino costero, entendida como, producción de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos a través de los procesos de fotosíntesis o quimio síntesis. La producción primaria es el punto de partida de la circulación de energía y nutrientes a través de las cadenas tróficas.	Afloramientos rocosos	Áreas de manejo de recursos bentónicos (Extracción de recursos del mar)	Choro (<i>Choromytilus chorus</i>)
			Calidad de agua	Afloramientos de roca en la rompiente (Recolección de algas)	Chasca (<i>Gelidium lingulatum</i>) Luga (<i>Gigartina skottsbergii</i>) Cochayuyo (<i>Durvillaea antarctica</i>) Huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>) Lucho (<i>Porphyra columbina</i>)
			Dinámica submareal	Área de pesca artesanal	Roncador (<i>Micropogonias manni</i>) Pejerrey (<i>Odonthestes regia</i>) Robalo (<i>Eleginops madovinus</i>) Cachamba (<i>Mugil cephalus</i>)
Regulación	Protección costera	Atenúa y / o disipa las ondas, y retiene sedimentos y viento	Tipos de rompiente	Tipo de rompiente	
				Cordón litoral	
	Hábitat	Proporciona un adecuado hábitat para la reproducción y crianza de especies	Condiciones hidrodinámicas	Área submareal, intermareal y todas las estructuras geomorfológicas	
		Intercambio de sedimentos			
	Almacenamiento y procesamiento de nutrientes (Secuestro de carbono, biorremediación y mantención de las	Los sistemas litorales aportan altos niveles de nutrientes y movilizan carbono, nitrógeno, fósforo, silicio y oxígeno (Gajardo et al, 2013). Por otra parte, los animales filtradores característico del borde costero y zonas litorales tienen gran importancia	Procesos morfo sedimentarios	Tipo de rompiente	

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
	condiciones físicas químicas y abiótica)	ecológica, al ser los encargados de renovar constantemente las masas de agua y mantener una estabilidad en las partículas que se encuentran suspendidas en el agua. Además, muchas de estas especies constituyen el alimento de otros animales, siendo así uno de los primeros eslabones de la cadena trófica al ser estos consumidores de organismos autótrofos como las microalgas.	Organismos autótrofos y Filtradores	Área de intercambio	
	Regulación del ciclo hídrico (almacenamiento, dilución agua marina y salada, y filtración)	El agua de lluvia se filtra en los sistemas de dunas y alimenta el manto freático. Esta agua dulce subterránea también funciona como un tapón que evita que penetre el agua salina proveniente del mar hacia tierra adentro (cita). La extracción de agua y reducción del grosor de esta capa de agua dulce existe una excesiva salinización del agua subterránea	Procesos morfosedimentarios	Mar Llanuras aluviales	
Cultural	Turismo, recreación, educación e investigación	Proporciona paisajes únicos y estéticos, hábitat adecuado para diversa fauna y flora	Procesos morfosedimentarios	Mar Playa	Nidificación de especies clasificadas en estados de conservación: Chorlo nevado (<i>Charadrius nivosus</i>) y Pilpilén (<i>Haematopus palliatus</i>)
				Espejo de agua Cordón litoral	

5.2.1.4.2 Amenazas a la Biodiversidad y SSEE: Sistema Litoral

El sistema litoral y borde costero del humedal presenta una serie de factores forzantes para la generación de servicios ecosistémicos. Algunos factores se relacionan con procesos naturales y globales como el cambio y variabilidad climática y los efectos tectónicos producto de la subducción interplaca. Ambos factores tienen influencia sobre el comportamiento del mar, el patrón de precipitaciones y la profundidad del espejo de agua del humedal.

Otros factores dicen relación con los efectos de las actividades humanas sobre los humedales estuarinos. En Chile, los estudios enfocados en caracterizar o evaluar dichos impactos son escasos, recientes, principalmente de la última década, y se han enfocado en diversos tipos de humedales (Correa, y otros 2011).

Dentro de los factores se encuentran:

- **Expansión urbana:** Este factor representa un deterioro de las condiciones ambientales circundantes. Dentro de los efectos de este fenómeno se encuentran el aumento de la generación de residuos sólidos y líquidos que van a parar a los ecosistemas naturales. Adicionalmente el crecimiento urbano tiene impactos sobre el ciclo hidrológico tanto en forma cuantitativa como cualitativa. El bombeo excesivo del agua subterránea disminuye el nivel freático y en muchos casos genera problemas de salinización (Fernández 2010)

Otro de los impactos generados a partir de la expansión urbana no regulada es la alteración de los flujos hidrológicos a través de la impermeabilización de superficies y del relleno de sectores pertenecientes al humedal, aumentando el riesgo de inundaciones y limitando las recargas freáticas.

En el área de estudio el crecimiento urbano ha inestabilizado las zonas de depósitos sedimentarios eólicos, alterando la distribución de sedimentos en el borde costero e influyendo en el comportamiento de la barra.

- **Contaminación de aguas:** El aporte de nutrientes, tales como el fósforo y el nitrógeno, hacia cuerpos de aguas superficiales, acelera el proceso de eutroficación de estos ecosistemas (Tundisi y Matsumura-Tundisi 1990). Esto conlleva a su paulatina degradación mediante una disminución en la transparencia de la columna de agua (Lampert y Sommer 1997) en los niveles de oxígeno disuelto (Carpenter, y otros 1998) y por la rápida proliferación de algas tóxicas (blooms) (Bobbink, y otros 2006), especialmente en las zonas del borde.
- **Aumento de sedimentos:** Las relaciones existentes entre los cambios de uso de suelo intensivos que se han desarrollado en la cuenca (agricultura triguera antaño, expansión urbana y plantaciones exótica) son reflejados en línea costera, lo anterior puede derivar en la evolución transmutativa de dunas en el primer caso y en la acreción de las formas de dunas anteriores y transgresión de frentes dunarios (Soto, y otros 2011).

- **Pérdida de biodiversidad:** Asociado al crecimiento urbano y prácticas de turismo no regulada existe una pérdida de biodiversidad importante para la estabilización dunaria como de lugares de anidamiento y alimentación de aves
- **Recolección y extracción no normada y no regulada de algas:** este factor tiene influencia en la abundancia y stock de las especies de alga.
- **Manejo desregulado y no normado de barra de arena:** este factor afecta el estado trófico del humedal a través de la modificación del balance químico. La magnitud y la temporalidad del caudal determinan las condiciones de oxido-reducción en los sedimentos, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones de hábitats para los peces marinos.
- **Embalse Convento Viejo:** durante la época de estiaje ha estado aportando caudales excedentes de riego, lo que ha provocado alteraciones en algunos servicios ecosistémicos, como las salinas.
- **Ausencia de Gobernanza:** La Gestión y Gobernanza del Humedal Laguna de Cáhuil, principalmente en la gestión de la barra de arena, no presenta referencias ni principios orientadores hacia la conservación del ecosistema y sus servicios, construyendo un marco de incertidumbres en la comunicación eficaz entre las instituciones públicas vinculadas al territorio; esto incluye, leyes, normas, decretos, ordenanzas municipales y sobre todo una ley consuetudinaria

La relación de estas amenazas con los servicios ecosistémicos se señala en la Tabla 5-12 y su localización espacial en la Figura 5-29.

Tabla 5-12 Relación entre amenazas y servicios ecosistémicos

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante	
Provisión	Producción de biomasa para consumo humano	Sedimentación	Cuenca	
		Contaminación de aguas	Humedal - Cuenca	
		Recolección y extracción no normada y no regulada	Sistema litoral	
Regulación	Protección costera	Incremento en la frecuencia e intensidad de marejadas	Global	
		Cambios en la dirección del flujo medio de energía del oleaje y	Regional	
		Aumento del nivel medio del mar absoluto	Global	
		Expansión urbana	Humedal - Cuenca	
		Manejo desregulado y no normado de barra de arena	Humedal - Cuenca, sistema litoral	
	Hábitat	Sedimentación	Cuenca	
		Contaminación de aguas	Humedal Cuenca	
		Alteración de depósitos eólicos y dunas	Sistema litoral	
	Almacenamiento y procesamiento de nutrientes (Secuestro de carbono, biorremediación y mantención de las condiciones físicas químicas y abiótica)	Climática	Global	
		Aumento y disminución de caudales por efectos Convento Viejo	Cuenca	
		Contaminación de aguas	Humedal	
		Manejo desregulado y no normado de barra de arena	Humedal - Cuenca, sistema litoral	
		Regulación del ciclo hídrico (almacenamiento, dilución agua marina y salada, y filtración)	Climática	Global
			Aumento y disminución de caudales por efectos antrópicos	Cuenca
			Contaminación de aguas	Humedal
Especies invasoras	Global			
Manejo desregulado y no normado de barra de arena	Humedal - Cuenca, sistema litoral			
Cultural	Turismo, recreación	Aumento y disminución de caudales por efectos antrópicos	Global	
		Contaminación de aguas	Cuenca	
	educación e investigación	Manejo desregulado y no normado de barra de arena	Humedal - Cuenca, sistema litoral	

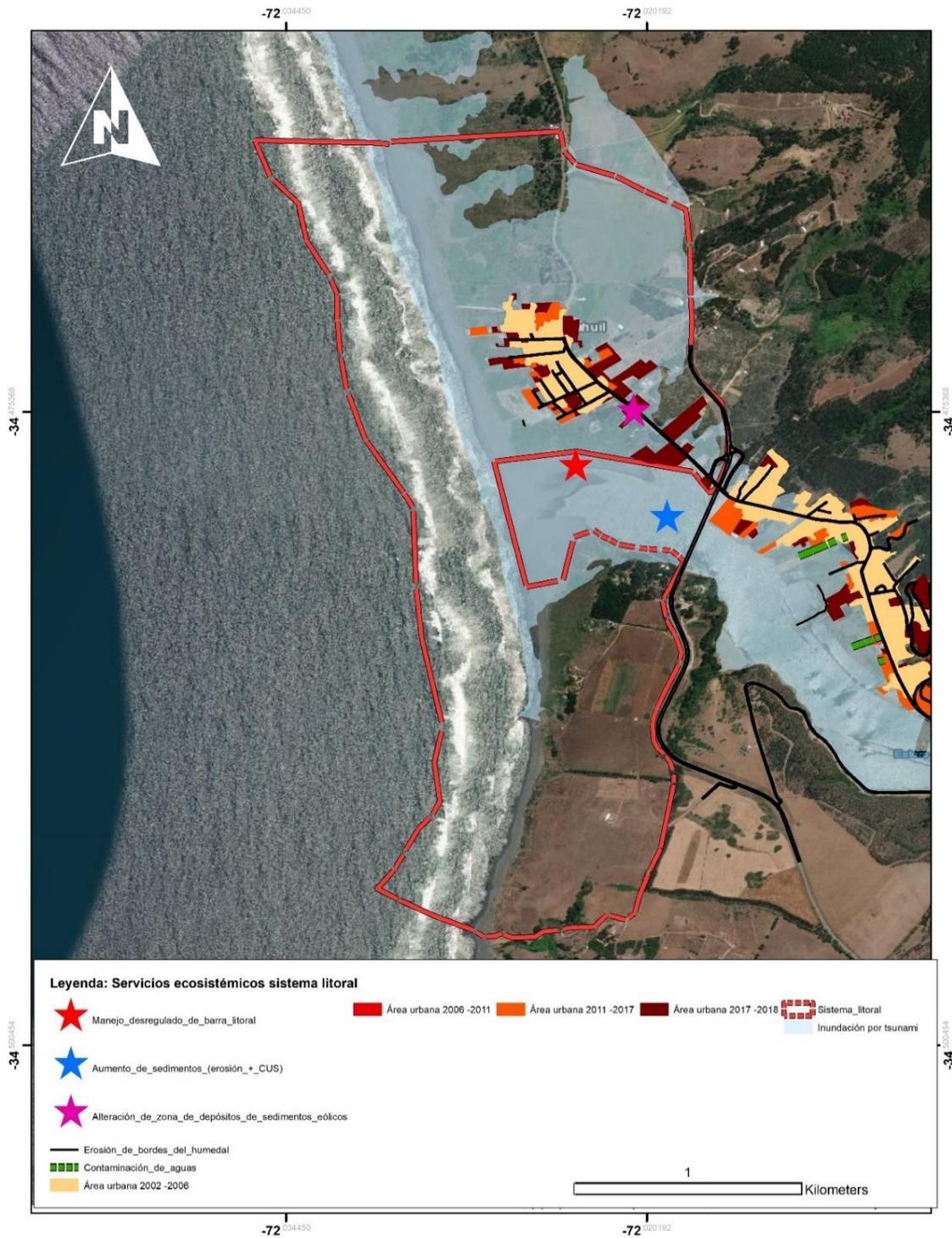


Figura 5-29 Amenazas a los servicios ecosistémicos en el sistema litoral. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeg3AeXNDXF-vEZgoA>

5.2.1.4.3 Área Relevante para la Biodiversidad y SSEE: Sistema Cuerpo De Agua Del Humedal

La Laguna Cáhuil, corresponde a un estuario que se encuentra estacionalmente cerrado por una barra de arenas transportados por la deriva litoral. El sistema se conforma a partir de la desembocadura del estero Nilahue la que al encontrarse cerrada durante varios meses del año da origen a la llamada laguna de Cáhuil.

Hidrológicamente, constituye un estuario altamente estratificado, con una masa de agua de origen fluvial con dirección hacia el mar por encima de una masa de agua salada más densa de origen marino, durante el período en que la barra arenosa permanece abierta, lo que permite una influencia mareal dentro de ella. Las condiciones hidrológicas cambian drásticamente con la barra cerrada, momento en el cual la distribución de la salinidad en el cuerpo de agua se hace homogénea y pierde el patrón típicamente estuarial (Andrade y Grau 2005)

Este sistema proporciona servicios ecosistémicos de alto valor ya que actúa como receptor, conductor, fuente y sumidero de sustancias bióticas y abióticas (Zedler y Kercher 2005). Su área de captación permite que los sedimentos y otros materiales se acumulen y se asientan, proporcionando agua más limpia al servicio de las comunidades bióticas incluidos los asentamientos humanos.

Para la identificación de los servicios ecosistémico del sistema, se utilizó la información levantada en las encuestas, entrevistas, campañas de terreno y talleres participativos, lo que fu complementado por fotointerpretación en Google Earth. La descripción de los servicios ecosistémicos se encuentra en la Tabla 5-13 y su distribución espacial se presenta en la Figura 5-30 (<https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehCJ6e6LF2AU9mlMg?e=yKX6xN>)

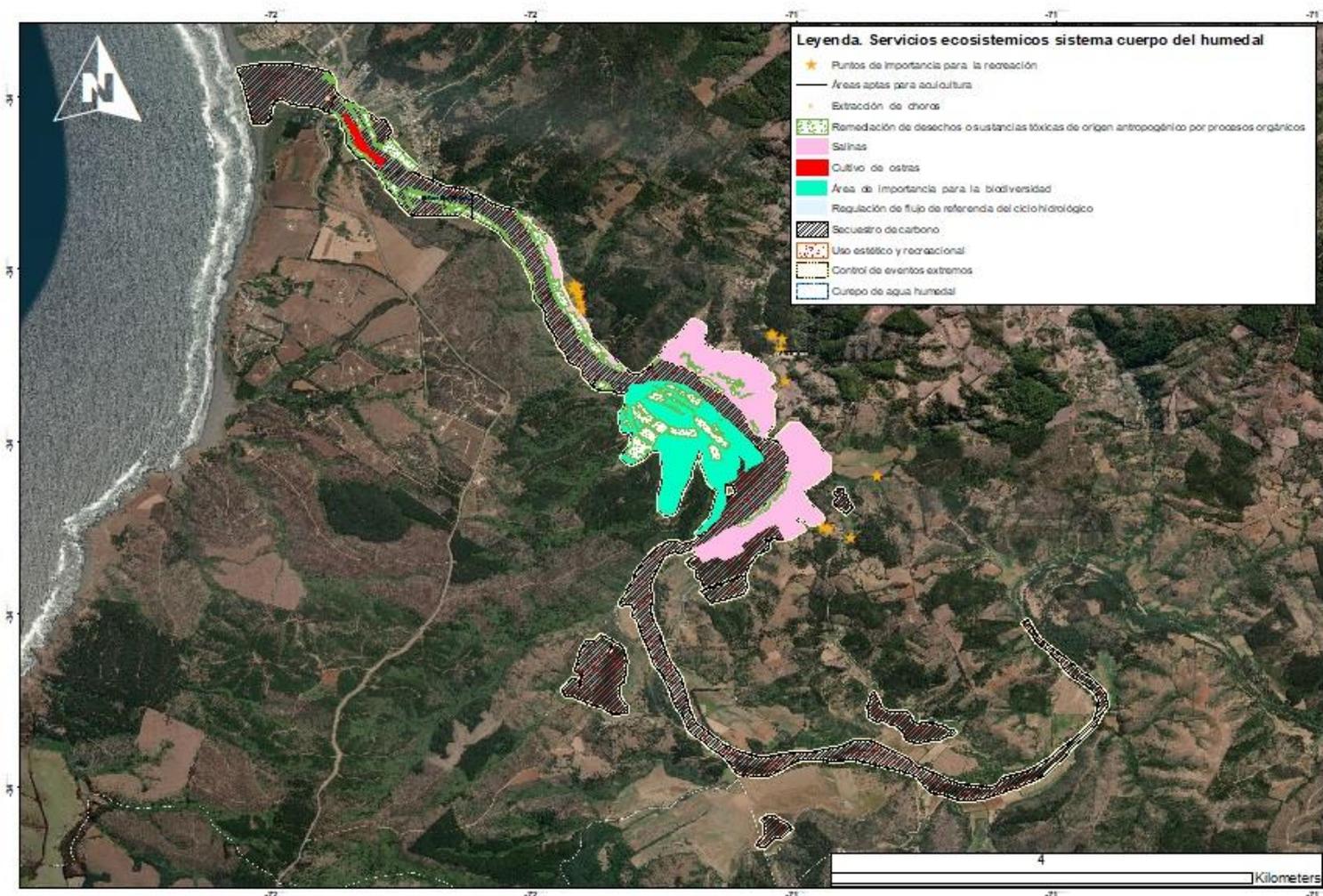


Figura 5-30 Servicios ecosistémicos Sistema cuerpo de agua del humedal. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehCJ6e6LF2AU9mlMg>

Tabla 5-13 Descripción de los Indicadores de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos del sistema cuerpo de agua del humedal Laguna de Cáhuil.

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
	Provisión de alimentos (Acuicultura, pesca y extracción de animales acuáticos en laguna)	La combinación de abundantes nutrientes y poca profundidad en el espejo de agua promueve el crecimiento de organismos autótrofos base de una abundante cadena trófica	Sedimentos Profundidad	Áreas prioritarias para la acuicultura (cultivo de ostras)	Ostras (<i>Cassotrea giffgas</i>)
				Área de pesca artesanal	Roncador (<i>Micropogonias manni</i>) Pejerrey (<i>Odonthestes regia</i>) Robalo (<i>Eleginops madovinus</i>) Cachamba (<i>Mugil cephalus</i>)
Provisión	Provisión de materias primas (Salineras)	Hidrológicamente, constituye un estuario altamente estratificado, con una masa de agua de origen fluvial que mana hacia el mar por encima de una masa de agua salada más densa de origen marino, durante el período en que la barra arenosa permanece abierta, lo que permite una influencia mareal dentro de ella.	Cuña salina Barra litoral	Salinas	
Regulación	Control de eventos extremos	Acumulación de aguas de inundación e importancia en la mitigación de las inundaciones.	Área de captación	Área de captación	

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
	Regulación de flujos de referencia del ciclo hidrológico	Retienen y disminuyen la velocidad de los flujos y reduciendo los niveles máximos de agua, y acumulando agua para épocas de escasez hídrica	Área de captación Sedimentos Vegetación	Cuerpo de agua	
	Remediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénico por procesos orgánicos	Las áreas saturadas tienen niveles muy bajos de oxígeno, particularmente en el "suelo" donde se accede por raíces y microorganismos (Sorrell y Gerbeaux 2004). Tan anóxico condiciones promover cambios en los procesos microbianos críticos resultantes en transformaciones de nutrientes anaeróbicos que producen nitrógeno disponible para uso de plantas (fijación nitrógeno) y convertir nitratos dentro gas inofensivo, mejorando así la calidad del agua (desnitrificación).	Floraciones algales y vegetación palustre	Vegetación en cuerpo de agua	
	Secuestro de carbono	Las condiciones de anoxia de los humedales promueven la acumulación de	Área de captación	Cuerpo de agua	

Tipo de SE	Servicios ecosistémicos	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
		vegetación palustre y acuática, que a su vez regula los niveles de carbono atmosférico y ayuda a enfriar los climas globales (Frolking y Roulet 2007).			
Cultural	Estético (Interacciones físicas y vivenciales con el entorno natural)	Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute mediante interacciones pasivas y activas.	Cuerpo de agua Biodiversidad	Cuerpo de agua	
	Opción de Legado	Características o rasgos de los sistemas vivos que tienen un valor de opción o legado	Cuña salina Barra litoral	Salinas	

5.2.1.4.4 Amenazas a la Biodiversidad y SSEE: Sistema Cuerpo De Agua Del Humedal

En general los factores que amenazan el sistema litoral son los mismos que afectan al sistema cuerpo de agua y se agregan otros como:

- a) **Relleno de humedal:** Aprovechamiento de deslindes de humedales para desarrollo urbano o actividades productivas mediante el relleno con tierra y material ajeno a humedal.
- b) **Cambios en la profundidad del espejo de agua:** Fariña et al. (2012) establecen cómo el cambio en el régimen de precipitaciones puede alterar la dinámica del humedal, facilitando las conexiones con el mar cuando existe aporte de precipitaciones y disminuyendo su espejo de agua en períodos de sequía. No obstante, en el cambio del espejo de agua intervienen múltiples factores como la influencia de perturbaciones naturales provenientes de la cuenca (aluviones), al efecto canalizaciones y embalses y al efecto combinado de dichos factores, tsunamis, tormentas marinas y ciclos sísmicos. Debido a estas amenazas, el humedal podría generar cambios en el patrón de dominancia de especies
- c) **Pérdida de costumbres.** Las migraciones campo ciudad son un tipo especial de migración porque en ella, no solo se cambia de lugar de residencia, sino también de profesión y prácticas, lo que genera cambios en los aspectos sociales, culturales y medioambientales del territorio.

La relación entre las amenazas y los servicios ecosistémicos se indican en **Tabla 5-14** y en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Tabla 5-14 Relación entre amenazas y servicios ecosistémicos

Tipo de SE	Servicio ecosistémico	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante
Provisión	Provisión de alimentos (Acuicultura, pesca y extracción de animales acuáticos en laguna)	Sedimentación Contaminación de aguas Recolección y extracción no normada y no regulada Rellenos	Cuenca Humedal - Cuenca aportante Sistema litoral
Provisión	Provisión de materias primas (Salineras)	Manejo desregulado y no normado de barra de arena Contaminación de aguas Cambios en la profundidad del espejo de agua	Sistema litoral Humedal. Cuenca aportante
Regulación	Control de eventos extremos		

Tipo de SE	Servicio ecosistémico	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante
		Rellenos Manejo desregulado y no normado de barra de arena Cambios en la profundidad del espejo de agua	Sistema litoral Humedal. Cuenca aportante
Regulación	Regulación de flujos de referencia del ciclo hidrológico	Rellenos Manejo desregulado y no normado de barra de arena Cambios en la profundidad del espejo de agua	Sistema litoral Humedal Cuenca aportante
Regulación	Remediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénico por procesos orgánico	Rellenos Manejo desregulado y no normado de barra de arena Cambios en el espejo de agua del humedal	Sistema litoral Humedal Cuenca aportante
Regulación	Secuestro de carbono	Rellenos Manejo desregulado y no normado de barra de arena Cambios en el espejo de agua del humedal Alteración de la biodiversidad	Humedal
Cultural	Estético (Interacciones físicas y vivenciales con el entorno natural)	Expansión urbana Rellenos Contaminación de aguas Pérdida de biodiversidad	Humedal Cuenca aportante
Cultural	Opción de Legado	Manejo desregulado y no normado de barra de arena Contaminación de aguas Cambios en la profundidad del espejo de agua Pérdida de costumbres	Sistema litoral Humedal Cuenca aportante

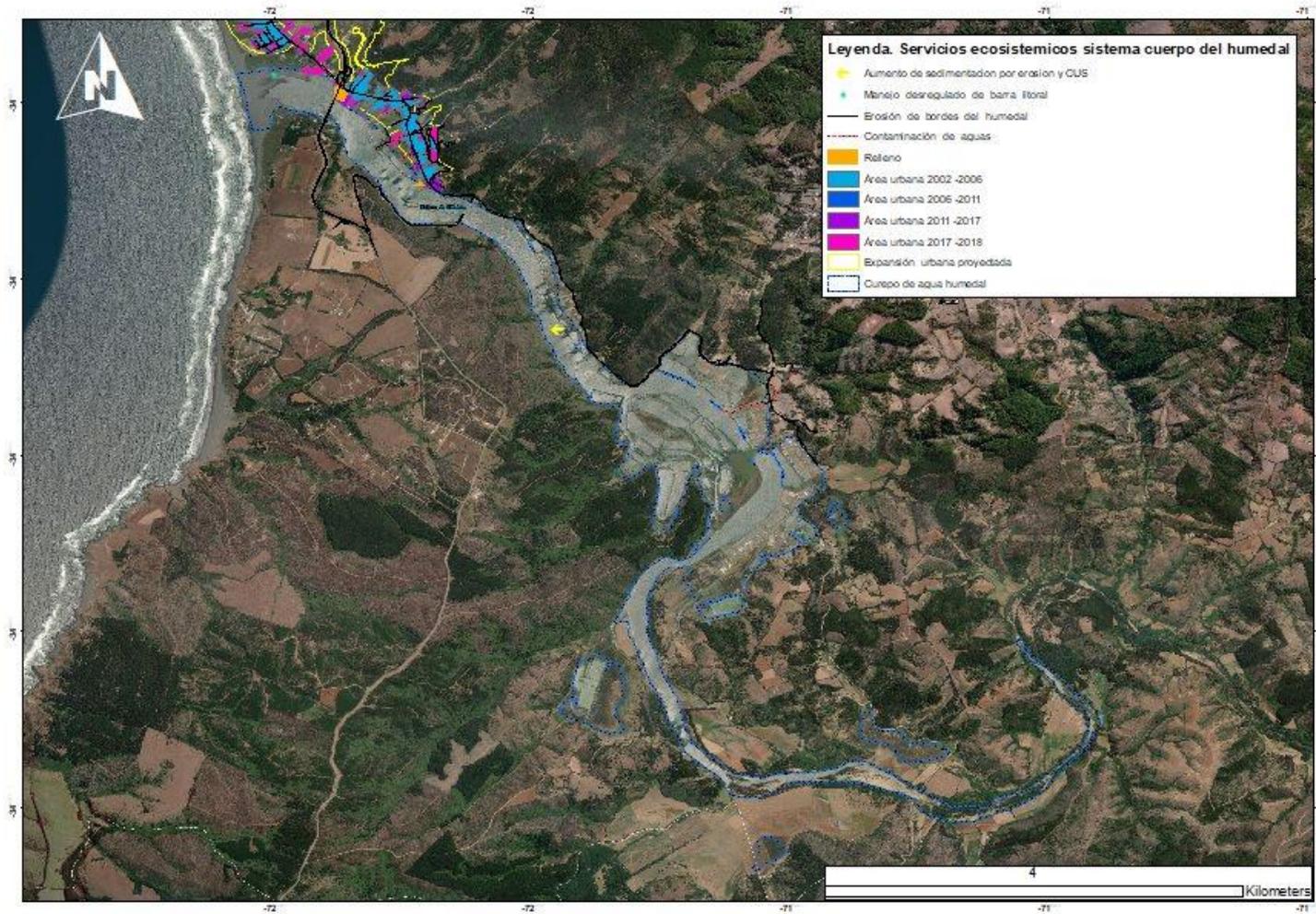


Figura 5-31 amenazas a los servicios ecosistémicos en el sistema cuerpo de agua del humedal. Disponible en <https://drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehEUbnuGoM4e-7lXw>

5.2.1.4.5 Área Relevante para la biodiversidad y SSEE: Sistema Área funcional del humedal

El Área funcional del humedal corresponde a la expresión dinámica de la estructura del humedal, que se manifiesta a través de los cambios en los flujos de materia y energía entre el interfaz de los ecosistemas acuáticos y terrestres y entre las aguas continentales y marinas.

Para la identificación de los servicios ecosistémico del sistema, se utilizó la información levantada en las encuestas, entrevistas, campañas de terreno y talleres participativos, lo que fu complementado por fotointerpretación en Google Earth y análisis de imágenes satelitales. La descripción de los servicios ecosistémicos se encuentra en la Tabla 5-15 y su distribución espacial se presenta en la Figura 5-32.

Tabla 5-15 Descripción de los Indicadores de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos del Sistema Funcional del humedal.

Tipo de SE	SSEE	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
Provisión	Cultivo de baja intensidad	El agua que los humedales acumulan constituye la base no sólo para la supervivencia de las comunidades locales sino también para el desarrollo de actividades productivas tales como la agricultura, forestal y la ganadería.	Fertilidad de suelo Clima Calidad de agua	Uso de suelo cultivo	
	Ganadería de baja intensidad	El agua que los humedales acumulan constituye la base no sólo para la supervivencia de las comunidades locales sino también para el	Fertilidad de suelo Clima	Uso de suelo praderas	

Tipo de SE	SSEE	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
		desarrollo de actividades productivas tales como la agricultura, forestal y la ganadería.			
	Provisión de agua superficial para uso silvoagropecuario	El agua escurre a partir de las quebradas, estero Nilahue y cuerpo de agua del humedal dando la posibilidad para el uso antrópico	Ciclo hidrológico	Derechos de agua	
	Provisión de agua subterránea para uso silvoagropecuario	El agua de lluvia se filtra en los sistemas de y alimenta el manto freático. Esta agua dulce subterránea también funciona como un tapón que evita que penetre el agua salina proveniente del mar hacia tierra adentro	Ciclo hidrológico	Derechos de agua	
	Provisión de agua subterránea para consumo humano	El agua de lluvia se filtra en los sistemas de y alimenta el manto freático. Esta agua dulce subterránea también funciona como un tapón que evita que	Ciclo hidrológico	Derechos de agua	

Tipo de SE	SSEE	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
		penetre el agua salina proveniente del mar hacia tierra adentro			
	Provisión de productos madereros	El agua que los humedales acumulan constituye la base no sólo para la supervivencia de las comunidades locales sino también para el desarrollo de actividades productivas tales como la agricultura, forestal y la ganadería.	Fertilidad de suelo Clima	Uso de suelo plantaciones	
Regulación	Control de la tasa de erosión	Retención y regulación de sedimentos, ciclados de nutrientes	Quebradas	Área de separación y/o amortiguación (buffer) quebradas	
	Control de inundaciones	Contribución de áreas aledañas a la laguna Cáhuil a generar funciones de amortiguación frente a la intensidad de perturbaciones ambientales como inundaciones, tsunamis, crecidas.	Vegetación ripariana Suelos inundables	Curva de nivel 5 metros	

Tipo de SE	SSEE	Procesos y funciones ecosistémicas	Componentes claves	Indicadores espaciales	Indicador Biodiversidad
	Hábitat para la biodiversidad	Lugar de crianza y refugio para variadas especies acuáticas y terrestres.	Vegetación ripariana Salinas Abandonadas Delta del estero	Estudio Planificación Ecológica de la VI Región Levantamiento campaña de terreno	Destacan: Cisne Coscoroba (<i>Coscoroba coscoroba</i>) Cisne Cuello Negro (<i>Cygnus melancoryphus</i>) Gaviota Cahuil (<i>Chroicocephalus maculipennis</i>)
Cultural	Recreación turismo y belleza escénica	Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas, activas o inmersivas.	Hábitat para la biodiversidad Paisaje	Área funcional del humedal	

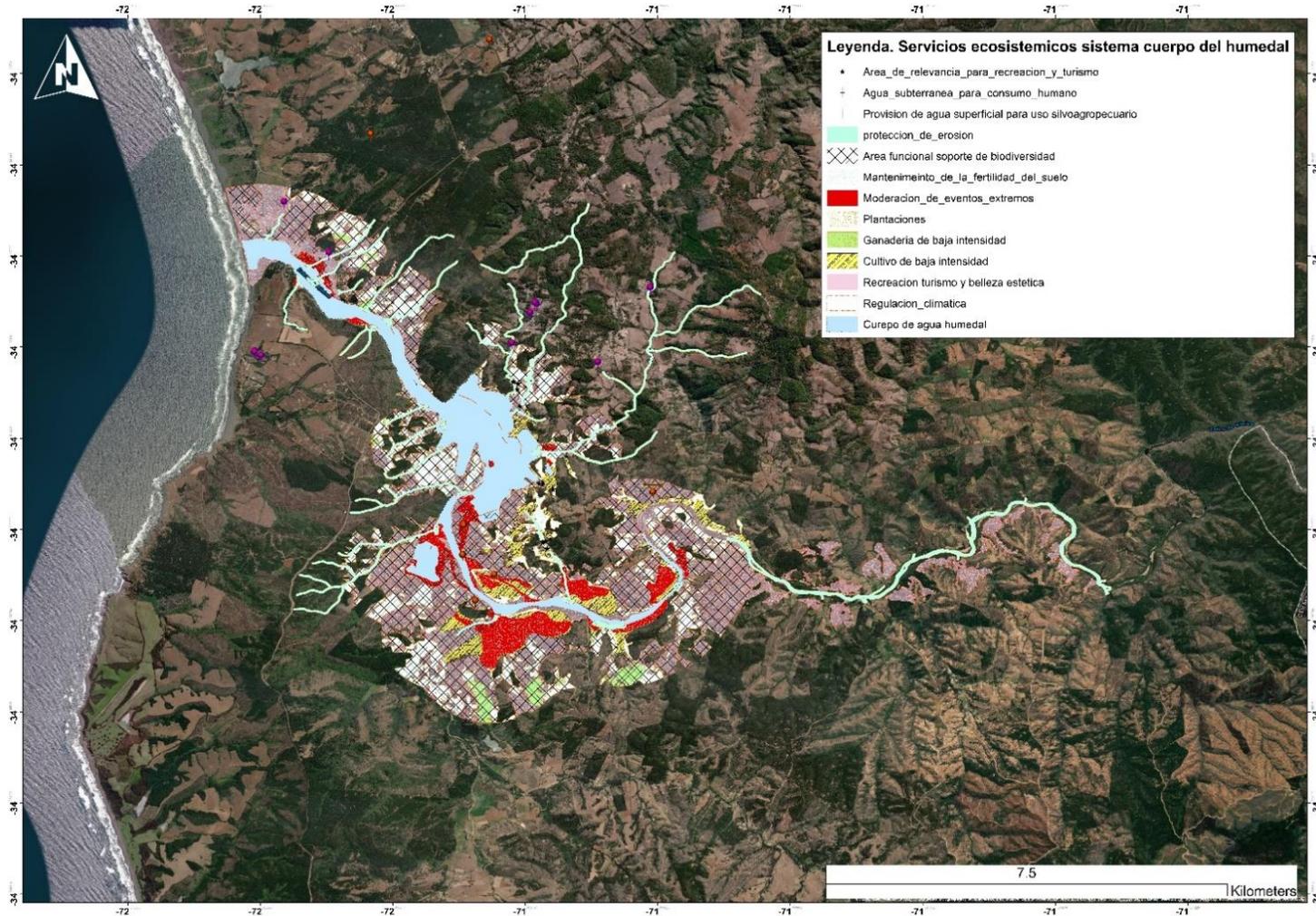


Figura 5-32 Servicios ecosistémicos sistemas funcionales del humedal. Disponible en https://drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeg7OG_L5ePTyMOjcg

5.2.1.4.6 Amenazas a la Biodiversidad y SSEE: Sistema Área Funcional Del Humedal

A las amenazas y forzantes descritos en los otros sistemas, se agregan aquellos que regulan el comportamiento del humedal a partir del aporte sedimentos y nutrientes de actividades productivas en la cuenca. La Figura 5-33 y la Tabla 5-16 muestran las amenazas ejercidas sobre los servicios ecosistémicos de la estructura funcional del humedal.

Los nutrientes regulan el estado trófico del humedal, frecuentemente son el nitrógeno o el fósforo, en sus formas biodisponibles, estos nutrientes son aportados por actividades productivas como la silvoagropecuarias al humedal.

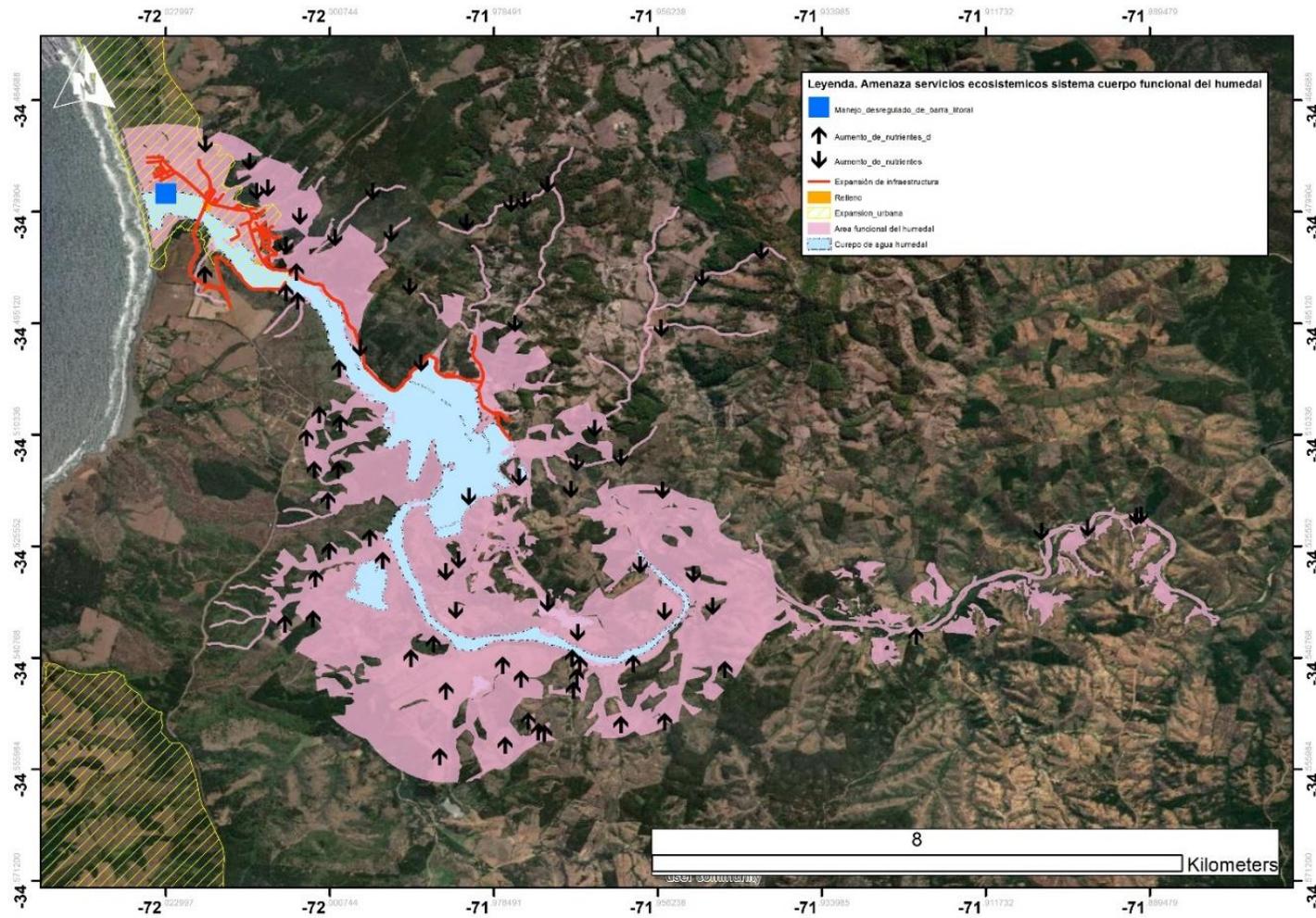


Figura 5-33 Amenazas servicios ecosistémicos sistema funcional del humedal. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeg6WuoxGHScShHrFA>

Tabla 5-16 Descripción de servicios ecosistémicos del sistema Área funcional del humedal

Tipo de SE	Servicio Ecosistémico	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante
Provisión	Cultivo de baja intensidad	Expansión de infraestructura Aumento de carga de nutrientes producto de actividades productivas Escasa planificación territorial (cambio uso de suelo) Alteración a la Biodiversidad	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca
Provisión	Ganadería de baja intensidad	Expansión de infraestructura Aumento de carga de nutrientes producto de actividades productivas Escasa planificación territorial (cambio uso de suelo) Alteración a la Biodiversidad	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca
Provisión	Agua superficial para uso silvoagropecuario	Cambio climático Alteración de caudales Sobreexplotación del recurso Manejo no regulado de la barra Eutrofización	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca
Provisión	Agua subterránea para uso silvoagropecuario	Cambio climático Alteración de caudales Sobreexplotación del recurso Manejo no regulado de la barra Eutrofización	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca
Provisión	Agua subterránea para consumo humano	Cambio climático Alteración de caudales Sobreexplotación del recurso Manejo no regulado de la barra	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca
Provisión	Productos madereros	Cambio climático Incendios forestales Expansión de infraestructura Escasa planificación territorial (cambio uso de suelo) Alteración a la Biodiversidad Adición de químicos a la cuenca	Humedal Sistema funcional del humedal Cuenca

Tipo de SE	Servicio Ecosistémico	Factores forzantes o amenazas	Escala del forzante
Regulación	Control de la tasa de erosión	Cambio de uso de suelo Deforestación y cosecha forestal (aumenta el traslado de sedimentos a las zonas)	Cuenca
Regulación	Control de inundaciones	Escasa planificación territorial (expansión urbana, turismo no planificado, cambios de uso de suelo). Mal manejo de la barra de arena Cambio climático Alteración de hábitat Relleno del humedal	Sistema litoral Humedal Cuenca
Regulación	Hábitat para la biodiversidad	Deforestación Contaminación difusa Cambio de uso de uso de suelo Pesca no normada y caza ilegal Manejo de la barra no regulado Eutroficación	Sistema litoral Humedal Cuenca
Cultural	Recreación turismo y belleza escénica	Deforestación Contaminación difusa Cambio de uso de suelo Relleno ilegal del humedal Pesca no regulada y caza ilegal Manejo de la barra no regulado Eutroficación	Sistema litoral Humedal Cuenca

5.2.1.4.7 Área Relevante para la biodiversidad y SSEE: Sistema Cuenca

La cuenca hidrográfica Estero Nilahue, está conformada por el área que drena a un punto de salida hacia el estuario. Los procesos hidrológicos configuran los paisajes, sus relaciones y poblaciones bióticas, por lo que las cuencas hidrográficas se constituyen en la unidad mínima para el manejo de ecosistemas. La gestión de los recursos hídricos tiene como unidad lógica la cuenca.

La cobertura de suelo es un indicador clave de la cuenca, permiten deducir ciertas funciones ecosistémicas en la cuenca, debido a que la mayor parte de los servicios provistos por las cuencas dependen de la relación suelo-agua-vegetación. Toda el agua precipitada fluye superficialmente o se infiltra en los suelos dependiendo de la cobertura que en ella exista. La capacidad de infiltración de los suelos determina el almacenamiento de agua y el volumen de escurrimiento superficial; el agua almacenada en los espacios intersticiales del suelo se desplaza lentamente, permitiendo que los microorganismos consuman los contaminantes presentes y los transformen en materiales menos problemáticos, y provee un flujo base a las corrientes superficiales.

Los cambios en la cobertura de la tierra ocasionan cambios en las funciones de los ecosistemas. Si estos cambios son inadecuados, dan como resultado contaminación de aguas, suelos y aire, cambios en los patrones climáticos y modificaciones de la estructura y composición de la biodiversidad.

Para identificar los servicios ecosistémicos que provee la cuenca se usó el catastro de uso de suelo y la Guía metodológica de transferencia de beneficios (subsecretaría de medio ambiente 2016) adaptada a la zona mediante criterio experto. Mediante la matriz propuesta en la guía de se identificaron servicios ecosistémicos presentes en cada cobertura de uso de suelo dando valor 1 cuando el servicio está presente y 0 cuando no lo está. La Tabla 5-17, muestra los servicios ecosistémicos identificados por cada categoría y el valor total de la suma de los servicios ecosistémicos identificados por cobertura (Figura 5-34)

Tabla 5-17 Matriz de transferencia para la evaluación de los servicios ecosistémicos

Categoría	Provisión			Regulación			Cultural			Total	
	Nutrición	Materiales	Energía	Total, Provisión	Residuos	Flujos	Total, Regulación	Espiritual	Experiencia		Total, Cultural
Bosque Nativo y Mixto	1	1	1	3	1	1	2	1	1	2	7
Cultivo	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2
Humedales	1	0	1	2	1	1	2	1	1	2	6
Matorral	1	1	0	2	1	1	2	1	1	2	6
Plantaciones	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2
Playas y dunas	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3
Praderas	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	3
Terrenos sin vegetación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

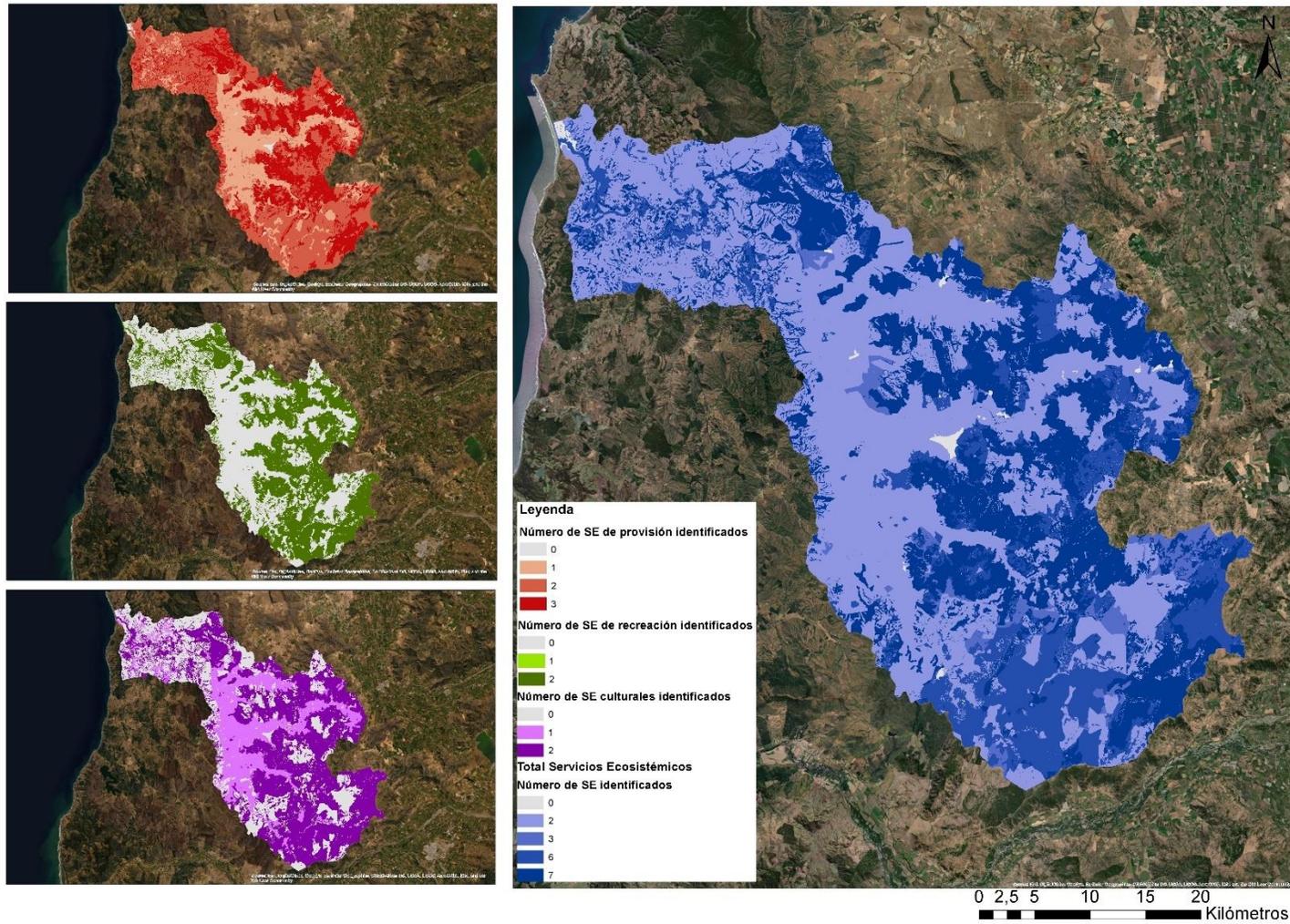


Figura 5-34 Servicios ecosistémicos identificados a nivel de cuenca. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehAv3RxMO5EZQgjfQ>

5.2.1.4.8 ***Amenazas a la Biodiversidad y SSEE: Sistema Cuencas Del Humedal***

Los cambios en la cobertura de la tierra constituyen una de las principales amenazas de las cuencas hidrográficas, ya que ocasionan cambios en las funciones de los ecosistemas. Si estos cambios son inadecuados, dan como resultado contaminación de aguas, suelos y aire, cambios en los patrones climáticos y modificaciones de la estructura y composición de la biodiversidad.

Los incendios forestales, también varían la cobertura de suelo, generan pérdida de la biodiversidad y alteran las funciones ecosistémicas.

Otra amenaza relevante es el cambio climático y el efecto que este tiene sobre los recursos hídricos, que se ve condicionado por el uso y cubierta del suelo, la temperatura y la estructura temporal de la precipitación, pero adicionalmente del sistema de recursos hidráulicos disponible y la forma de manejarlo, donde la sobreexplotación puede generar escasez de agua para las necesidades de la cuenca. Así mismo, el uso de especies forestales pirófitas como el Pino y Eucalipto y la cercanía de estas a los centros poblados, aumenta el riesgo de incendio en el territorio (Figura 5-35).

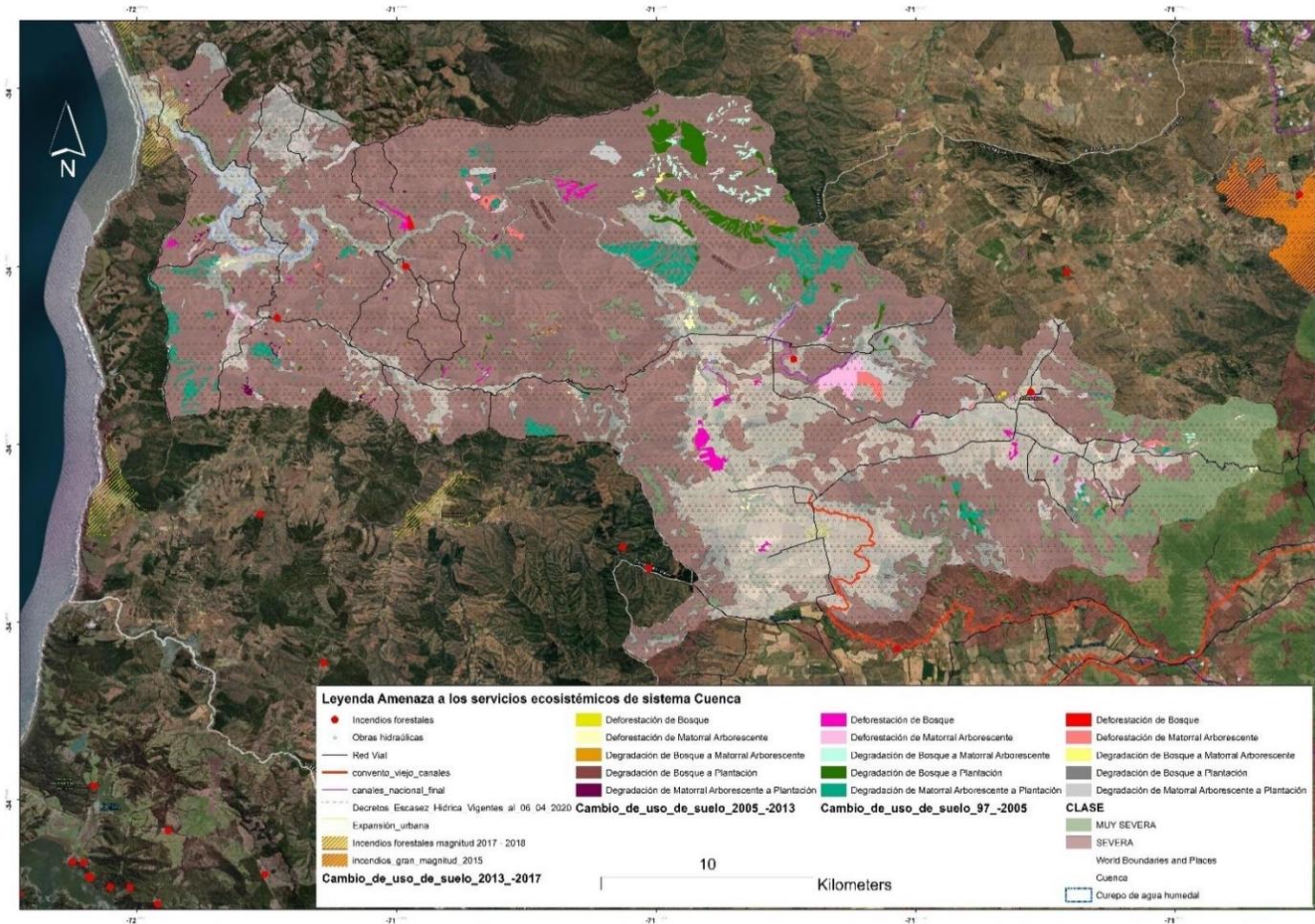


Figura 5-35 Amenaza a los servicios ecosistémicos a nivel de cuenca. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgeg96C8l48rbVCgA4Q>

5.2.2 Validación y rectificación de resultados de identificación de áreas relevantes para la biodiversidad y proveedoras de servicios ecosistémicos, a partir de validaciones en terreno y talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.

5.2.2.1 Campaña de terreno

El levantamiento de información de flora y fauna se realizó en 11 puntos los que fueron designados como Áreas Importantes para la Biodiversidad (AIB), cuya ubicación se detalla en la Tabla 5-18 y Figura 5-36

A partir de esta campaña se construyó un registro para Flora y Fauna en donde se identificó su nombre científico, nombre común, estado de conservación. Los puntos de muestreo fueron elegidos según la brecha de información existente en el estudio y territorio, como también el hábitat de las especies: Línea litoral, Estuario y Fluvial.

Tabla 5-18 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Nombre punto	Este	Norte	Sistema hídrico
ARB 01	773172	6180696	Litoral
ARB 02	773409	6180586	Litoral
ARB 03	773532	6180867	Litoral
ARB 04	773957	6180567	Cuerpo de agua
ARB 05	774925	6179618	Funcional
ARB 06	224961	6178156	Cuerpo de agua
ARB 07	224845	6178459	Cuerpo de agua
ARB 08	225402	6177944	Cuerpo de agua
ARB 09	227640	6174028	Funcional
ARB 10	227460	6174628	Funcional
ARB 11	227320	6174813	Funcional

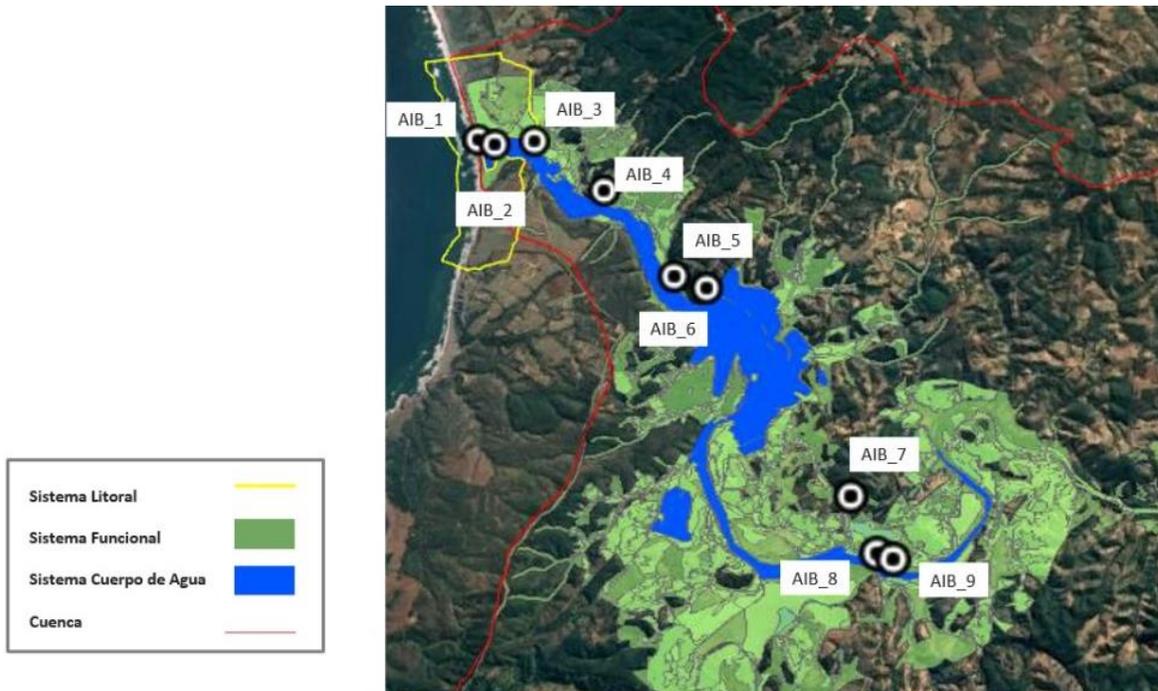


Figura 5-36 Ubicación geográfica puntos de muestreo flora y fauna al interior de las áreas relevantes para la biodiversidad.

5.2.2.1.1 Fauna

1. Aves

La campaña de terreno se llevó a cabo los días 19, 20 y 21 de enero del 2021 y se centró en las aves presentes en el cuerpo de agua y riberas del Estero Nilahue. Los conteos fueron llevados a cabo por dos especialistas en fauna silvestre utilizando binoculares y scope para el registro e identificación de especies.



Figura 5-37. Censo de aves en sector de Barrancas.

- **Riqueza y abundancia de especies**

Se registró un total de 64 especies de aves nativas, de las cuales 2 corresponden a especies endémicas del territorio nacional, *Scytalopus fuscus* y *Pteroptochos megapodius*. Además, se registró la presencia de una especie exótica: *Callipepla californica*. En la Tabla 5-19 se observa el total de especies registradas en la campaña de terreno (Anexo Fauna_1).

Tabla 5-19. Riqueza de aves registrada en el área de estudio.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Origen
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirotris</i>	Pato jergón chico	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas georgica</i>	Pato jergón grande	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas platalea</i>	Pato cuchara	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas sibilatrix</i>	Pato real	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Coscoroba</i>	Cisne coscoroba	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Cygnus melancoryphus</i>	Cisne de cuello negro	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Heteronetta atricapilla</i>	Pato rinconero	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura vittata</i>	Pato rana de pico delgado	N
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Picaflor gigante	N
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Jote de cabeza colorada	N
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Jote de cabeza negra	N
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	Queltehue	N
Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Pilpilén común	N

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Origen
Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	Gaviota Cahuil	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus modestus</i>	Gaviota garuma	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Gaviota de Franklin	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Sterna hirundinacea</i>	Gaviotín sudamericano	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Sterna trudeaui</i>	Gaviotín piquerito	N
Charadriiformes	Laridae	<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante	N
Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus melanurus</i>	Perrito	N
Charadriiformes	Rynchopidae	<i>Rynchops niger</i>	Rayador	N
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	Playero blanco	N
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Limosa haemastica</i>	Zarapito de pico recto	N
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito	N
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	N
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	Pitotoy grande	N
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina picui</i>	Tortolita cuyana	N
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas araucana</i>	Torcaza	N
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	N
Falconiformes	Falconidae	<i>Milvago chimango</i>	Tiuque	N
Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla californica</i>	Codorniz	I
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica armillata</i>	Tagua común	N
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica leucoptera</i>	Tagua chica	N
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica rufifrons</i>	Tagua frente roja	N
Gruiformes	Rallidae	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Pidén	N
Gruiformes	Rallidae	<i>Porphyriops melanops</i>	Tagüita	N
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol	N
Passeriformes	Fringillidae	<i>Sporagra barbata</i>	Jilguero	N
Passeriformes	Furnariidae	<i>Phleocryptes melanops</i>	Trabajador	N
Passeriformes	Furnariidae	<i>Sylviorthorhynchus desmursii</i>	Colilarga	N
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta leucopyga</i>	Golondrina chilena	N
Passeriformes	Icteridae	<i>Agelasticus thilius</i>	Trile	N
Passeriformes	Rhinocryptidae	<i>Pteroptochos megapodius</i>	Turca	E
Passeriformes	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus fuscus</i>	Churrín del norte	E
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diuca</i>	Diuca	N
Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus gayi</i>	Cometocino de Gay	N
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán	N
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus falcklandii</i>	Zorzal	N
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia albiceps</i>	Fío-fío	N
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Hymenops perspicillata</i>	Run-run	N
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Lessonia rufa</i>	Colegial	N

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Origen
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tachuris rubigatra</i>	Siete colores	N
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza grande	N
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca	N
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garza chica	N
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nycticorax</i>	Huairavo	N
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Yeco	N
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis chihi</i>	Cuervo de pantano	N
Piciformes	Picidae	<i>Veniliornis lignarius</i>	Carpinterito	N
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps major</i>	Huala	N
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i>	Pimpollo	N

Las especies registradas se distribuyen en 13 órdenes y 29 familias. Se observa una gran riqueza de especies de aves acuáticas. Los órdenes de mayor riqueza corresponden a los Charadriiformes y Passeriformes, con 25% de las aves cada uno, seguido de los Anseriformes (15%), Pelecaniformes (9%), y Gruiformes (8%).

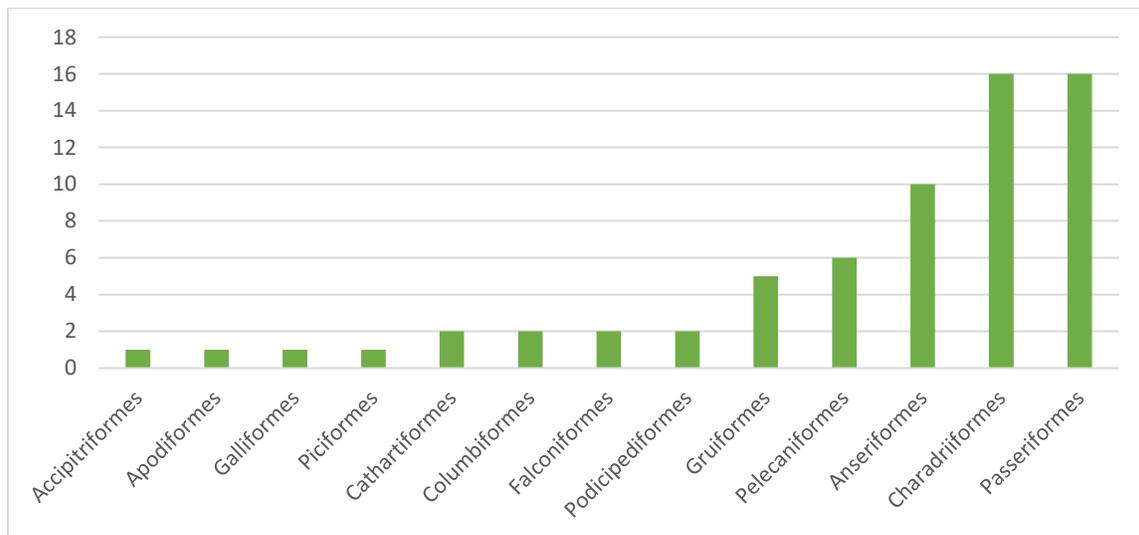


Figura 5-38. Riqueza de aves registradas en área de estudio por orden.

La riqueza de especies se concentró en sectores de aguas semi-lénticas - ya sea por condiciones estructurales naturales o por la existencia de barras remanentes de antiguas explotaciones salineras - con presencia de abundante vegetación palustre. Al respecto, se destacan dos estaciones de muestreo: el punto 10 (27 especies) y el punto 9, sector La Palmilla (22 especies). Por otro lado, el sector de la desembocadura del Estero Nilahue, expresado en la combinación del punto 01 (borde costero) y punto 02 (desembocadura), presentó una riqueza de 21 especies.

Se observaron abundancias relevantes en términos de número absoluto de individuos por estación de muestreo. Al respecto se destacan seis estaciones donde se registraron sobre 100 individuos

totales (ver Figura 5-39 y Anexo 2). En detalle, es importante comentar: i) la alta concentración de taguas (*Fulica armillata* y *Fulica leucoptera*, 600 individuos en total) y Anátidos, destacándose *Cygnus melancoryphus* (143 individuos) y *Coscoroba coscoroba* (50 individuos), en el punto 08; ii) importante - aunque menor - número de taguas y Anátidos en el punto 07; y iii) relevantes concentraciones de gaviotines y gaviotas (Laridae) y de Playero blanco (Scolopacidae) en la desembocadura del Estero Nilahue, esto es, los puntos 01 y 02.

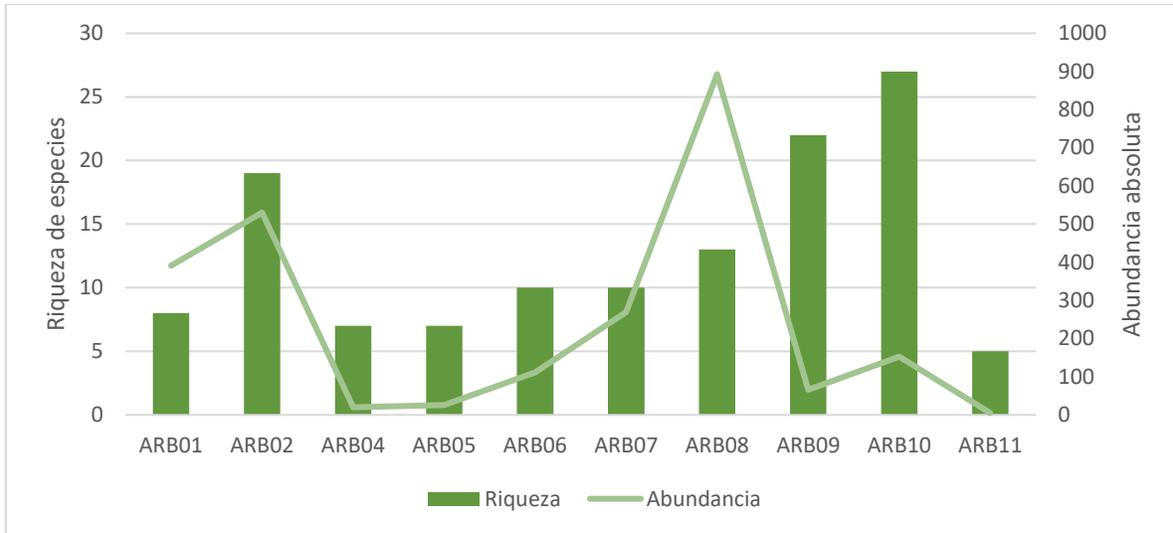


Figura 5-39. Riqueza y abundancia de especies por punto de muestreo.

Dentro de los puntos muestreados también se identificó una especie de anfibio, *Rhinella arunco*, y una especie de reptil, *Liolaemus lemniscatus*. Ambas especies fueron registradas en el punto de muestreo 11.



Figura 5-40. Ejemplar de tagua común registrado en terreno.



Figura 5-41. Ejemplares de garza chica y cuervo de pantano registrados en terreno.



Figura 5-42. Ejemplar de Pitotoy chico registrado en terreno.

La abundancia de aves en el área de muestreo estuvo dominada por cinco especies que, en conjunto, suman sobre el 68% de la abundancia total registrada, estas son, en orden: *Fulica armillata*, *Calidris alba*, *Fulica leucoptera*, *Cygnus melancoryphus*, *Leucophaeus pipixcan* y *Sterna elegans*. De estas,

Fulica armillata y *Cygnus melancoryphus* se registraron ampliamente a lo largo del área de estudio, mientras que las otras cuatro especies tuvieron una distribución más acotada a determinados puntos en el área, particularmente al sector de la Desembocadura, salvo por *Fulica leucoptera* que fue únicamente registrada en el sector de Barrancas.

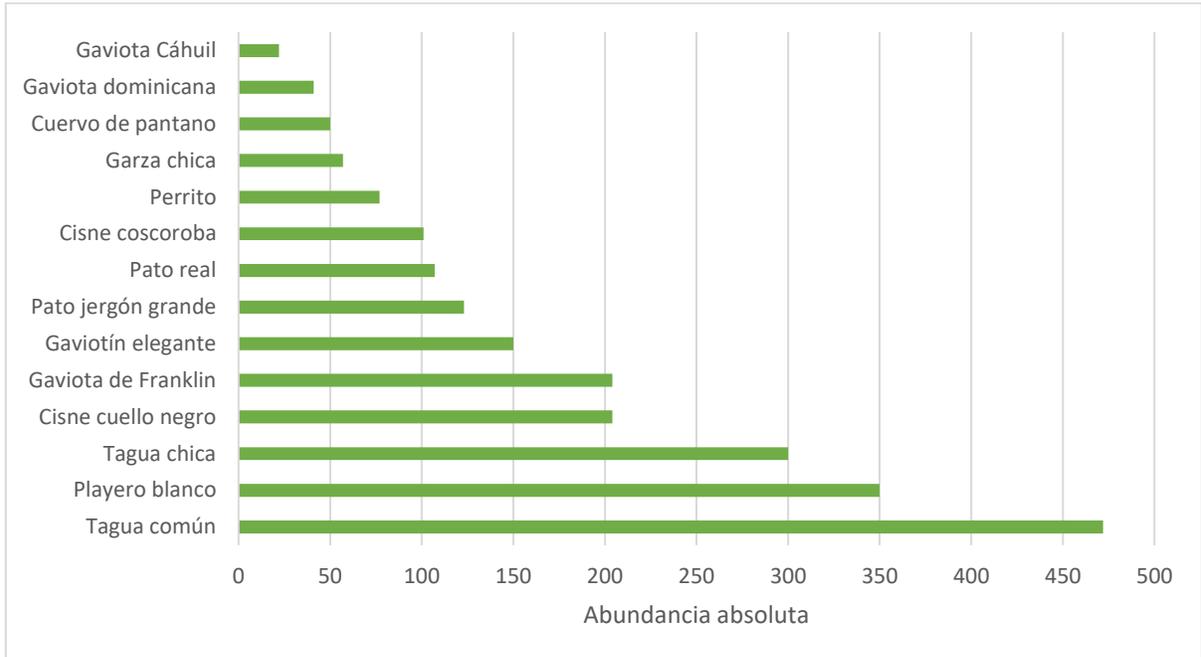


Figura 5-43. Abundancia absoluta por especie registrada en el área de estudio.

En el entendimiento de la condición dinámica de la composición específica de la avifauna asociada a humedales, tanto a nivel estacional como interanual, es altamente importante contrastar la riqueza de especies registrada a partir de la campaña de terreno de enero 2021, con información de otros momentos sobre esta misma área. Para esto, la plataforma eBird (eBird, 2021) entrega información validada y en un espectro espaciotemporal muy amplio, lo que resulta ideal con este objetivo.

La gran diferencia en la riqueza de especies entregada por eBird se explica por diversos factores, siendo los más relevantes, la estacionalidad - como ya ha sido mencionado - y la oportunidad - esto es, la mayor probabilidad de registrar ciertas especies menos abundantes en una serie de datos que comprende un mayor periodo de tiempo.

En el Anexo 4 se muestra el listado de especies de este estudio y de la base de datos eBird, totalizando 124 especies. De éstas, 63 especies son compartidas con la riqueza detectada en este estudio, siendo las especies *Heteronetta atricapilla* (Anatidae) y *Tachuris rubigaster* (Tyrannidae) registros nuevos para el área.

Además, el Humedal Laguna de Cáhuil está incluido como un sitio relevante en el Atlas de las Aves Playeras de Chile (García-Walther et al 2017), donde se destacan 6 especies por su abundancia en relación con el número de individuos estimado para Chile central: *Calidris alba*, *Tringa flavipes*, *Haematopus palliatus*, *Himantopus mexicanus* y *Numenius phaeopus*. Estas 6 especies fueron registradas durante este estudio e indudablemente representan algunas de las especies de mayor interés de conservación, particularmente *C. alba* y *T. flavipes* en relación con la población de Chile central; y *H. palliatus* en relación con su potencial reproducción en un área con altas amenazas potenciales, como las dunas arenosas aledañas a la desembocadura.

2. Anfibios

Para el caso de los anfibios, bajo los transectos realizados en los puntos con flujo de agua y playback, ninguna especie ni individuo respondió a esta, No obstante, se encontró un individuo de Sapito de Rulo (*Rhinella arunco*) (Figura 5-44) en una quebrada cercano a las plantaciones de quinoa y con remanentes vegetación nativa (Punto ARB 11 E 227320, N 6174813).



Figura 5-44 Ejemplar de *Rhinella arunco* identificado en campaña de terreno (Punto ARB 11 E 227320, N 6174813).

5.2.2.1.2 Flora

Se registraron un total de **66 especies** de las cuales el 4,6 % es Endémica, 55 % Introducida, 1,5% Introducida e Invasora y 40 % Nativa (Figura 5-45).

Se identificaron un total de 33 familias, predominando las Familias Fabaceae y Asteraceae. La flora identificada no presenta especies con problemas de conservación, no obstante, la pérdida de vegetación nativa y el cambio de uso de suelo a plantaciones forestales en las zonas de pendiente, hacen del humedal una zona vulnerable a la sedimentación por los procesos de erosión y a la pérdida de biodiversidad. La lista florística de las especies identificadas se encuentra en el Anexo https://1drv.ms/w/s!ArG3uXdrbGdOgeYP_XxlH3j4XWY4-w?e=dL5T53

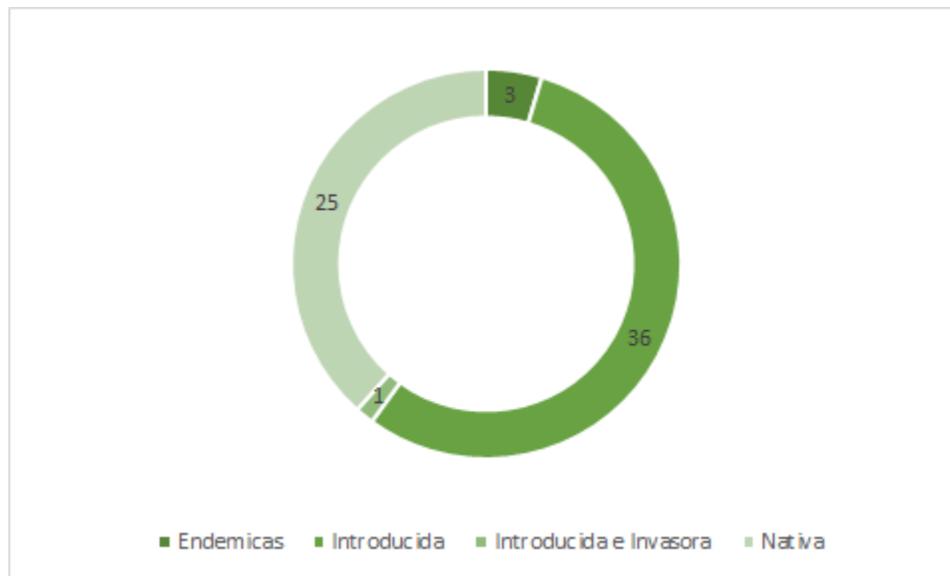


Figura 5-45 proporción de especies en función de su origen

En el área de estudio se identificaron 3 zonas asociadas a las formaciones vegetacionales Litoral (dunas), Laguna y zona Ribereña las que serán descritas a continuación.

a. Dunas (Zona Litoral)

Las dunas de la costa de Cáhuil albergan una baja riqueza de especies vegetales. No obstante, se visualiza una sucesión entre las especies que habitan en las dunas primarias (más cercanas al mar y dinámicas) y las dunas estabilizadas por planes de revegetación.

Las dunas primarias, se encuentra dominada por Quinchihue (*Ambrosia chamissonis*) (Figura 5-46). Esta especie conforma una vegetación, que, instalándose en la arena desnuda, tras el cordón de playa, comienza a evolucionar en un *psammoserie* (Caldichoury 2000) en cuyas etapas van aumentando el número de especies, la cobertura y la complejidad de la vegetación. Avanzando hacia tierra, esta especie se va conjugando con *Carpobrotus aequilaterus*, constituyendo la comunidad dominante. La vegetación con carácter de pionera presenta baja cobertura y pocas

especies (Ramírez y Álvarez 2012) distribuyéndose de forma espaciada y presentando alta resistencia a la salinidad y tolerancia a las fluctuaciones de humedad (Alberdi y Pizarro 1967).

Esta zona es de importancia para la nidificación de especies playeras como el Pilpilén (*Haematopus palliatus*) el que según el proceso N°16 del Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE), lo actualizo de estar fuera de peligro, a estar en categoría de "Casi Amenazada". El chorlo nevado (*Charadrius nivosus*), es otra especie que ocupa este tipo ecosistemas para la nidificación, construyendo una depresión en la arena formando una taza y forrada con conchitas, sobre un montículo y a una distancia cercana al agua, pero lo suficientemente alejado del nivel de la marea alta. Su estado de conservación según el (RCE) se encuentra vulnerable (VU) y según la UICN se encuentra casi amenazada. Es por eso la importancia de estos lugares, los que se han visto amenazados por la actividad humana en playas y dunas, así como por la presencia de perros y ganado (Medrano, y otros 2018).



Figura 5-46 Formación dunaria primaria (*Ambrosia chamissonis*) y formación dominante en las dunas (*Ambrosia chamissonis* - *Carpobrotus aequilaterus*)

En las formaciones más estabilizadas debido al parecer por un relleno sobre la duna, se pueden apreciar algunas especies que han sido incorporadas en los planes de reforestación de dunas; especies como Lupino arbóreo (*Lupinus arboreus*), Calabacillo (*Silene gallica*), Docas (*Carpobrotus aequilaterus*) (Figura 5-46) y en las partes más altas del perfil dunar se encuentra estabilizada con plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Acacias* y *Pitóspero* (Figura 5-47)



Figura 5-47 Perfil de suelo correspondiente a ladera sur de la desembocadura del río Nilahue. (enero 2021).



Figura 5-48 Composición florística en zonas estabilizadas de dunas de Cáhuil zona SE.

A fines del siglo XIX e inicios del siglo XX se realizaron los primeros trabajos de control de dunas en la zona centro sur del país, los que posteriormente a mediados del siglo XX el Estado chileno desarrolló en forma directa importantes trabajos de estabilización y forestación de dunas, combinando métodos mecánicos y biológicos, los cuales fueron posteriormente continuados por el sector privado apoyado por incentivos estatales. El control dunar, apuntó básicamente a la construcción de barreras naturales o artificiales opuestas al movimiento invasor de las arenas producido por los vientos principalmente dominantes, que en el caso de la costa de Chile provienen del SO, esto es del océano al interior (Elizalde 1970)

Si bien existen algunas especies nativas características de las dunas son *Carpobrotus chilensis*, *Solana paradoxa*, *Euphorbia portulacoides*, *Calystegia soldanella*, *Rumex sanguineus* y otras en materia de control de dunas, estas han sido superadas por especies introducidas desde Europa y Estados Unidos como son: la gramínea *Ammophila arenaria* (Barrón) y la leguminosa arbustiva

Lupinus arboreus (Chocho), para continuar en los trabajos sucesivos incorporando otras especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, como *Ambrosia chamissonis*, *Acacia saligna*, *Acacia cyclops*, *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* (Barros y Gutierrez 2011).

Lo anteriormente mencionado corrobora la presencia de especies introducidas en la ribera de la desembocadura norte del río Nilahue, las que según algunas/os entrevistadas/os fueron plantadas bajo el Programa de control dunar. Las especies encontradas fueron: *Ammophila arenaria* asociada a *Lupinus arboreus*, *Carpobrotus aequilaterus* en la zona de dunas primarias y en las partes más altas y hacia el este de la duna, se observan varios ejemplares de Mioporo (*Myoporum laetum*), *Acacia cyclops* y *Rumex cuneifolius*, asociadas a otras plantas herbáceas como; *Juncus procerus*, *Schoenoplectus californicus*, *Sarcocornia fruticosa* y *Distichlis spicata*.

Estas especies se adaptan a las severas condiciones del sitio dunar las que, pueden fijar nitrógeno y poseen bajos niveles de transpiración. Poseen raíces profundas las que son capaces de aglutinar la arena y la parte aérea de las plantas, creciendo en la medida que la arena las cubre, formándose así la anteduna o duna litoral, tras la cual pueden empezar a prosperar otras especies, como algunas leguminosas u otras. Las que finalmente prosperan con especies mayores como coníferas si las condiciones climáticas del lugar lo permiten [\[1\]](#)

b. Laguna de Cáhuil

En esta oportunidad la laguna fue muestreada en tres lugares. El primero cercano al puente (Figura 5-49), el cual presentaba una composición con influencia salina y con especies indicadoras de alta concentración de nitrógeno como, por ejemplo: *Cotula coronopifolia*, *Eleocharis pachycarpa*, *Hydrocotyle bonariensis*.



Figura 5-49 Punto de muestreo Laguna de Cáhuil cercano al puente. (enero 2021)

Los puntos, presentan una vegetación con carácter azonal (Walter 1970) debido a que su distribución está determinada por las características edáficas salinas, antes que por el microclima. Esta se encuentra representada principalmente por: *Schoenoplectus americanus*, *Juncus procerus*, las que van construyendo un ecosistema aislado del camino y de la intervención antrópica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). No obstante, se encontró un sitio con acceso al interior del humedal, desde el camino, con corta de juncos y alteración del humedal, al parecer por drenaje.



Figura 5-50 Vista al interior y desde el exterior del Humedal Laguna de Cáhuil.

Así mismo se puede observar que la vegetación de los alrededores de la cuenca predomina las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Estas especies de origen exótico y su gran extensión, se debe principalmente a los programas de bonificación ambiental de 1974 en el cual se subsidiaba un 75% de los costos netos de establecimiento de la plantación priorizando suelos de aptitud preferentemente forestal (MMA-CEA 2015). Así mismo, se identificaron zonas incendiadas y en proceso de cosecha, dejando el suelo desnudo y frágil frente a eventos climáticos intensos.

El uso de las salinas, específicamente el manejo de los camellones y la sucesión vegetacional de *Frankenia salina* y *Salicornia marítima* (Figura 5-51) van construyendo un hábitat perfecto para la nidificación de aves acuáticas aportando adicionalmente a la captura de CO₂. Cabe destacar que aquellas salinas en desuso son elementos destacados de un paisaje a restaurar, generando este espacio, un lugar de nidificación y hábitat general para muchas especies nativas y migratorias.



Figura 5-51 Vista aérea de los Cuarteles salineros y los camellones formados por *Frankenia salina* y *Salicornia marítima*. (diciembre 2020)

c. Ribereño

La influencia de la cuña salina aproximadamente llega hasta el sector la Palmilla, en donde la vegetación del Estero Nilahue va cambiando hacia un ambiente menos salado.

Según (Luebert y Plischoff 2006), la formación vegetacional que se presenta en este lugar pertenece a la del *Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Cryptocarya alba*. En este tramo la vegetación conforma parches vegetales altamente fragmentados conformados principalmente por Boldo (*Peumus boldus*), Maitén (*Maytenus boaria*), Litre (*Lithrea caustica*), Espino (*Acacia caven*), Molle (*Schinus latifolius*). La estrata arbustiva destaca la presencia de Mayo (*Sophora macrocarpa*) y Tabaco del diablo (*Lobelia excelsa*).

Esta formación se encuentra principalmente asociada a la Cordillera de la Costa y a los valles circunscritos. Su vegetación original ha sido muy alterada por diversos efectos antrópicos a lo largo de su distribución, dentro de los que se cuentan: el uso histórico e intensivo de la agricultura y plantaciones forestales, la extracción de leña, producción de carbón, sobrepastoreo, sustitución

por cultivos agrícolas y plantaciones forestales, construcción de carreteras y desarrollo de centros poblados. Además, esta formación, presenta diversas comunidades vegetacionales, destacando la presencia de palma chilena (*Jubaea chilensis*) y algunas Mirtáceas como el Arrayán (*Luma chequen*) (Luebert y Pliscoff 2006)

Por otra parte, en algunos sectores ribereños de la Laguna, la presencia de especies helofilas como *Carex canescens*, *Juncus procerus* y *Eleocharis pachycarpa*, las que crecen sumergidas en el agua, reteniendo el sedimento y jugando un papel importante en la filtración del agua (Rossi y Tur 1976)

5.2.2.2 Identificación de actores Clave y Establecimiento de equipos de trabajo

A partir de la lista de integrantes del Comité Técnico Local, se identificó a los actores de la comunidad con influencia en las decisiones sobre los sistemas productivos del Humedal Laguna de Cáhuil y el tipo de relación con este ecosistema.

En un primer círculo de actores y más cercana al uso del humedal, se encuentran los involucrados directos, entre los que destacan: *El Comité Técnico Local, los habitantes de Cáhuil, Cámara de Turismo Rural, Cooperativa de Salineros, Pescadores y Mariscadores, Boteros, Ostreros y Turismo en general.*

En un segundo círculo, se encuentran los actores que interactúan con el humedal de forma indirecta. Estos corresponden generalmente a los *servicios públicos, siendo estos los encargados de resguardar la normativa territorial, actuando como agentes fiscalizadores.*

Finalmente, en un tercer círculo se encuentran los grupos de Interés. Estos corresponden a las organizaciones vinculadas con el desarrollo técnico-científico y cultural del área de estudio; *como las Universidades e Institutos, y las organizaciones ambientales y culturales.* A continuación, se presenta el diagrama de actores según clasificación de ROAM.

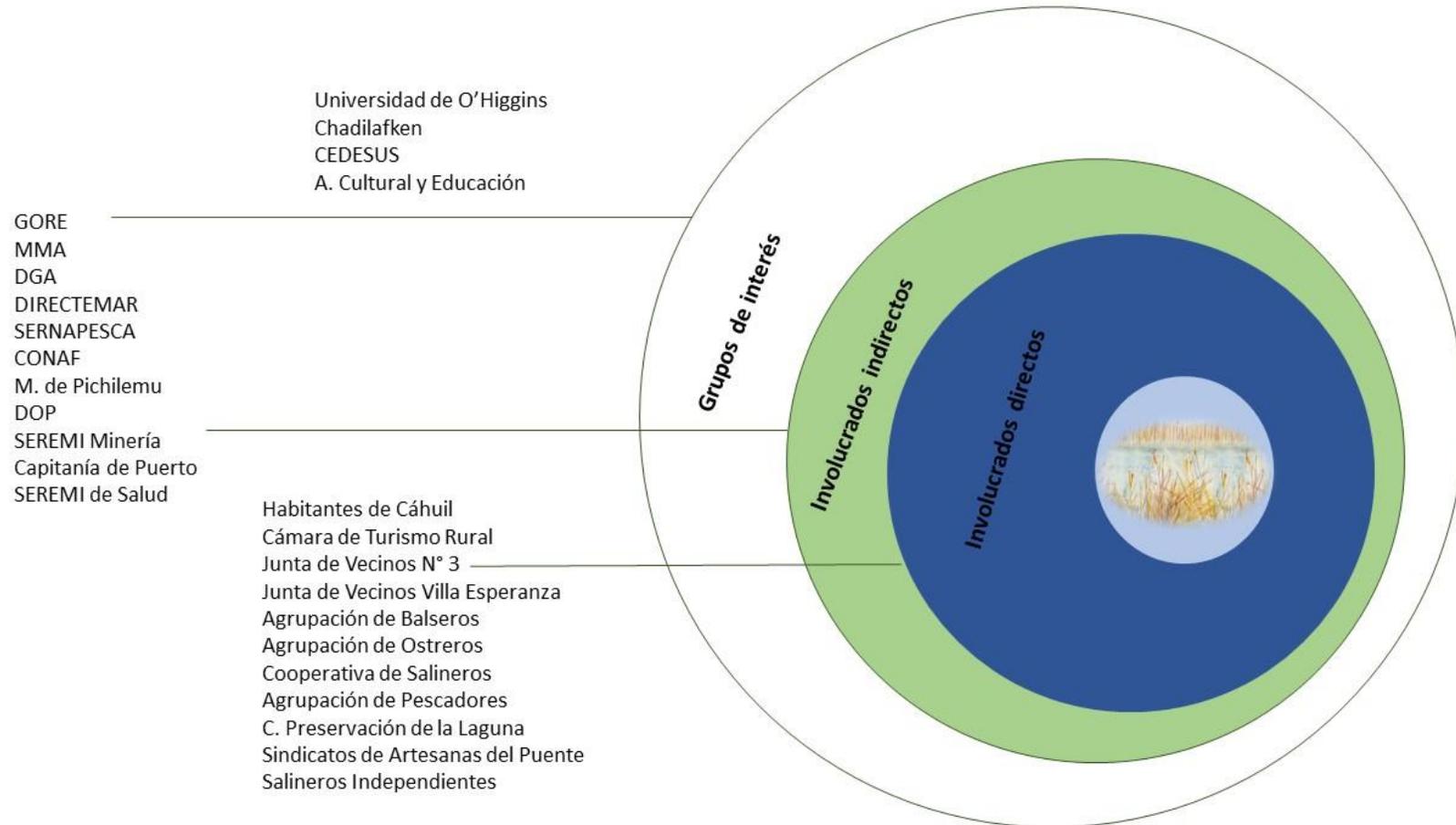


Figura 5-52 Clasificación de los distintos actores entrevistados (ROAM)

Luego de la clasificación de los actores, se construyeron dos mapas de actores, utilizando el programa SMAPLY⁶. En estos se visualizan las relaciones entre las instituciones locales, gubernamentales y de investigación en el territorio (<https://1drv.ms/b/s!ArG3uXdrbGdQgeUzfTy67K4KXzxCeA?e=6ZxlbU>) y a los actores locales con su actividad productiva que realizan y la relación social que poseen (<https://1drv.ms/b/s!ArG3uXdrbGdQgeUuz6OKv1K6uSZIUg?e=OBBb7d>)

5.2.2.3 Instrumentos de recolección de datos

A continuación, se describen los instrumentos utilizados para la recolección de datos

5.2.2.3.1 Talleres participativos

A continuación, describen los resultados del Taller N° 0 y 1 cuyo objetivo fue la Validación de áreas relevantes para la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, a través de la metodología de Mapeo participativo con habitantes de Cáhuil. El Taller 0, tuvo como resultado el primer acercamiento con parte del Comité Técnico Local, siendo en su gran mayoría los asistentes parte de la Junta vecino N° 3 de Cáhuil y la Junta de Vecino de Villa Esperanza. Mediante la utilización del mapa parlante correspondiente a la zona del humedal de laguna de Cáhuil, fue posible identificar los diferentes servicios ecosistémicos y las presiones a las que están sometidos en el Sistema Hídrico Focal y Secundario. La Figura 5-53, muestra la dinámica realizada en torno al mapa parlante

⁶ SMAPLY: se utilizó versión de prueba



Figura 5-53: Dinámica realizada en torno al mapa en el Taller N°o

5.2.2.3.2 Encuesta semiestructurada

Se realizaron 18 encuestas en total, en las que se consideró las limitaciones de la actividad, debido a la contingencia. Es así como se buscó tener una muestra variada dentro del total de actores clave, incluyendo distinto género (7 mujeres y 11 hombres). La edad de las /los entrevistados varía de 30 a 90 años, promediando los 50 años. Aproximadamente un cuarto de ellas/ellos, adultos mayores retirados. En el origen de las y los entrevistados; el 61% es de Cahuil, siendo el restante de Barrancas, Pichilemu y Santiago (ver: <https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgfFX5bMHXldouRrFWw?e=T32FI6>). En relación con las profesiones y oficios, el oficio de salinero el más frecuente. A continuación, los resultados de la información referente a los siguientes puntos.

- **Información sobre la población local (uso histórico del humedal, cultura).**

De acuerdo con el enfoque de género en los oficios identificados, el de salinero se relaciona más con hombres mientras que turismo de hospedaje es mayoritariamente femenino. No obstante, en las entrevistas se mencionó que el emprendimiento femenino ha sido mucho más visible en época de pandemia, a través de venta de artesanías y productos comestibles como conservas, sal con especias, cerámica de Pañul, quinoa, entre otras (com.pers). La Figura 5-54 muestra los distintos oficios identificados en las entrevistas y su frecuencia (n: 18).

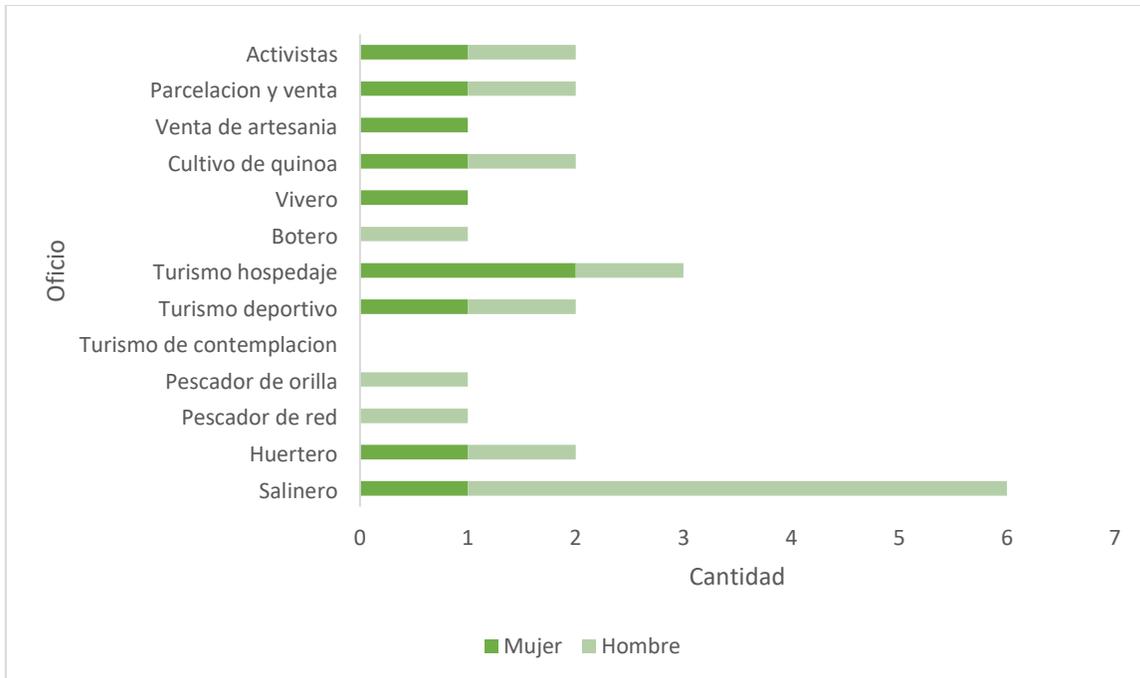


Figura 5-54 Menciones sobre los oficios de entrevistadas/os según género

<p>Información proporcionada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • identificación de áreas degradadas • Acciones para su restauración • Conflictos en el uso y accesibilidad a los servicios y productos

▪ **Información general sobre los usos, productos y servicios que brinda el Humedal Laguna de Cáhuil.**

A partir de la aplicación las encuestas, enriquecida por una conversación en cada una de ellas (Figura 5-55) se pudo obtener información relativo a: Uso histórico del territorio, oficios de las personas, percepción sobre el estado del Humedal Laguna de Cáhuil, Gobernanza sobre el territorio, entre otras. A continuación, se describen los resultados por cada ítem contenido en la Encuesta.



Figura 5-55 Encuestas con Actores del Comité Técnico Local de Cáhuil (diciembre 2020)

a. Oficios identificados

Muchos de los trabajos de las y los entrevistados corresponden a trabajos esporádicos, generalmente estivales los que radican básicamente en la extracción de sal, turismo en torno a este oficio y al Humedal Laguna de Cáhuil.

No obstante, este oficio es el más recurrente dentro de los encuestados, debido a que parte de estos fueron recomendados entre el Sindicatos de Salineros de Cáhuil. Este oficio, desde el 2010 son considerados como **Tesoro Humano Vivo**, siendo en la actualidad unos pocos los que aún producen sal de costa. Ellos son los herederos de una tradición que no es una práctica sobreviviente del pasado, sino una labor artesanal que a lo largo de los años ha servido de sustento para sus

familias (Araya, 2006). La Figura 5-56 muestra la identificación de los distintos oficios, profesiones entre los encuestados.

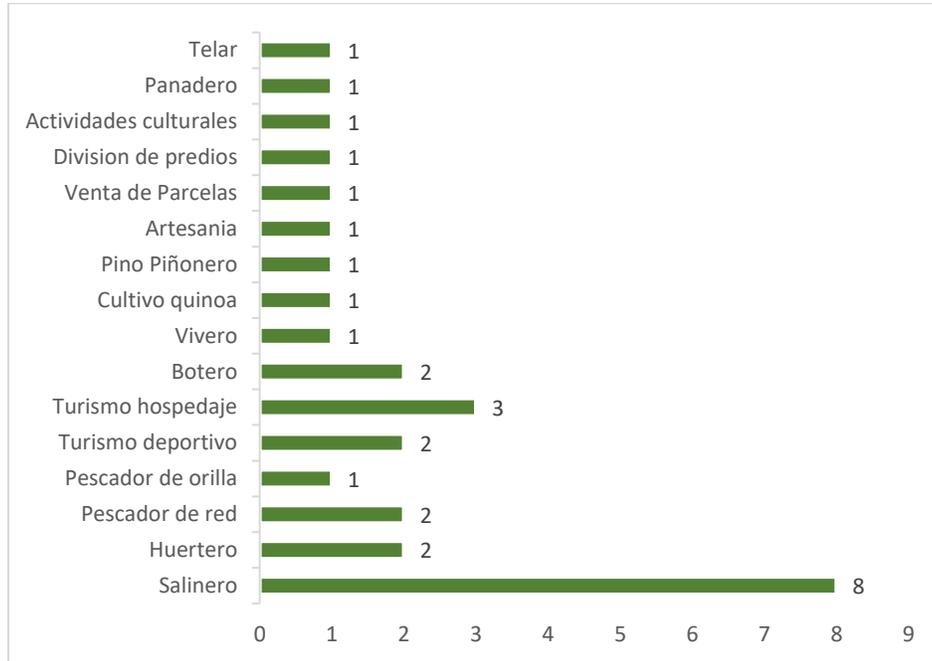


Figura 5-56 Oficios identificados a través de las entrevistas

Servicios de provisión Respecto a los servicios de provisión que utiliza la población encuestada de Cáhuil (n:18), la sal corresponde a un 30% de la frecuencia de respuesta, el turismo con un 19%. (Figura 5-57).

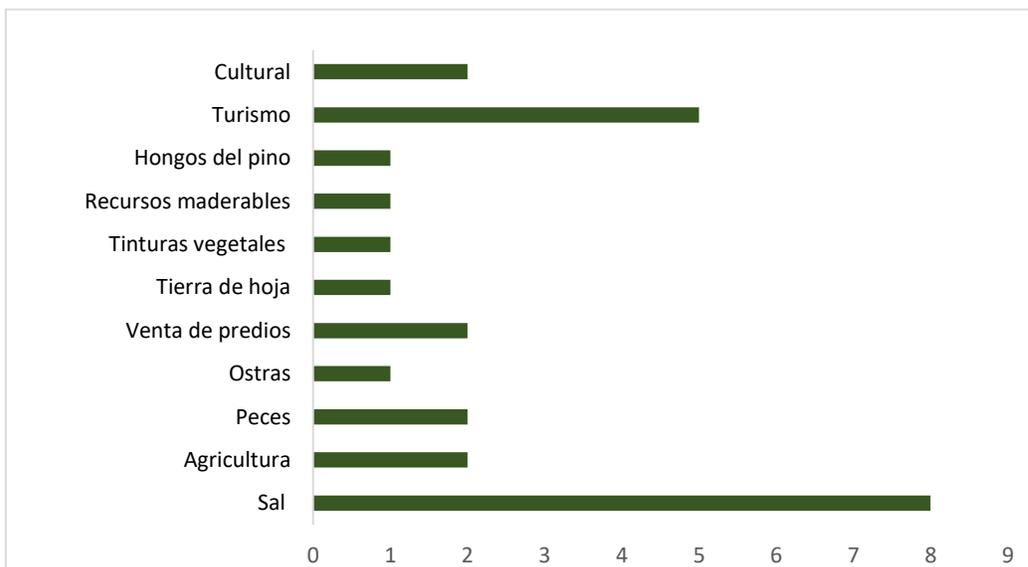


Figura 5-57 Frecuencia de respuesta respecto a los Servicios de provisión

Respecto al recurso de provisión agua de los entrevistados (n:18) un 77% se provee de este elemento vital desde el APR Cáhuil, le sigue origen de vertiente con un 11% y finalmente con un 1% APR Maqui y Pozo.

La población encuestada sugirió las siguientes opiniones. DA: de acuerdo; MDA: Muy de Acuerdo; MDE; Muy en Desacuerdo y ED: En Desacuerdo.

En lo que coincidió el 100% de la población entrevistada (n:18), es que el privado no debiera tener ningún derecho sobre la laguna, agregando estas en que deberían existir más instrumentos financieros para el resguardo de la actividad económica local. Lo anterior se relaciona con el valor del humedal para la comunidad, siendo un 88%, el que de acuerdo (Figura 5-58).

De las entrevistadas/os, se 15 de ellos dicen pertenecer a alguna Agrupación social. La Figura 5-58 muestra el número de personas y el nombre de la Asociación

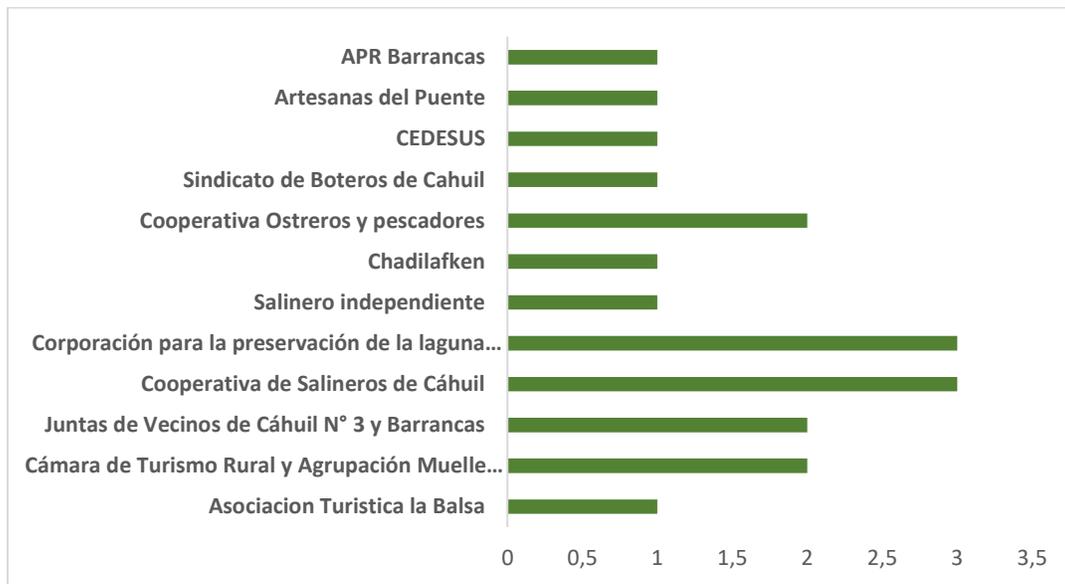


Figura 5-58 Número de personas y el nombre de la Asociación

Se pregunto Con respecto a la valorización de los siguientes enunciados, según las siguientes valoraciones:

- MDA: Muy de Acuerdo
- DA: De Acuerdo
- DE: Desacuerdo
- MDE: Muy en Desacuerdo
- N: Neutral

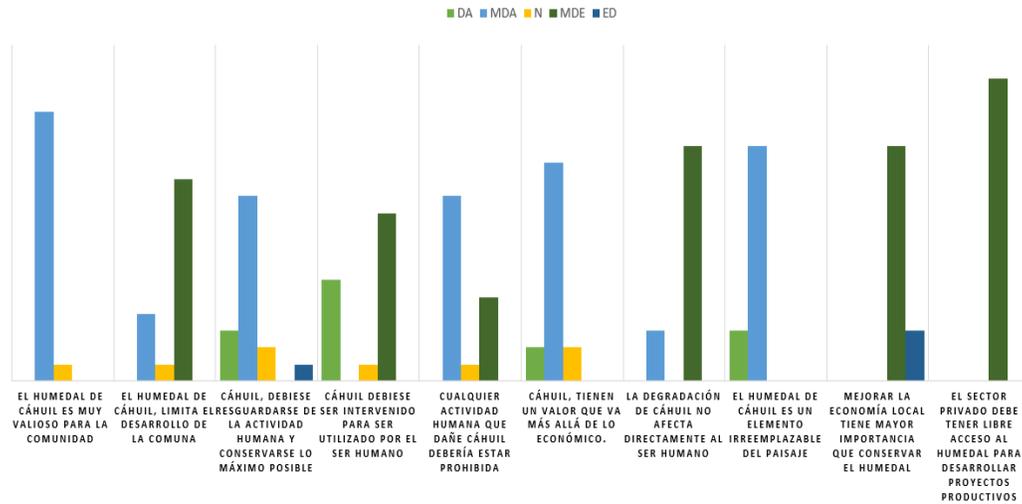


Figura 5-59: Frecuencia de Opiniones de ellos entrevistados respecto a la valoración de los enunciados.

Se pregunto sobre la función de los humedales que más valora en orden decreciente primer (1) segundo (2) y tercer lugar (3). La mayor parte de los entrevistados/os tomo como primera opción la Provisión de materias primas, segundo lugar provisión de alimentos y tercera opción el hábitat para vida silvestre. Cabe destacar que entre los encuestados la opción de provisión de agua dulce por parte de los humedales solo fue mencionada en una oportunidad (Figura 5-60)

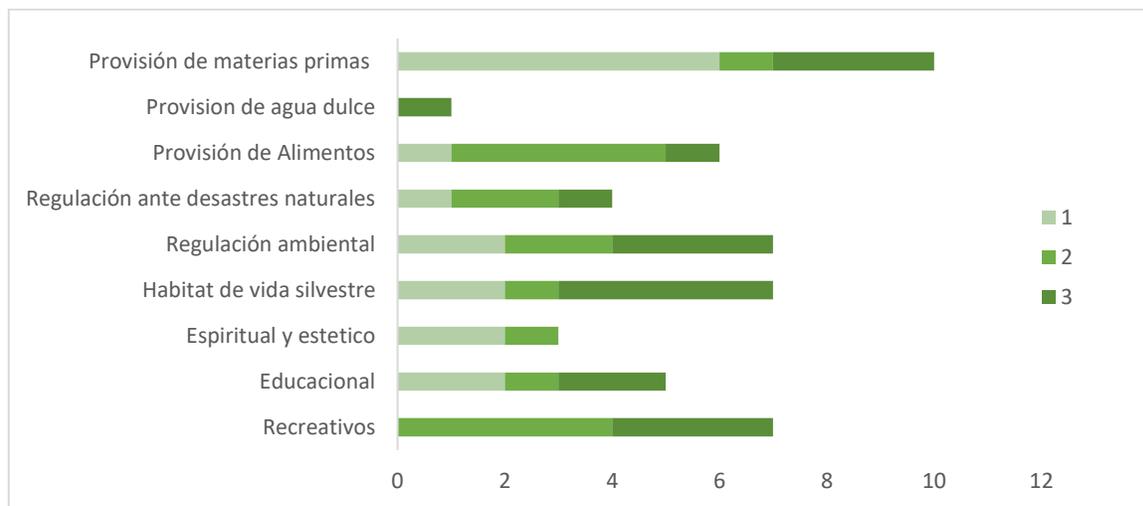


Figura 5-60 Frecuencia de respuesta de valoración

De acuerdo con las encuestas generadas a los habitantes y usuarios del Humedal Laguna de Cáhuil (18), se pudo identificar un total 48 servicios ecosistémicos. Estos fueron identificados y agrupados según CICES (2013) en servicios de provisión, regulación y servicios culturales (Figura 5-61).



Figura 5-61 Servicios Ecosistémicos identificados de acuerdo con entrevistas en el Humedal Laguna de Cáhuil

De acuerdo con esta identificación se describirá cada servicio ecosistémico:

a. Servicios de Provisión

La Tabla 5-20 y

Tabla 5-21, muestran servicios identificados por la comunidad, estos fueron clasificados como bióticos y abióticos.

Dentro de los servicios bióticos se puede mencionar el agua es el servicio con mayor número de menciones (10). Algunos entrevistados comentaron respecto a este recurso: *“sería necesario el re- uso de agua proveniente de la casa (lavamanos/lavaplatos) mediante un sistema de filtrado para ayudar a regar el jardín, ya que el agua no alcanza para nada”*, manifestado algún tipo de solución frente a la sequía prolongada que enfrenta el sector.

Del mismo modo, la mayor parte de los entrevistados (12) son miembro del APR Cáhuil, siendo esta institución clave en la administración del agua.

El servicio de provisión con mayor frecuencia de mención fue la **obtención de materia prima refiriéndose a las salinas**. Estos espacios son trabajados especialmente por personas mayores (> 50 años) debido a que la población más joven migra a las ciudades en busca de expectativas mejores. *“La venta de la sal es mal paga y es muy sacrificao”* Esta es una mención importante en los salineros. El precio de esta materia prima es de bajo costo, siendo esta revendida en el mercado exterior (ciudades, tiendas gourmet) a un precio que supera el 200%, con valor agregado, mencionando el valor de origen del producto.

El salinero, va reproduciendo las pautas culturales heredadas de una generación a otra, el cual es caracterizado principalmente por ofrecer empleos estacionales en que se requiere esencialmente de fuerza física y habilidad.

En Cáhuil, la venta de la sal es realizada por dos vías: Los Salineros que son socios de la Cooperativa de Salineros venden su sal a través de esta institución y los otros productores son independientes, pero deben ajustarse a los precios de la Cooperativa por la competencia.

Dentro de los servicios ecosistémicos de provisión están también aquellos ligados a la agricultura. Este territorio se destaca por el cultivo de quinua y papaya, los que son producidos por algunos de las/los entrevistadas/os. La producción de quinua en la región de O’Higgins presenta ventajas comparativas por sobre las otras, tales como: que la quinua del lugar es el único ecotipo existente a nivel del mar y que posee alta adaptabilidad a zonas de secano y escasez hídrica, convirtiendo al secano costero en la zona con mayor potencialidad en el cultivo de quinua en Chile y con variedades únicas en el mundo (INDAP, 2014)¹

Se pudo identificar a un hombre cuyo apodo es “Don Conchita”, el cual vive en el sector La Plaza, como un recolector y guardador de semillas de quinua originaria del sector, el cual ha sido sembrada a nivel intensivo en la localidad por la Familia Araneda

Tabla 5-20 Identificación de Servicios Ecosistémico de Provisión de carácter biótico en la localidad de Cáhuil.

Servicio Ecosistémico	División	Grupo	Clase	Descripción	Presiones
Provisión (biótico)	Biomasa	Cultivo de plantas terrestres y acuáticas	Cultivo forestal	Extracción de madera para leña y para construcción	Escasa planificación territorial (cambio uso de suelo) Cambio de uso de suelo alteración a la Biodiversidad
			Cultivo de hortalizas y frutales	Agricultura intensiva	Destrucción de Hábitat/ cuenca arriba y adición de químicos a la cuenca
				Huertas de subsistencia- Cultivo de papaya y quinua	deforestación aumenta el traslado de sedimentos a las zonas
		Crianza de animales	Crianza de vacas, cerdos, gallinas	Animales para uso familiar	Contaminación de matrices ambientales • Descarga de residuos domiciliario
		Cultivo y crianza de especies acuáticas	Acuicultura (Miticultura)	Cultivo de Ostras	• Descarga de residuos domiciliarios • Falta de planificación territorial ecológica • Relleno de sitios anegados • Sobre carga de capacidad turística
		Recolección de plantas terrestres silvestres para nutrición, material o energético	Uso de Recursos Forestales no madereros	Recolección de hongo del pino (<i>Suillus luteus</i>)	• Alta división predial • Cambio de uso de suelo • Deforestación • Erosión de los saberes ancestrales • Contaminación de las aguas
				Recolección de frutos silvestres (rosa mosqueta, maqui)	Migración campo ciudad
		Navegación por laguna en embarcaciones de totora (<i>Typha angustifolia</i>) (Montane, 1960)			
				Cambio climático	

Servicio Ecosistémico	División	Grupo	Clase	Descripción	Presiones
		Recolección de plantas acuáticas silvestres para nutrición, material o energético	Extracción de algas.	Recolección de algas, luche, luga	Erosión cultural y migración campo ciudad.
		Pesca y extracción de animales silvestres para nutrición, material o energético	Pesca y extracción de animales acuáticos en laguna	Extracción de recursos marinos para consumo humano. En la actualidad peces como: el pejerrey (desova en el lago) y el roncador. No obstante, en el pasado se extraían moluscos como el Choro (<i>Mytilus chorus</i>) como lapa, choritos. De forma histórica se recolectaba navajuela, tacas, caracol marino, choro malton, lapa. Entre los peces bagre, cachamba, carpa, corvina, robalo, toyo y lenguado, lisa	<ul style="list-style-type: none"> •Alteración a la Biodiversidad (sobreexplotación de recursos/prácticas de manejo inadecuadas) • Social y Gobernanza (legislación deficiente)
		Caza de animales silvestres para nutrición, material o energético	Caza de diversas especies silvestres para consumo o pieles	Caza de conejos y aves principalmente patos	•caza furtiva/sobreexplotación de recursos)
	Materia I genético	Recolección y salvaguarda de material genético	Recolección de material genético de origen	La familia Araneda recolecta a través de Don Conchita" que vive en el sector La Plaza semillas	

Servicio Ecosistémico	División	Grupo	Clase	Descripción	Presiones
				de quinoa originaria del sector el cual ha sido sembrada a nivel industrial	

Tabla 5-21 Identificación de Servicios Ecosistémico de Provisión de carácter abiótico en la localidad de Cáhul

Servicio Ecosistémico	División	Grupo	Clase	Descripción	Presiones
Provisión (abiótico)	Agua	Agua superficial para uso humano, energético y materiales	Agua superficial para uso humano	Estero el Maqui abastece al APR Barranca	• Descarga de residuos líquidos (domiciliaria/contaminación difusa)
			Agua superficial de la Laguna para agricultura, ganadería y miticultura	Uso agrícola para huertas y crianza de animales de subsistencia Cultivo de ostras	Descarga de residuos líquidos (domiciliaria/contaminación difusa) Alteración a la Biodiversidad (deforestación y agricultura intensiva)
			Agua marina y costa usada como recurso energético	Uso de agua marina para manejo de salinas.	Extracción de agua (escasez hídrica/ Sobreexplotación de acuíferos) • No existe regulación sobre propiedad del agua estuarina (Falta de gobernanza)
		Agua subterránea para uso humano materiales o energía	Agua subterránea y subsuperficial para uso humano	Uso humano por APR Cáhul	• Mala gestión de la barra • Cambio climático (Aumento en la frecuencia de eventos extremos: sequía/inundaciones)
			Agua subterránea y subsuperficial para cultivos	Uso forestal	Cambio climático (aumento en frecuencia de eventos extremos, principalmente sequías) Escasa planificación territorial (cambio uso de suelo)
		Productos abióticos del ecosistema natural acuoso	Sustancias minerales utilizadas para nutrición, materiales o energía.	Salineras	Salineras

Respecto a la recolección de recursos hidrobiológicos, actualmente estos están ligados principalmente a la pesca tanto de orilla como de mar.

No obstante, se debe mencionar que la pesca de orilla, en la actualidad no está siendo normada. Los pescadores utilizan redes que cruzan de orilla a orilla el estero, dejándola por días. El resultado de esta pesca es; pesca no selectiva y no respeta la estacionalidad reproductiva de las especies, lo que ha traído una disminución considerable de las poblaciones de las especies que habitan en el Humedal Laguna de Cáhuil. Principalmente la pesca se basa en especies como: la cachamba, bagre, carpa, corvina, robalo, toyo y lenguado, lisa. La extracción de algas actualmente se realiza en baja escala algunas especies recolectadas son: luga y luce

Otro de los problemas que causa este tipo de pesca, es que, al dejar las redes por días, sin un monitoreo de ellas, las aves zambullidoras en particular caen en ellas produciéndoles la muerte.

Históricamente se recolectaban algunos moluscos como: Choro (*Mytilus chorus*), lapa, choritos, navajuela, tacas, caracol marino.

Los rubros en los que se desempeñan o desempeñaban los entrevistados clasificados en Otros: Vivero, Producción agrícola de quinua, Plantación forestal de pino piñonero, venta de artesanías, venta de parcelas de agrado, tramites oficial división de predios., cultura y educación (Centro Cultural y U. De O'Higgins).

La integración de la evaluación multisectorial proporciona un mejor entendimiento de los servicios y funciones de los ecosistemas. En efecto, se puede ver que gran parte de los entrevistados tienen o tuvieron un trabajo relacionado, en alguna medida, a los productos o servicios del ecosistema del área de estudio.



Figura 5-62 Identificación de las Áreas importantes para la Biodiversidad

5.2.3 Identificación de los instrumentos planificación territorial disponibles y vigentes atinentes al área de estudio, y revisión de su coherencia con los resultados obtenidos de delimitación, coberturas y usos de suelo, áreas de relevancia biológica y áreas proveedoras de servicios ecosistémicos.

Los instrumentos de planificación territorial en general son aquellos que permiten aplicar diversas políticas, tanto para el aprovechamiento como para la protección de los suelos nacionales, ya sean urbanos o rurales. Asimismo, la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) define la planificación urbana como: el "*proceso para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos (en los niveles nacional, regional, intercomunal y comunal)*" y hace aplicable este concepto para todo el territorio nacional, por tanto, aplicable también a los suelos rurales⁸.

En la legislación chilena, el cuerpo legal que determina los instrumentos de planificación territorial es la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en la que se consigna los siguientes instrumentos normativos:

- Plan Regional de Desarrollo Urbano
- Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano

⁷ Véase Decreto con Fuerza de Ley N°458, Ley General de Urbanismo y Construcciones. Capítulo I, Definiciones, Artículo 27°. Diario Oficial República de Chile, Santiago, Chile, 18 de diciembre de 1975.

⁸En la actualidad la Municipalidad de Pichilemu actualizó su Plan de Desarrollo Comunal PLADECO 2021-2026- al igual que el Plan de Desarrollo Turístico PLADETUR 2021-2026

- Plan Regulador Comunal con sus planos seccionales que lo detallen
- Plan Seccional
- Límite Urbano (Decreto N° 75, Vivienda Art. Único N.º 17 D.O. 2 5.06.2001)

Dentro de las incompatibilidades que estos instrumentos presentan para la conservación de la biodiversidad se encuentran las indicadas en la Tabla 5-22

Tabla 5-22 Instrumentos de Planificación Territorial disponibles

Instrumento	Zonas	Condiciones de uso	Función ecosistémica crítica afectada
Plan Regulador Comunal de Pichilemu	Zona Residencial mixta - 3	Se permite el desarrollo de proyectos de densificación, sólo para usos residenciales desarrollados en paños de terreno iguales o superiores a 5.000 m ² (Densidad bruta máxima 60 Hab/há)	Al estabilizarse la zona de dunas se ha alterado el balance de sedimentos, con potencial consecuencia en el embancamiento.
Plan Regulador Comunal de Pichilemu	Zona Residencial mixta - 4	Se permite el desarrollo de proyectos de densificación, sólo para usos residenciales desarrollados en paños de terreno iguales o superiores a 5.000 m ² (Densidad bruta máxima 200 Hab/há)	Al estabilizarse la zona de dunas se ha alterado el balance de sedimentos, con potencial consecuencia en el embancamiento. El relleno de la zona funcional del humedal para desarrollo residencial afecta la capacidad del humedal de amortiguar inundaciones ante eventos extremos
Plan Regulador Comunal de Pichilemu	Zona Residencial mixta - 9	Vivienda unifamiliar y vivienda en edificación colectiva, hoteles, moteles, apart-hotel, áreas de camping y pic-nic. Se prohíbe expresamente la infraestructura de telecomunicaciones como antenas e instalaciones similares, así como la utilización de fosa y/o pozo séptico como solución para la disposición de las Aguas Servidas (Densidad bruta máxima 60 Hab/há)	Al estabilizarse la zona de dunas se ha alterado el balance de sedimentos, con potencial consecuencia en el embancamiento.
Plan Regulador Comunal de Pichilemu	ZONA B2: Zona Equipamiento - 2	En esta zona, la altura de edificación podrá aumentarse a 6 pisos o 21,0 m, siempre que el uso propuesto esté dentro de los permitidos, el tamaño predial mínimo no sea inferior a 800 m ² y la ocupación de suelo no supere el 40%.	Al estabilizarse la zona de dunas se ha alterado el balance de sedimentos, con potencial consecuencia en el embancamiento.

Instrumento	Zonas	Condiciones de uso	Función ecosistémica crítica afectada
Plan Regulador Comunal de Pichilemu	ZONA BCD: Zona Equipamiento – Actividades Productivas-Infraestructura.	El desarrollo de proyectos cuyo uso contemple actividades productivas deberá contar con estudios de impacto ambiental de acuerdo con la normativa vigente	Al estabilizarse la zona de dunas se ha alterado el balance de sedimentos, con potencial consecuencia en el embancamiento.
Plan Regulador Intercomunal Borde Costero	Áreas rurales	En esta área rigen las disposiciones establecidas por el artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, el decreto ley 3.516 del Ministerio de Agricultura y las condiciones establecidas para el nivel Intercomunal por el artículo 2.1.7 de la OGUC.	El cambio en la cobertura de suelo no regulado afecta de modo sinérgico todas las funciones ecosistémicas
Límite Urbano	Límite Urbano	No se encuentra vigente para la comuna de Pichilemu	La expansión urbana constituye una amenaza para todas las funciones ecosistémicas

Por otra parte, cabe destacar que como se muestra en la Figura 5-63, parte de la Laguna Cáhuil se encuentra dentro del área urbana de Pichilemu, lo que representa una sinergia para la conservación en el escenario de la nueva ley de Humedales Urbanos

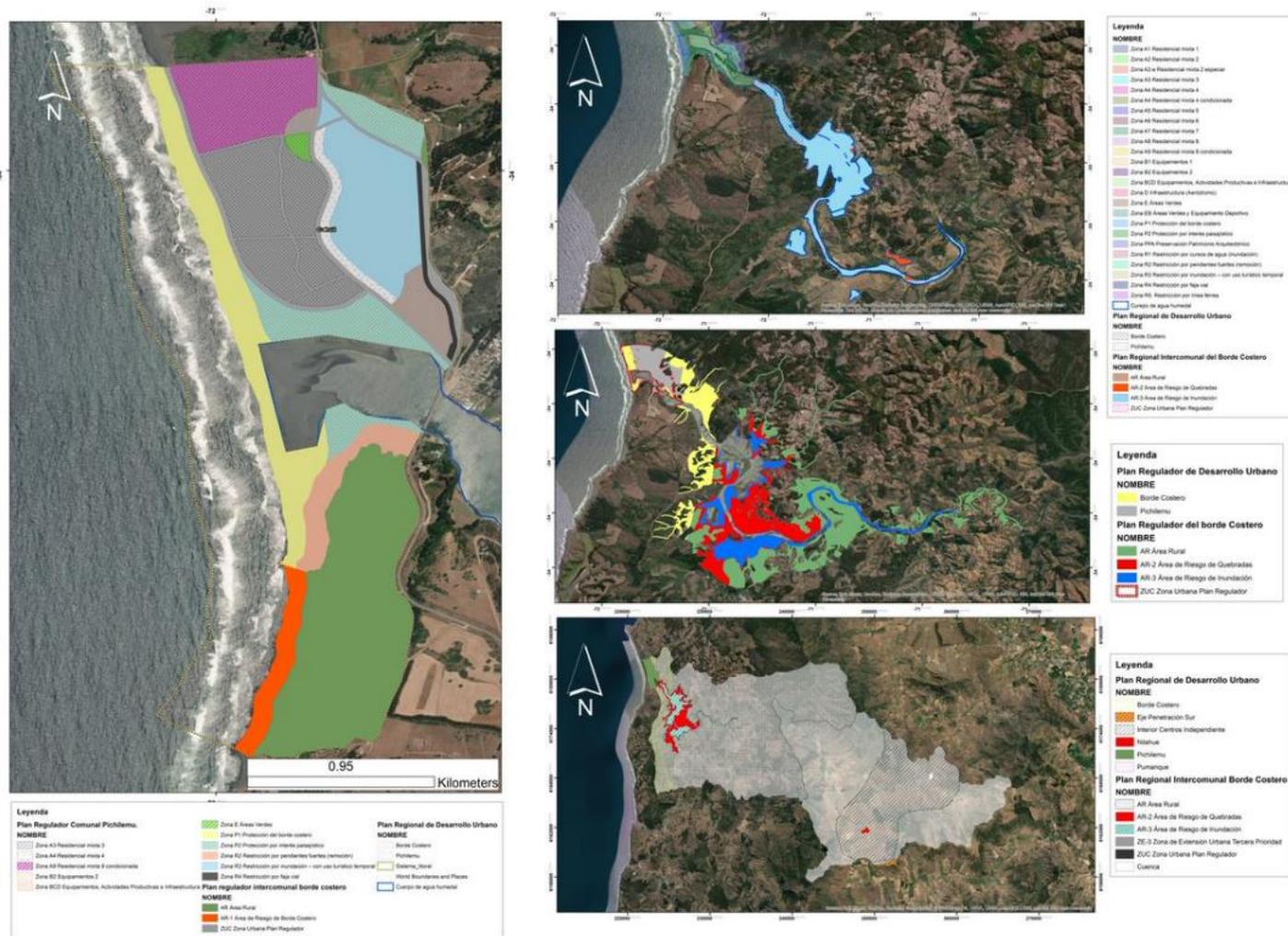


Figura 5-63 Instrumentos de planificación territorial que afectan al humedal. Disponible en <https://1drv.ms/u/s!ArG3uXdrbGdQgehlw8tBoalmsCdrC0>

Dentro de las incompatibilidades de los instrumentos de planificación territorial es posible observar una:

- Baja gobernanza por parte de los distintos agentes que convergen en el espacio litoral lo que deriva en una descoordinación administrativa
- Tendencia hacia la privatización del dominio público y limitaciones de acceso a bienes públicos como playas y humedales
- Faja fiscalización e irracionalidad en la utilización de servicios básicos (fosas sépticas), especialmente en zonas de interés paisajístico y riesgo
- No consideración de las dinámicas morfo sedimentológica en la planificación urbana lo que tiene efectos en el embancamiento de la barra
- Implantación de modelos informales de asentamientos, especialmente en el sector de Cáhuil. La forma de ocupación territorial a lo largo de la costa facilita la aparición de zonas pobladas espontáneas a través de una densificación habitacional en predios rústicos
- Conurbación de la franja del estuario entre Pichilemu y Cáhuil.
- crecimiento significativo de las viviendas por sobre el crecimiento de la población (viviendas de segunda residencia)
- Las restricciones generadas por riesgos frente a eventos naturales son insuficientes, especialmente en cuanto a las áreas de inundación por Tsunami.
- Pese a que los instrumentos contemplan una faja de protección de la zona litoral, esta no asegura preservar el carácter natural del litoral

5.3 OE N°4: Identificar áreas degradadas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca utilizando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).

5.3.1 *Revisión bibliográfica y selección de información útil de planificación ecológica a nivel local.*

Los niveles de degradación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos causados por las actividades humanas sobrepasan los límites estimados como seguros para el planeta y generan graves problemas sociales y económicos desde el nivel local, repercutiendo sobre el bienestar humano presente y futuro ((Millennium Ecosystem Assesment 2005).

Se hace cada vez más necesario incrementar los esfuerzos de protección y restauración ecológica y, especialmente, de revisión de los sistemas económicos locales, formas de utilización de los servicios ecosistémicos, de planificación del uso del territorio, etc. (Millennium Ecosystem Assesment 2005).

La capacidad instalada en Chile en el área de interfaz funciones y servicios ecosistémicos es claramente incipiente. Entender cómo se relacionan los ecosistemas con la provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad más allá de generalidades requiere de una aproximación transdisciplinaria que incorpore tanto el conocimiento de las ciencias biológicas como sociales. Debemos incorporar a la planificación del territorio y la gestión de los recursos naturales con el objetivo de mejorar el estado del ambiente, de revertir procesos de degradación, con foco en la recuperación de la capacidad de autorregulación y auto mantenimiento del sistema ecológico (ej. su integridad y resiliencia) y de proveer servicios ecosistémicos (ej. la capacidad de sostener las actividades productivas y la capacidad de amortiguar sus impactos) (CDB 2016; MVOTMA 2016; MVOTMA 2019).

Esta mirada debe innovar en cuanto al tipo de aproximación de gestión a adoptar, por ejemplo, complementando las buenas prácticas tradicionalmente utilizado con iniciativas alineadas al concepto de **Soluciones Basadas en Naturaleza**, que apuntan a "utilizar las funciones de los ecosistemas para resolver los problemas que enfrentamos, en lugar de depender solamente en soluciones convencionales.

En la actualidad, nuestro país, no cuenta con un instrumento que contemple una visión nacional e integrada del ordenamiento del espacio geográfico. Por el contrario, son múltiples los instrumentos que operan con diversas regulaciones y bajo la supervisión de diferentes organismos sectoriales. Esto genera un marco institucional complejo que genera ciertas discrepancias entre la visión de desarrollo que se plantea para un mismo territorio, posibilitando posteriores conflictos sobre el uso del suelo (Miranda, y otros 2015) . Además, dificulta la coordinación y articulación de

la planificación multiescalar y la integración armónica de los aspectos geográficos, culturales, sociales, económicos y ambientales del territorio (Pretch, Reyes y Salamanca 2008).

Ahora bien, al momento de generar una priorización de restauración, este se refiere al grado de prioridad que presenta un determinado sitio en función de su:

- i) **potencial de aportar a los objetivos de priorización** (ej. es particularmente relevante para la provisión de servicios ecosistémicos vinculados a los objetivos)
- ii) **estado de degradación en términos biofísicos ya sea observado o esperado**, que pueda estar disminuyendo su capacidad para aportar a los objetivos de priorización. Así, un sitio con alto potencial de aporte (o alto "valor de conservación") y con un alto grado de degradación debería ser prioritario a la hora de asignar recursos e implementar medidas de restauración, con comparación con otro sitio con bajo valor de conservación o bajo grado de degradación.

Sin embargo, la asignación de recursos a la restauración del territorio, el contexto social, productivo e institucional (incluyendo aspectos normativos) puede estar favoreciendo o dificultando la implementación de estas medidas, e incluso agregando la oportunidad de nuevos beneficios (como el desarrollo local de actividades económicas en torno a la restauración, como, por ejemplo, la creación de un vivero local con producción de especies nativas. Asociada a investigación actividades de educación ambiental, capacitación, etc., en ocasiones llamados co-beneficios).

En este sentido, el término oportunidades de restauración representa la relación de prioridades de restauración y la favorabilidad que la realidad social e institucional del territorio puede significar para eventuales esfuerzos de restauración (Ligrone, Mello y Zarucki 2020). La "*Planificación Ecológica a escala local*", es un instrumento de planificación de carácter indicativo y sectorial, que nace desde esta necesidad, expresando espacialmente la mirada de la autoridad ambiental en el territorio.

Este instrumento se caracteriza por ser: **Indicativa** ya que establece orientaciones no obligatorias a las actividades humanas relativas a la gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Sin embargo, estas indicaciones pueden llegar a ser obligatorias si son consideradas e incorporadas en instrumentos de planificación territorial y otros de carácter normativo. Es decir, los contenidos de la planificación ecológica pueden volverse normativos a través de otros instrumentos que los recojan y que tengan ese carácter (MMA-ONU MA 2020).

Así mismo, es un **instrumento sectorial** porque recoge y expresa las políticas, estrategias y programas de la autoridad ambiental relativas a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Además, es un instrumento predominantemente técnico que reconoce en su elaboración tanto el conocimiento técnico-científico, como el experto que reside en los actores locales de las instituciones públicas, de la sociedad civil y del mundo privado. Es así, que nace la necesidad de desarrollar la planificación ecológica a escala local debido a la demanda por parte de los municipios

de herramientas e instrumentos que les permitan orientar su trabajo y focalizar los esfuerzos de su gestión para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (MMA-ONU MA op cit).

Según (Picon, y otros 2017), define a la planificación ecológica como un enfoque que busca planificar y gestionar estratégicamente los elementos naturales y culturales de los paisajes y territorios, con el fin de conservar el funcionamiento de los ecosistemas y proporcionar beneficios para la ciudad, como el control de las inundaciones, el enfriamiento de ambientes urbanos, la purificación del aire, la producción de alimentos locales, el aseguramiento del espacio para la fauna y la flora, el paisaje y apoyar la economía local, entre otros.

En nuestro país el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha definido la Planificación Ecológica como *“la expresión territorial de las políticas, estrategias y programas relativos a proteger, reparar y usar de manera sostenible la biodiversidad de ecosistemas, comunidades de especies, sus genes, así como los servicios ecosistémicos derivados”* (Vasquez, y otros 2019).

En concreto, el MMA ha impulsado diversas iniciativas para poner en práctica esta herramienta indicativa, en particular *“(...) aplicada al componente Biodiversidad, como una metodología para la territorialización de la Infraestructura Ecológica y sus respectivos objetivos ambientales zonificados de protección, restauración y uso sustentable de esta componente, como así también para la identificación de requerimientos a los usos territoriales que impactan a la biodiversidad”* (Celis, y otros 2017). En la práctica esto se ha materializado en la elaboración de guías metodológicas y consultorías.

No obstante, es probable que los esfuerzos de restauración fracasen si persisten las fuentes de degradación. Por lo tanto, es esencial identificar las causas de la degradación y eliminar o remediar las tensiones en curso siempre que sea posible. Si bien la degradación puede ser causada por un impacto directo, como el llenado de un humedal, la contaminación por fuentes difusas, gran parte de la degradación es causada por el efecto acumulativo de numerosos impactos indirectos, como cambios en el flujo superficial causados por aumentos graduales en la cantidad de superficies impermeables en la cuenca. Al identificar las fuentes de degradación, es importante observar las actividades aguas arriba y cuesta arriba, así como los impactos directos en el sitio inmediato del proyecto. En algunas situaciones, también puede ser necesario considerar modificaciones aguas abajo, como presas y canalización.

5.3.2 Identificación de brechas de información.

Al revisar los vacíos de información existentes sobre la degradación de los ecosistemas, se identificaron aquellas vinculadas a la investigación básica de los ecosistemas de humedales costeros. Estos estudios son de relevancia para generar planes de adaptación y mitigación para el cambio climático, las que abarcan distintas escalas espaciales y temporales.

Primero, hay pocos estudios que detectan los cambios a nivel del local, debido al problema de escala desde el trabajo ecológico.

Al otro extremo, hay una falta de información ecológica básica sobre los límites de tolerancia de las especies, tanto vegetales como animales, a los eventos climáticos extremos y las sequías prolongadas; un desconocimiento de los efectos de las sequías en el tamaño poblacional y capacidad reproductiva de los animales, incluyendo los polinizadores y la regeneración en las plantas en diferentes ecosistemas.

Otra gran brecha es la poca información sobre el funcionamiento de los sistemas ecológicos y los forzantes sociales y económicos. En ese sentido, la intensificación de la agricultura, de la industria forestal y de las malas prácticas en pesca, no ha podido ser investigado tanto a nivel local o a escala comunal.

Según (Marquet y otros 2019), Chile está lejos de conocer íntegramente su biodiversidad de agua dulce en sus tres niveles (genético, específico y ecosistémico) y si sumamos a este ecosistemas sus ecotonos como lo son las transiciones de agua de mar a dulce y viceversa, el comportamiento de las distintas especies de peces y su dinámicas poblacionales y su funcionamiento con el manejo, extracción y uso del territorio, las áreas degradadas podrían ser mayor a las identificadas.

Según (Marquet y otros 2019), el área menos desarrollada entre los científicos en Chile es «ecosistemas». Los autores proponen, temas claves de investigación en donde se han encontrado más vacíos de información como, por ejemplo:

- El impacto del cambio climático en la ocurrencia y severidad de incendios.
- El efecto del cambio de uso del suelo en el ciclo hidrológico
- Complejidades del ciclo carbono en un escenario de cambio climático.

Un área escasamente explorada en Chile es la degradación del suelo forestal. En Chile, aproximadamente el 48,9% de la superficie continental está afectada por erosión severa (CIREN, 2010). Esta erosión se concentra principalmente en el área de bosques templados y mediterráneos bajo plantaciones exóticas y agrícolas (Casanova , y otros 2013). Desde comienzos del siglo XX, estas áreas han sido erosionadas por el antiguo uso del suelo (cultivo de trigo o pastoreo) ((Armesto y otros 2010) y hoy en día por las plantaciones forestales.

Desde la implementación del subsidio 701 se han reemplazado cada vez más los bosques nativos y secundarios con plantaciones de árboles exóticos, como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* (Altamirano et al., 2013). Este reemplazo, por años se ha justificado a través de la protección de los

suelos de forma rápida eficiente, sin embargo, estudios han comprobado que las plantaciones forestales hacen que el suelo quede sin protección durante varios años hasta el cierre del dosel. En el intertanto, la capacidad de infiltración de los suelos descubiertos se reduce (Malmer y Grip, 1990), lo que aumenta la escorrentía y la erosión. Hoy en día esta situación se ve agravada en el centro-sur, ya que la intensidad y duración de las precipitaciones están asociadas a eventos extremos provocados por el cambio climático. Existen muy pocos trabajos en Chile sobre el problema de la erosión asociada al cambio de uso del suelo y la pérdida de nutrientes por efecto de las plantaciones forestales e incendios. Ahora bien, si extrapolamos estos vacíos de información a nivel de cuencas, la falta de instrumentos de gestión para el buen manejo de estas, hacen que estos territorios sean completamente vulnerables a las amenazas antrópicas como naturales.

La gestión de las cuencas hidrográficas en nuestro país no existe, teniendo grandes vacíos de información sobre los usuarios a nivel de cuenca, siendo esta la unidad de manejo adecuada para los ecosistemas de agua dulce o humedales. Sumando a esto, la gran demanda por los derechos de agua y su gestión siendo un bien de uso privado, impidiendo la gestión integrada

Al estar la administración de los bienes comunes (antes recursos naturales) separadas en la planificación, es decir el uso del agua y de la tierra, al parecer es la mayor brecha de gestión existente en Chile para lograr la gestión integrada de la cuenca y así poder generar y construir medidas de mitigación y adaptación de estos ecosistemas al cambio climático.

Otra brecha identificada en esta revisión fue la poca relación de los municipios y gobiernos regionales (incluidos los organismos sectoriales) con la población y la economía de subsistencia. Al revisar y consultar los resultados de última Encuesta Casen, llamada Encuesta Casen en Pandemia 2020⁹. No fue posible encontrar los índices económicos de la población de Cahuil y sus alrededores. Es importante generar más conocimiento entre el uso de los bienes comunes con la economía local.

⁹ CASEN 2020: fue realizada en una modalidad mixta secuencial de tres fases: pre-contacto presencial, aplicación telefónica del cuestionario y recuperación presencial (solo en 268 casos).

5.3.3 Identificación de áreas degradadas prioritarias a restaurar en el humedal Cahuil y su subsubcuenca aportante, mediante el uso de imágenes satelitales y aplicación de la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM).

A partir de las amenazas a los servicios ecosistémicos y sus funciones analizadas en el objetivo anterior, se identifican las siguientes áreas degradadas en la . Las áreas degradadas mediante el resultado del análisis cartográfico (SIG) se muestran en la Figura 5-64

<p>PERDIDA O DISMINUCION DE AREAS IMPORTANTES PARA MANTENCION O PRODUCCION DE SSEE</p>	Áreas degradadas	Descripción
	1. Desembocadura del estuario	Desde el puente hacia aguas abajo, donde se detectan múltiples movimientos de arena con consecuencia en el embancamiento, los servicios ecosistémicos de regulación y de soporte de hábitat se ven amenazados
	2. Sistemas de Dunas	Alteración del sistema dunar a través del relleno de la línea costera y al manejo de la barra. Revegetación antigua de la Dunas, con el objetivo de detener el avance de la arena
	3. Áreas de inundación dentro del área urbana	Según el uso del suelo, estas zonas de humedal temporal se han visto degradadas en su función de regulación de crecidas a partir de la alteración de la cobertura vegetal y los rellenos no regulados
	4. Zonas remanentes de bosque esclerófilo (Salinas et al., 2018)	La vegetación en la zona central de Chile Central es la de matorrales y bosques esclerófilos. Estos ecosistemas han estado sometidos a una creciente presión agrícola, pecuaria, de extracción y urbana. Esto genera procesos de fragmentación del bosque
	5. Deforestación	Áreas de deforestadas entre 2013 - 2017
	6. Degradación de bosque y matorral esclerófilo	Áreas de degradadas entre 2013 - 2018
	7. Incendios	Áreas de ocurrencia de incendios
	8. Convento Viejo	Aumento del caudal en el Estero Nilahue, desencadenando cambios a nivel de función hidrológica

Tabla 5-23. Las áreas degradadas mediante el resultado del análisis cartográfico (SIG) se muestran en la Figura 5-64

<p>PERDIDA O DISMINUCION DE AREAS IMPORTANTES PARA MANTENCION O PRODUCCION DE SSEE</p>	Áreas degradadas	Descripción
	9. Desembocadura del estuario	Desde el puente hacia aguas abajo, donde se detectan múltiples movimientos de arena con consecuencia en el embancamiento, los servicios ecosistémicos de regulación y de soporte de hábitat se ven amenazados
	10. Sistemas de Dunas	Alteración del sistema dunar a través del relleno de la línea costera y al manejo de la barra. Revegetación antigua de la Dunas, con el objetivo de detener el avance de la arena
	11. Áreas de inundación dentro del área urbana	Según el uso del suelo, estas zonas de humedal temporal se han visto degradadas en su función de regulación de crecidas a partir de la alteración de la cobertura vegetal y los rellenos no regulados
	12. Zonas remanentes de bosque esclerófilo (Salinas et al., 2018)	La vegetación en la zona central de Chile Central es la de matorrales y bosques esclerófilos. Estos ecosistemas han estado sometidos a una creciente presión agrícola, pecuaria, de extracción y urbana. Esto genera procesos de fragmentación del bosque
	13. Deforestación	Áreas de deforestadas entre 2013 - 2017
	14. Degradación de bosque y matorral esclerófilo	Áreas de degradadas entre 2013 - 2018
	15. Incendios	Áreas de ocurrencia de incendios
16. Convento Viejo	Aumento del caudal en el Estero Nilahue, desencadenando cambios a nivel de función hidrológica	

Tabla 5-23 Áreas identificadas como degradadas y con potencial de restauración.

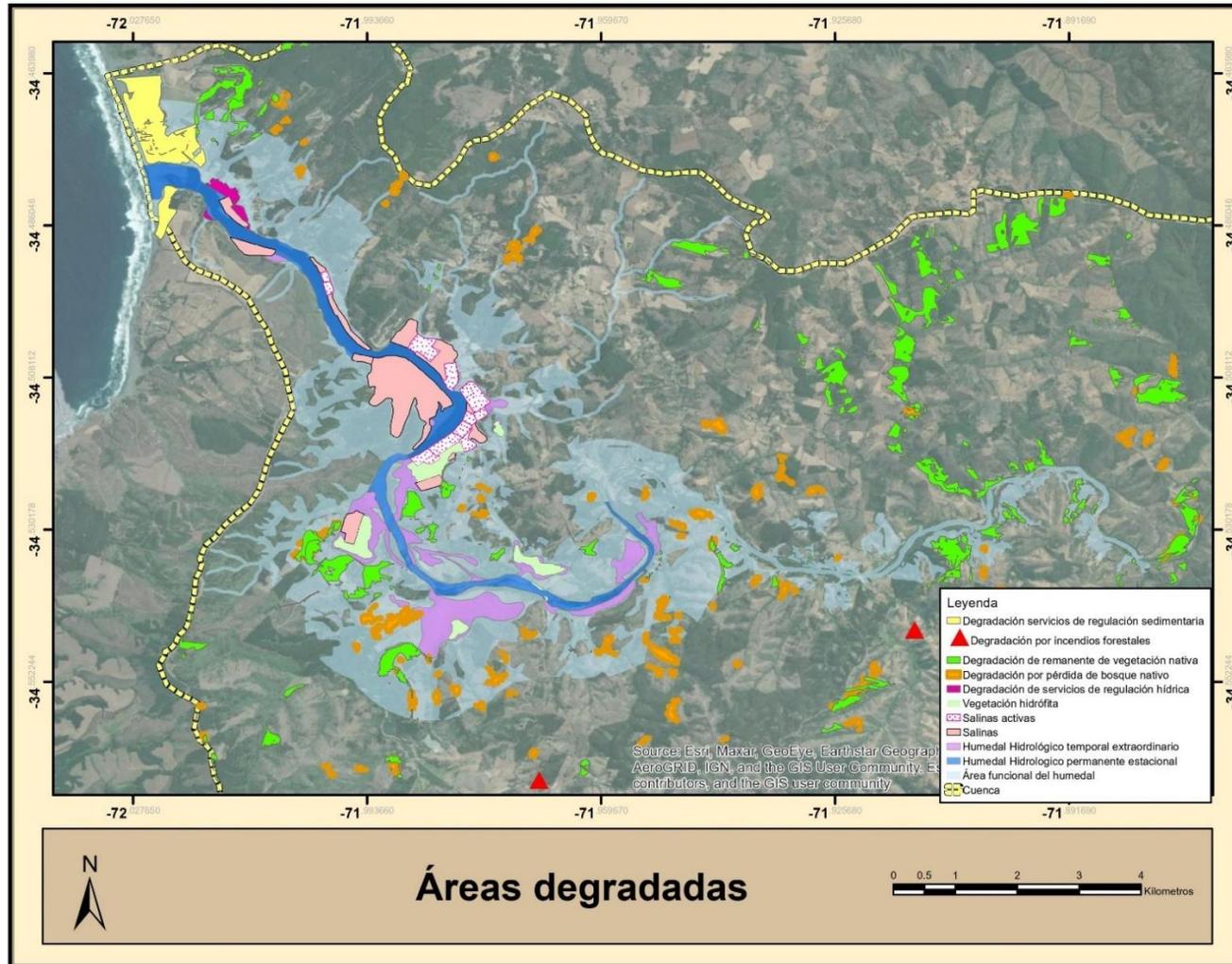


Figura 5-64 Ubicación y descripción de Áreas Degradadas

5.3.4 Validación de resultados de propuesta de áreas prioritarias para restauración talleres participativos con actores locales y el Comité Técnico Local de Cáhuil.

5.3.4.1 Instrumentos de recolección de datos.

La identificación de las áreas degradadas se realizó a través del análisis de la información recopilada con la participación técnica, las instituciones públicas y el conocimiento, opinión y percepción de la población de Cáhuil sobre el Humedal.

Como bien se menciona en la metodología, que debido a la contingencia sanitaria los talleres de validación de las áreas de degradadas y de restauración se debieron realizar de forma virtual utilizando la plataforma Zoom. No obstante, en el transcurso del estudio se identificó una gran brecha tecnológica en la población local, por lo que la participación local fue casi nula mediante esta tecnología.

5.3.4.1.1 Encuesta

Debido a la gran brecha tecnológica identificada a través del estudio, es que se construyó y aplicó la encuesta, obteniendo un total de **49 respuestas**. (enlace resultados encuesta <https://1drv.ms/x/s!ArG3uXdrbGdQgfJJloD6Y5AwXiskcw?e=ajoJTQ>)

A partir de esta encuesta se pudo conocer sobre la percepción de la población con respecto al nivel de degradación de la laguna, la cual fue clasificada como fuerte (73,5%)

Se preguntó sobre los factores de degradación en el territorio, mencionando con mayor frecuencia la **Intervención forzosa de la barra**, siguiéndole **relleno ilegal para construir casas** y en tercer lugar **el desagüe de las aguas servidas al Humedal**. La Figura 5-65 muestra los factores de degradación sobre el humedal de la Laguna de Cáhuil.

Se destaca la categoría otros¹⁰, aquellos factores de degradación:

- Deportes acuáticos
- Planta de tratamiento de maderas cercano al cultivo de ostras.
- Nula mantención de las fosas sépticas
- Modificación de las dunas y los desechos de los caballos.

¹⁰ Otros: cada uno con 1 mención.

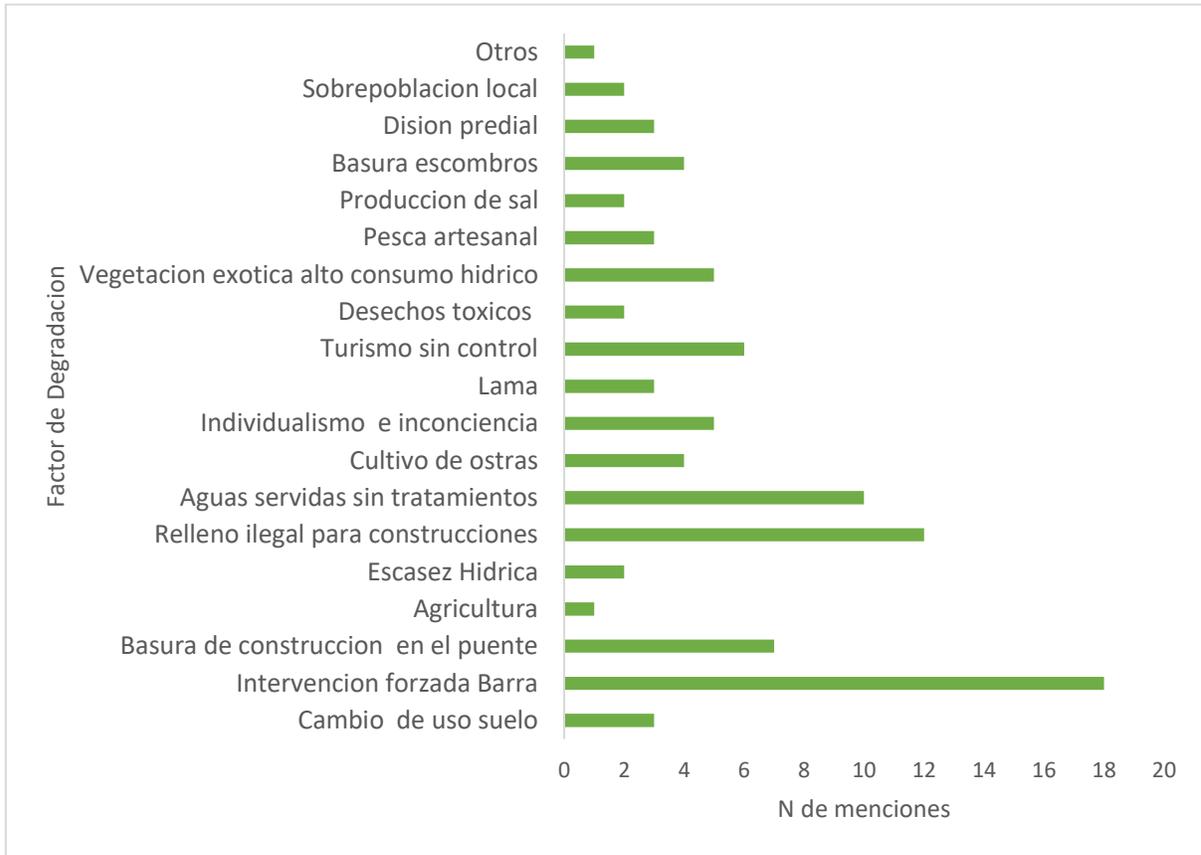


Figura 5-65: Factores de degradación identificados por los encuestados (n:49)

Respecto al grado de percepción con respecto a los distintos factores de degradación en el funcionamiento del humedal Laguna de Cáhuil, la población encuestada respondió en su gran mayoría que si afectaba de manera importante su calidad de vida cada factor de degradación.

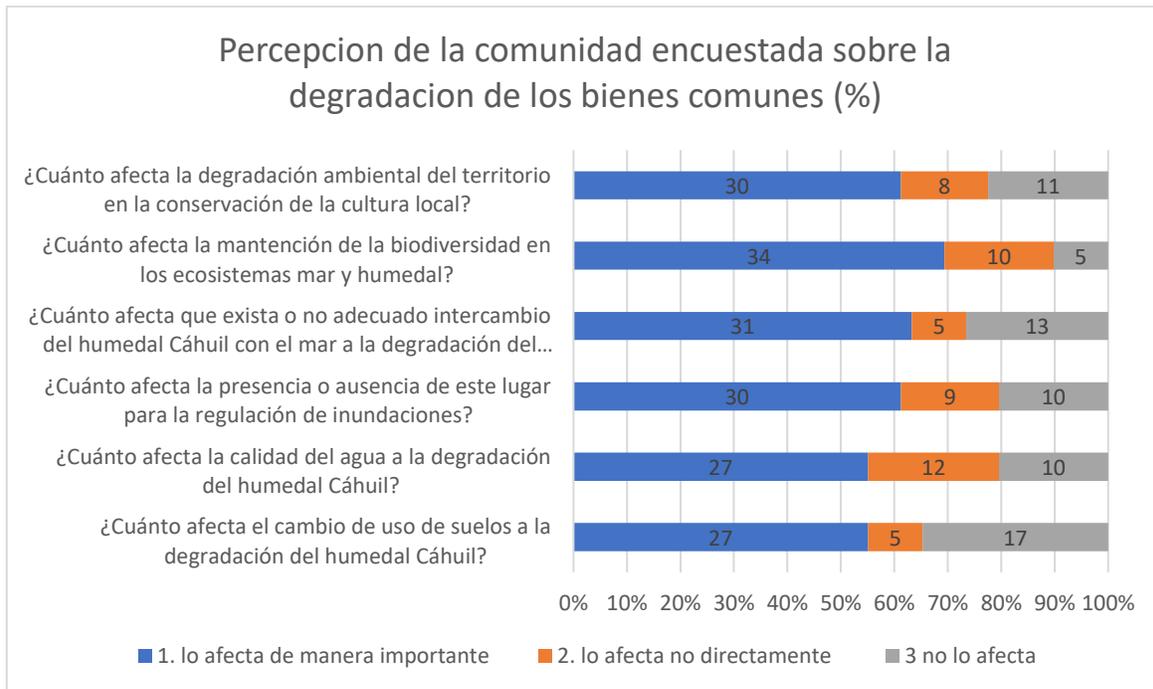


Figura 5-66 Como afecta el cambio de usos de suelo al Humedal Laguna de Cáhuil. **1: lo afecta de manera importante y 3: no lo afecta**

En el análisis, existe en general coincidencia dentro de las mesas de trabajo, con algunas diferencias particulares. Por lo anterior, el ejercicio ha permitido validar con un alto grado de confianza los objetivos perseguidos por el ROAM.

Dentro de los resultados que todos los tipos de degradación, con mayor o menor importancia, fueron nombrados en las dos mesas. **Sin embargo, destaca por ejemplo en la mesa de Instituciones Públicas, la alta relevancia de la degradación de Zonas remanentes de bosque esclerófilo.**

Por otro lado, en la mesa de **la Comunidad de Cáhuil, la zona de la desembocadura del estuario** la identifican como la zona más degradada del humedal, ya que ha perdido la capacidad de abertura natural perdiendo la entrada de agua de mar a las salinas, lo que trae consigo problemas en los sistemas productivos de la población.

Existe un consenso entre ambos actores, **que la calidad del agua de la laguna ha empeorado** debido al proceso de eutroficación por la proliferación de algas (lama). No obstante, resulta "curioso" que la comunidad no da cuenta de su propia responsabilidad por la contaminación de la laguna debido al depósito de aguas servidas, derivando la causa del problema a otros factores como el viento, el cambio climático, el cierre de la barra, entre otras.

Las zonas de inundación es otro factor de degradación según ambos actores. Esto debido a que la inundación se debe a que personas habitan en la llanura de inundación, produciendo una emergencia a nivel Municipal. Este problema existe por la extensión de los límites urbanos, habitacionales y la falta de planificación y límites naturales y jurídicos para la Laguna y la cuenca en general.

La expansión urbana y el aumento de población a Cáhuil, sobre todo en verano, provoca la pérdida de calidad y cantidad de agua. Este fenómeno se encuentra ligado a la industria inmobiliaria y a la alta división predial que existe en la actualidad.

La deforestación, el cambio de usos de suelo a forestal y la alta fragmentación es un factor de degradación por para ambos actores, no obstante, para los Servicios Públicos resulta ser más importante debido la diferencia entre los actores la que se debe básicamente a la composición de los actores y sus distintas percepciones dependiendo de la institución a la cual pertenecían.

Las zonas incendiadas, son identificadas como degradadas, debido a la alta cobertura de las plantaciones forestales de la cuenca. Este fenómeno provoca un riesgo inminente a la población, ya que esta habita cercana incendios.

La biodiversidad no es un tema que se perciba degradado. "Existen muchas especies de aves en la laguna utilizándola como sitio de nidificación y de reposo". No obstante, las demás taxa no se encuentran catastradas a nivel de cuenca.

La diferencia entre mesas se debe básicamente a la composición de los actores y sus distintas percepciones dependiendo de la institución a la cual pertenecían. Por otra parte, es posible detectar a través que la mayor cantidad de menciones se concentran en la fragmentación y pérdida de hábitat (10 menciones), seguida de pérdida de cantidad y calidad de agua (o menciones). Degradación de suelos y pérdida de biodiversidad sería el grupo que sigue con seis y siete menciones, respectivamente

Frecuencia de menciones de tipo de degradación por mesa (Servicio Público y Comunidad) de trabajo identificadas en el taller ROAM (Figura 5-67).

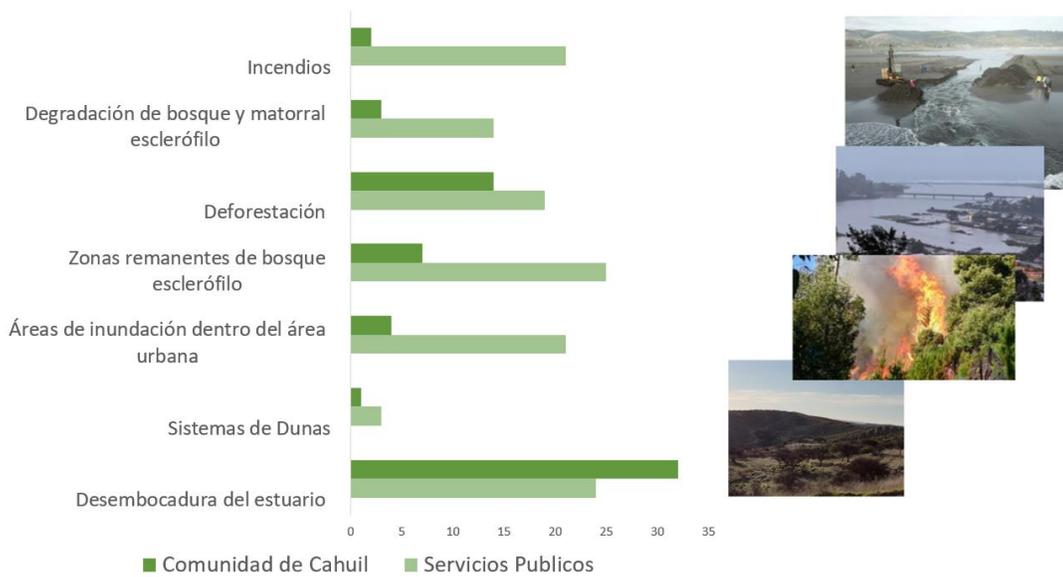


Figura 5-67 Frecuencia de menciones de tipo de degradación por mesa (Servicio Público y Comunidad) de trabajo identificadas en el taller ROAM.

Estos siete tipos tienen distinto grado de prioridad para los actores convocados. Destacan dentro de los resultados que todos los tipos de degradación, con mayor o menor importancia, fueron nombrados en todas las mesas. Sin embargo, destaca por ejemplo en la mesa 1 la alta relevancia de fragmentación y pérdida de hábitat que acapara el 50% de las menciones. Por otro lado, la mesa 2 destaca pérdida de calidad y cantidad de agua, mientras que en la mesa 4, la pérdida de biodiversidad. La diferencia entre mesas se debe básicamente a la composición de los actores y sus distintas percepciones dependiendo de la institución a la cual pertenecían. Por otra parte, es posible detectar a través que la mayor cantidad de menciones se concentran en la **fragmentación y pérdida de hábitat** (10 menciones), seguida de **pérdida de cantidad y calidad de agua**. **Degradación de suelos y pérdida de biodiversidad** sería el grupo que sigue con seis y siete menciones, respectivamente.

5.3.4.2 Talleres Participativos

Durante todo el proceso del proyecto, se realizaron 4 (0-3) Talleres Participativos, a los que fueron invitados las/los integrantes del Comité técnico Local, participando en reuniones virtuales como presenciales según la contingencia.

5.4 OE N°5: Proponer intervenciones de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada prioritaria identificada.

5.4.1 Propuesta de priorización para restauración de las áreas degradadas identificadas.

A partir de los resultados expuestos sobre las áreas degradadas y los talleres de validación sobre la información recopilada con los actores territoriales, se sistematizó la información por área degradada, amenaza y jerarquización de acuerdo con la importancia (menciones) que los distintos actores le otorgan.

La Figura 5-68 muestra aquellos lugares mencionados que son de urgencia a restaurar o rehabilitar debido al uso.

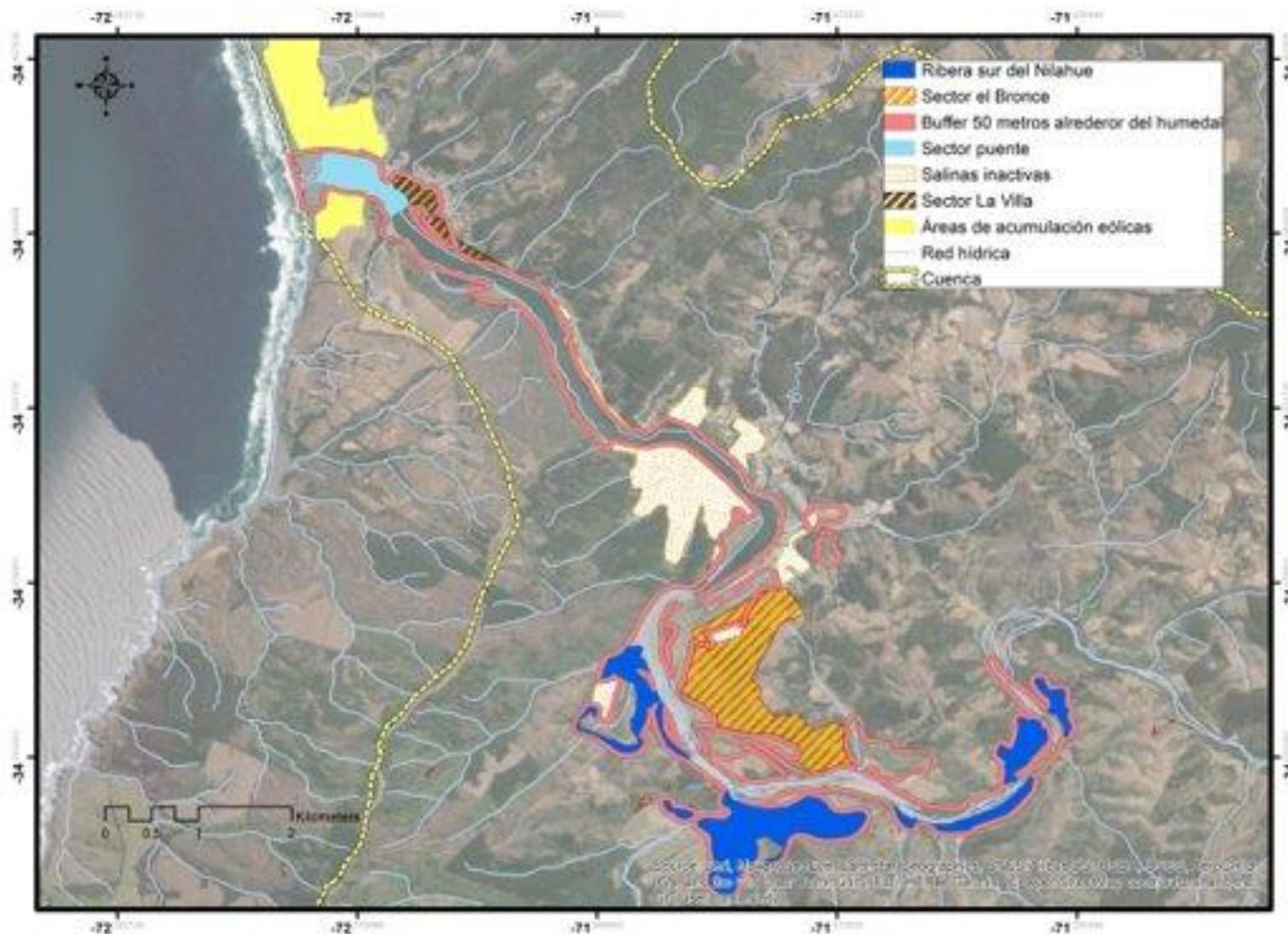


Figura 5-68 Propuesta de sitios a restaurar

5.4.2 Propuesta y valorización de alternativas de restauración considerando pertinencia y factibilidad por área degradada identificada.

Las áreas anteriormente descritas se vincularon a la escala de paisaje recomendada por ROAM al igual que la escala temporal de la restauración debido a la funcionalidad de los ecosistemas. Existen alternativas y acciones para la restauración que pueden realizarse para disminuir aquellas brechas identificadas.

- Escala de Paisaje

	Brechas identificadas	Acciones para la Restauración
Acciones para la conservación de la biodiversidad	Falta de conocimiento de los distintos ecosistemas que conforman el Humedal Laguna de Cáhuil.	Educación socioambiental tanto en el colegio como en la comunidad Generar conocimiento a partir de ciencia. Por ejemplo, utilizar el Ciclo de Indagación en el patio de la escuela
	Generar instancias de comunicación entre la municipalidad y los habitantes de Cáhuil. Esto a través de inquietudes de los servicios públicos como SERNAPESCA, SAG, CONAF, y la Municipalidad.	Programa de mejoramiento de comunicación de la comunidad con la Municipalidad Programa de generación de confianzas entre la comunidad
	-Investigación básica de los ecosistemas de humedales y los riesgos de los eventos climáticos extremos y las sequías prolongadas. Capacidad reproductiva de los animales peces, moluscos, incluyendo los polinizadores. - Generar una línea de base sobre la vida acuática tanto marina como limnología, con el objetivo de conocer el ciclo de vida de especies de transición	Figura de protección en el humedal
	Catastrar los sitios de nidificación de las especies de aves. Realizar un plan de manejo incluyendo un catastro de las especies con problemas de conservación y especies iconos de los humedales de Cáhuil.	Cursos sobre monitoreo de avifauna a empresarios turísticos locales

Construir un gremio de turismo de observación de aves, con el objetivo de conocer y manejar de forma sustentable el sistema productivo	
<p>Generación de estudios de regeneración en las plantas nativas.</p> <p>Generar un trabajo en conjunto entre los viveros de Cáhuil o población en general para el cultivo y propagación de especies nativas para fines de reforestación.</p>	<p>Reforestación en sitios altamente degradados con especies altamente eficientes hídricamente</p> <p>Reforestación con especies nativas</p>
Generar conocimiento en cuanto a sistemas productivos y culturales de la población de Cáhuil y alrededores	
Construir un plan de generación de confianzas entre la misma población de Cáhuil para en el futuro ellos mismo realizar la gestión de las fiscalizaciones.	Formar Institución Comunitaria para la Fiscalización de las actividades productivas
Conocer los sistemas ecológicos y los forzantes sociales económicos entre los usuarios y los bienes comunes.	Construir con la comunidad un plan sustentable de pesca de orilla a orilla
Generar investigación de primera mano para la regeneración y germinación de flora nativa con el objetivo de reforestación.	Identificar fragmentos de bosque nativo para conservar
Identificar aquellos sectores con remanentes de vegetación nativa para la generación de investigación en restauración pasiva.	Identificar sitios con vegetación mixta para realizar restauración pasiva

Restauración para las áreas (función hidrológica) degradadas.

Embalse Convento Viejo

Problemática

Degradación de la función hidrológica del humedal mediante la variación en el régimen y calidad de agua de los caudales que fluyen hacia la desembocadura debido al aporte de caudales excedentes de riego, lo que ha provocado alteraciones (tanto positivas como negativas) en algunos servicios ecosistémicos en la cuenca.

Objetivos y Funciones

Incorporar el enfoque de gestión de cuenca, incluyendo actores de la cuenca del Nilahue ubicados hacia aguas arribas que puedan estar afectando el régimen y calidad de agua de los caudales que fluyen hacia la desembocadura para la mitigación de la afectación observada debido al estiaje del Embalse Convento Viejo

Técnicas u/o Acciones de Rehabilitación

Incorporar al embalse Convento Viejo como actor de la cuenca en las instancias de revisión del estado del humedal de Cáhuil (por ejemplo, a nivel de Comité Técnico Local, Mesa Medioambiental de Pichilemu)
Implementar Acuerdos Voluntarios para la Gestión de Cuencas que permitan cumplir objetivos y metas comunes

Generar lineamiento de trabajo junto a DGA, APR y el Comité técnico Local para la proyección de los estiajes provocados por Convento Viejo a los distintos servicios ecosistémicos de la cuenca

Destinar las aguas residuales al APR para proveer de agua a las comunidades afectadas por la sequía prolongada sobre todo en época de verano.

Evaluación de resultados

Construcción de un convenio marco entre la administración del embalse Convento Viejo y la DGA, para incorporar estaciones hidrológicas en el sector de estiaje del embalse.

Generar un acuerdo entre la DGA, la mesa Medioambiental de Pichilemu y el Comité técnico Local, para la incorporación de datos en línea y proveer de información relevante para la toma de decisiones a nivel de cuenca

- **Escala de mosaico: Desembocadura del Estuario**

1. Desembocadura del Estuario (Barra)
Problemática
<ul style="list-style-type: none"> -Presión urbanística. - Inexistencia de los límites del humedal y la zona de inundación -Escasa sensibilidad de los usuarios del espacio, y de la opinión pública en general, hacia los valores naturales del espacio y los esfuerzos para conservarlos - Manejo irregular e ilegal de la abertura de la barra -Alteración de los ecosistemas dunarios, marinos y estuarinos -Nula regulación sobre la gobernanza del territorio. -Accionar de un tercer actor involucrado en el conflicto por la abertura. Aporte de agua no consensuada por parte del Embalse Convento Viejo. -Alteración por perros vagos o visitantes a los sitios de nidificación de aves con problemas de conservación (Pilpilén y Chorlo nevado)
Objetivos y Funciones
<ul style="list-style-type: none"> -Construcción de un Protocolo para la abertura de la barra de forma informada, consensuada y fiscalizada. - Generación de diálogo con Convento Viejo y DGA para la regulación del aporte de las aguas al Estero Nilahue - Generación de un Plan de Desarrollo Urbano para eliminar la alta división predial que existe en el sector. -Construir un dialogo entre los actores que realizan labores tanto en laguna como en la cuenca para llegar a un consenso sobre ellos distintos usos. - Mejorar el conocimiento de los valores naturales y culturales de la zona, tanto de los locales como de los turistas. -Controlar la abertura de la barra mediante un conocimiento de la biología de las especies y su migración mar-estuario y viceversa. - Construir una comunidad empoderada con la biodiversidad del Humedal.
Técnicas u/o Acciones de Rehabilitación
<p>Construcción de un protocolo de abertura en donde se reúna la información técnico-científica y la de gobernanza con el objetivo de llevar una gestión más sostenible del territorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Incorporar al embalse Convento Viejo como actor de la cuenca en las instancias de revisión del estado del Humedal Laguna de Cahuil (por ejemplo, a nivel de Comité Técnico Local), y consensuar medidas de mitigación.
Evaluación de resultados
<ul style="list-style-type: none"> -Firma de convenio marco con Embalse Convento viejo y el Comité técnico Local -Protocolo de Abertura de la barra -Implementar Acuerdos Voluntarios para la Gestión de Cuencas - Evaluar la responsabilidad de posibles impactos ambientales no previstos (25 quinquies) de un proyecto en los organismos ambientales pertinentes.

Tabla 5-24 Resumen de acciones o intervenciones en las áreas degradadas y con un potencial de rehabilitación.

5.4.3 Validación de la identificación, priorización y propuesta de alternativas de restauración para áreas degradadas con el Comité Técnico Local de Cáhuil.

5.4.3.1 Encuesta

Dentro de la población encuestada (n:49), sugieren 13 áreas o zonas con potencial de restauración. La Figura 5-69 muestra la propuesta de aquellas zonas urgentes a restaurar.

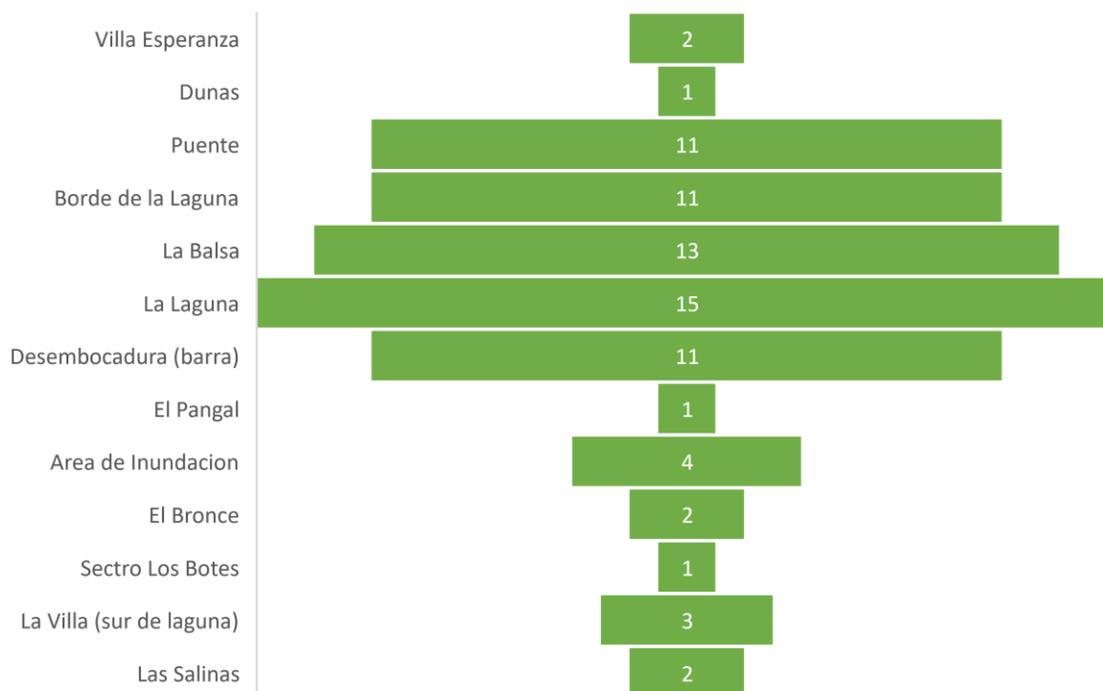


Figura 5-69 Lugares mencionados por la comunidad local, que son de urgencia a restaurar o rehabilitar debido al uso.

De estas áreas, las principales sugerencias recaen en:

<p>La Laguna</p>	<p>el primer lugar para restaurar se menciona a Laguna (n=15) como un ecosistema degradado y con potencial de restauración. La laguna y su área de amortiguación en la actualidad se encuentra contaminada por los desechos de las aguas servidas las cuales se vierten de forma directa. Como parte de la gestión Territorial y la construcción de una gobernanza, se recomienda generar conversaciones a nivel municipal y regional, para un compromiso futuro en la instalación de una planta de tratamiento.</p>	
------------------	--	--

Sector la Balsa	<p>es el segundo lugar escogido para restaurar por la necesidad de generar un corredor ecológico turístico entre este sector y la zona del puente. La población encuestada menciona que el sector de la Balsa esta "oculto y abandonado", no siendo parte de un corredor turístico ecológico en el que se propone unir todos los hitos turísticos en un gran corredor llegando finalmente a Barrancas</p>	
Sector el Puente:	<p>según la población encuestada, el sector del puente quedo tapado con material luego de la construcción de este. Proponen sacar el material como medida de restauración, ya que ellos aseguran que luego de una acción como esta, la dinámica del ecosistema volvería a la normalidad.</p>	

La Figura 5-70 muestra aquellas zonas priorizadas por la población encuestada para la restauración de las funciones ecosistémicas.

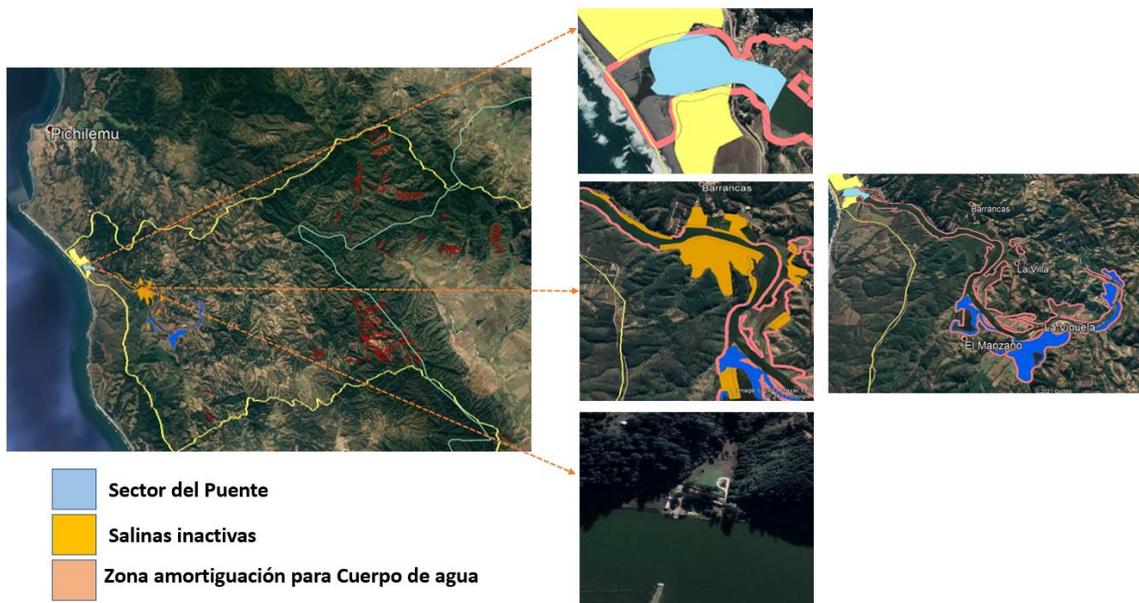


Figura 5-70 Validación de las zonas a restaurar según prioridad de la población encuestada.

5.4.3.2 Estrategia de restauración para los sectores seleccionados.

Sector	Factor degradación	Temporalidad	Escala de trabajo	Plan de Restauración	Acciones inmediatas
La Laguna	Contaminación por fuentes difusas	Inmediato	mosaico	Generación de plan de fitorremediación en los ductos de las casas previa salida al humedal Catastro de los pozos en las casas y dinámica de limpieza	Búsqueda de fondos económicos para la aplicación del plan de fitorremediación Análisis químico de las aguas del Humedal Laguna de Cáhuil Proponer un plan de construcción de fitorremediación para cada hogar sin pozo. Ubicación de viveros para la propagación de plantas a utilizar
				Plan de restauración para hábitat de la fauna en salinas abandonadas	Identificación de especies usuarias de las salinas abandonadas Identificación de flora y fauna de salinas abandonadas
Sector al Balsa	Deforestación	Mediano plazo	Nivel de paisaje	Construcción de un corredor biológico turístico entre el sector del puente-la balsa- Barrancas	Búsqueda de fondos económicos para generar la acción de reforestación Planificación del área a restaurar (activa o pasiva) Ubicación de los parches potenciales para la restauración pasiva (solo vegetación nativa) Identificación de especies a utilizar según hábitat

Sector	Factor degradación	Temporalidad	Escala de trabajo	Plan de Restauración	Acciones inmediatas
					Ubicación de viveros para la propagación de las especies seleccionadas
Sector el Puente (Protocolo de abertura de la barra)	Manejo indiscriminado de la barra de arena	Mediano plazo	Nivel Mosaico	Protocolo manejo de la barra	Identificación de pobladores con construcciones en zona de anegamiento del Humedal Laguna de Cáhuil
	Edificación ilegal, venta de terrenos en zonas de anegamiento	Mediano plazo			
	Aporte de excedentes de agua por parte del Embalse Convento Viejo	Largo Plazo	Nivel de paisaje	Construcción de un convenio entre la administración del embalse, DGA y municipalidad para el manejo óptimo de los aportes hídricos a la cuenca y su beneficio a los distintos usuarios	Identificación y cuantificación de los usuarios, consecuencias o beneficios del agua excedente

6 BIBLIOGRAFÍA

- AMBAR Consultoría e Ingeniería Ambiental. (2008). Descripción, caracterización y propuestas de manejo de humedales costeros, Provincia de Cardenal Caro. Elaborado para Gobierno Regional Región de O'Higgins y Sernapesca. 343 pp.
- ANDRADE Y GRAU, (2005). La laguna de Cáhuil, un ejemplo de estuario estacional en Chile central
- AQUAEXPERT. (2015). Actualización línea base biológica, flora y fauna acuática. Humedal de Cáhuil. Elaborado para SEREMI MMA Región de O'Higgins. 83 pp.
- BARBIER, E.B., S.D. HACKER, C. KENNEDY, E.Q. KOCH, A.C. STIER, B.R. SILLIMAN. (2015). The value of estuarine and coastal ecosystem services Ecological Monographs, 81.
- BARBIER.E.B. (2012). A spatial model of coastal ecosystem services Ecological Economics, 78 (2012).
- BOBBINK R, B BELTMAN, JTA VERHOEVEN & DF WHIGHAM (EDS) (2006) Wetlands: Functioning, biodiversity conservation and restoration. Springer, Berlin.
- BRYAN-BROWN, D.N., R. CONNOLLY, D.R. RICHARDS, F. ADAME, D.A. FRIESS, AND C.J. BROWN. (2020). Global trends in mangrove forest fragmentation. Scientific Reports 10 (1): 7117
- CHARRIER, A. (2019). Guía de campo Anfibios de los bosques de la zona Centro Sur y Patagonia de Chile. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Chile, 300 pp.
- CHENG, Z., X.H. WANG, I. JALON-ROJAS, AND Y. LIU. (2019). Reconstruction of sedimentation changes under anthropogenic influence in a medium-scale estuary based on a decadal chronological framework. Estuarine, Coastal and Shelf Science 227
- COFRÉ, I. I., CORREA, C. P. C., SOTO, M. V., & RAULD, R. (2016). Geomorfología aplicada a la evaluación de amenazas de origen natural en la zona sur de la comuna de Pichilemu, Región de O'Higgins, Chile. Investigaciones Geográficas, (51), ág-61.
- CORPORACIÓN CHILE AMBIENTE. (2018). Informe de Planificación Ecológica. VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Gobierno Regional de O'Higgins.
- CORREA ARANEDA F., URRUTIA, J., & FIGUEROA, R. (2011). Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. Revista chilena de historia natural, 84(3), 325-340.
- COSSARINI, S. LIBRALATO, S., X. GAO, F. GIORGI, C. SOLIDORO. (2008). Downscaling experiment for the Venice lagoon. II. Effects of changes in precipitation on biogeochemical properties Climate Research, 38 (1).
- CR2. (2018) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 (FONDAP 15110009) "Simulaciones climáticas regionales". Proyecto "Simulaciones climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad" mandatado por el Ministerio del Medio Ambiente. Julio de 2018. Disponible en www.cr2.cl

- DALRYMPLE, R.W., ZAITLIN, B.A., BOYD, R., (1992). Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology* 62, 1130–1146.
- DEMANGEL, D. (2016). Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones. Santiago, Chile. 619 pp.
- DUGAN, P. (1992). Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Unión Mundial para la Naturaleza – UICN.
- ELIZALDE, RAFAEL. (1970). La Sobrevivencia de Chile. Segunda Edición. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile
- ENVIRONMENTAL LAW INSTITUTE (ELI) (2008). *Planner's Guide to Wetland Buffers for Local Governments*, Washington, D.C. ISBN 978-1-58576-137-1, ELI Project No. 0627-01.
- EQUIHUA, Z., BENTEZ, B., SCHMIDT, M., EQUIHUA, B., & ÁLVAREZ, P. (2014). Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*, 695-718.
- ESSBIO. 2009. Antecedentes área de emplazamiento proyecto embalse Nilahue, Región de O'Higgins. 38 pp.
- FAIRBRIDGE, R.W., (1980). The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Olausson, E., Cato, I. (Eds.), *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. Wiley, New York, pp. 1–36.
- FERNÁNDEZ, L. (2010). Diagnóstico de base sobre el impacto de las obras de infraestructura en la capacidad de adaptación de los humedales. *Westland International-Fundación Humedales*.
- FROLKING, S., & ROULET, N. T. (2007). Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology*, 13(5), 1079-1088.
- HAYWOOD, B.J., M.P. HAYES, J.R. WHITE, AND R.L. COOK. (2020). Potential fate of wetland soil carbon in a deltaic coastal wetland subjected to high relative sea level rise. *Science of the Total Environment* 711.
- HERNÁNDEZ A, MIRANDA M, ARELLANO EC, DOBBS C (2016) Landscape trajectories and their effect on fragmentation for a Mediterranean semi-arid ecosystem in Central Chile. *J. Arid Environ.* 127: 74-81.
- HERNÁNDEZ, H.J., GALLEGUILLOS, M & ESTADES, C. (2016). Mapa de Cobertura de Suelos de Chile 2014: Descripción del Producto. Laboratorio GEP, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.
- IRIARTE, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España, 420 pp.
- IRIARTE, A., Y F. JAKSIC. 2012. Los carnívoros de Chile. Ediciones Flora y Fauna Chile y CASEB, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 260 pp.
- LAMPERT TW & U SOMMER (1997) *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, New York, USA.
- LOBOS, G, VIDAL, M., CORREA, C., LABRA, A., DÍAZ-PAÉZ, H., CHARRIER, A., RABANAL, F., DÍAZ, S. Y C. TALA. 2013. Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiental, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. Santiago, Chile. 204 pp.

- LOPES, R., N. VIDEIRA. (2013). Valuing marine and coastal ecosystem services: An integrated participatory framework *Ocean & Coastal Management*, 84 (2013). 10.1016/j.ocecoaman.2013.08.001
- MA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystem services and human well-being Island Press, Washington, DC (2005)
- MCLACHLAN, A. (1980). Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. *Marine Environmental Research*, 4(1), 59-63.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2016). Guía metodológica de transferencia de beneficios
- MMA - CEA (2015). Diagnóstico ambiental a partir de la estructura y funcionamiento del humedal Cáhuil
- MMA. (2020). Inventario De Humedales Urbanos y Actualización Catastro Nacional De Humedales (Ejecutor: Edáfica).
- MOP-DGA. (2009). Análisis Metodológico para Determinar Caudales de Dilución en Zonas Estuarinas. SIT N°189.
- MOP-DOP. (2018). Diagnóstico Desembocadura Laguna Cáhuil, Comuna de Pichilemu. Ministerio de Obras Públicas / Dirección de Obras Portuarias (Ejecutor: Arcadis).
- MUÑOZ-PEDREROS, A. Y J. YAÑEZ. 2009. Mamíferos de Chile. CEA Ediciones. Valdivia, Chile. 571 pp.
- NEWTON, A., J.D. ICELY, S. CRISTINA, A. BRITO, A.C. CARDOSO, F. COLIJN, ..., J.M. ZALDÍVAR. (2014). An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140.
- PEKEL, J., COTTAM, A., GORELICK, N., & BELWARD, A. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* volume 540, pages418–422(2016)
- PINCHEIRA-DONOSO D. Y H. NÚÑEZ. 2005. Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropicuridae: Liolaeminae): Taxonomía, sistemática y evolución. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 59: 1-486.
- PRITCHARD, D.W., (1967). What is an estuary: physical viewpoint. In: Lauff, G.H., (Ed.), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science Publication 83, Washington D.C., pp. 3–5.
- RABANAL, F. Y J. NUÑEZ. 2008. Anfibios de los Bosque Templados de Chile. Primera Edición. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 206 pp.
- RAMIREZ, C., C, SAN MARTIN & J. SAN MARTIN. (1992). Vegetación y dinámica vegetal en las dunas litorales chilena. *BOSQUE* 13(1): 41-48 *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 33, julio, 2005, pp. 59-72
- ROMERO, F. I., COZANO, M. A., GANGAS, R. A., & NAULIN, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12.

- S.J. EISENREICH (ED.). (2005). Climate change and the European water dimension. EU report no. 21553, European Communities, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy.
- SALINAS, R. G., SOTO, M. C., GOZALVO, F. R., ALONSO, A. V., INTVEEN, H. B., & CERRILLO, R. N. (2018). Remanentes del bosque esclerófilo en la zona mediterránea de Chile central: caracterización y distribución de fragmentos. *Interciencia*, 43(9), 655-663.
- SANDIFER, P.A., A.E. SUTTON-GRIER, B.P. WARD. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation *Ecosystem Services*, 12.
- SCHUERCH, M., SPENCER, T., TEMMERMAN, S., KIRWAN, M. L., WOLFF, C., LINCKE, D., & HINKEL, J. (2018). Future response of global coastal wetlands to sea-level rise. *Nature*, 561(7722), 231-234.
- SORRELL, B., & GERBEAUX, P. (2004). Wetland ecosystems. *Freshwaters of New Zealand*, 28.
- SOTO BÄUERLE, M. V., ARRIAGADA GONZÁLEZ, J., CASTRO CORREA, C. P., MAERKER, M., & RODOLFI, G. (2011). Relación entre el cambio de uso del suelo en la cuenca del Aconcagua y su litoral arenoso correlativo: Chile central. *Revista de geografía Norte Grande*, (50), 187-202.
- TANG, D., X. LIU, H. HE, Z. CUI, H. GAN, AND Z. XIA. (2020). Distribution, sources and ecological risks of organochlorine compounds (DDTs, HCHs and PCBs) in surface sediments from the Pearl River estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 152
- TUNDISI JG & M MATSUMURA-TUNDISI (1990) Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, Sao Paulo State, Southern Brazil, *Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse der Limnologie* 33: 661-676.
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE; BIOTA GESTIÓN Y CONSULTORÍAS AMBIENTALES LTDA.; INSTITUTO FORESTAL (CHILE); CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CHILE). (2003). Monitoreo y actualización: catastro de Uso del Suelo y vegetación. Sexta Región del Libertador Bernardo O'Higgins
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE; BIOTA GESTIÓN Y CONSULTORÍAS AMBIENTALES LTDA.; INSTITUTO FORESTAL (CHILE); CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CHILE). (2006). Monitoreo y actualización: catastro de Uso del Suelo y vegetación. Séptima Región del Maule
- VIDAL, M. Y A. LABRA. 2008. Herpetología de Chile. Science Verlag. XXIII. 593 pp.
- WELKER ENVIRONMENTAL CONSULTANCY, (2002), Study into Buffering Between Wetlands and Other Land Uses: A Management Framework for Wetland Buffering, Report prepared for the Department for Planning and Infrastructure, Perth, Western Australia.
- YE, Z., J. CHEN, L. GAO, Z. LIANG, S. LI, R. LI, G. JIN, Y. SHIMUZU, S. ONODERA, M. SAITO, AND G. GOPALAKRISHNAN. (2020). ²¹⁰Pb dating to investigate the historical variations and identification of different sources of heavy metal pollution in sediments of the Pearl River estuary, southern China. *Marine Pollution Bulletin* 150

- YU, M., E. RIVERA-OCASIO, T. HEARTSILL-SCALLEY, D. DAVILLA-CASANOVA, N. RIOS-LOPEZ, AND Q. GAO. (2019). Landscape-level consequences of rising sea-level on coastal wetlands: Saltwater intrusion drives displacement and mortality in the twenty-first century. *Wetlands* 39 (6): 1343–1355.
- ZEDLER, J. B., & KERCHER, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 30, 39-74.
- ZHOU, Q., C. TU, C. FU, Y. LI, H. ZHANG, K. XIONG, X. ZHAO, L. LI, J.J. WANIEK, AND Y. LUO. (2020). Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China. *Science of the Total Environment* 703
- LATERRA ET AL. (2015). ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistemicos y vulnerabilidad socioecologica para el ordenamiento territorial. Recuperado el 2020, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pt99_protocolo_colaborativo_de_evaluacion_y_mapeo_de_servicios_ecosistemicos_y_vulnerabilidad_socioecologica_para_el_ordenamiento_territorial.pdf.
- MACE, G., NORRIS, K., & FITTER, A. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*.
- BREDFOR, MA. ET AL. (2002). Impacts of soil faunal community composition on model grassland ecosystems. *Science*.
- BALVANERA, P. ET AL. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecol. Lett.*
- CARDINALE, B.J. ET AL. (2003). Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecol. Lett.*
- MCLACLLAN. (1980). Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. *Marine Environmental Research*(1)
- COFRE, I., CORREA, I., SOTO, M., & RAULD, R. (2016). Geomorfología aplicada a la evaluación de amenazas de origen natural en la zona sur de la comuna de Pichilemu, Región de O'Higgins, Chile. *Investigaciones Geográficas*.

7 GLOSARIO

- **Actores locales:** Grupos, organizaciones, instituciones o personas, que interactúen en un territorio y que por distintos motivos deben generar propuestas y acciones que tiene incidencia en lo social dentro de una comunidad.
- **Agroquímicos:** Sustancias químicas muy utilizadas en la agricultura, cuyo objetivo principal es mantener y conservar los cultivos, pero dañino para los ecosistemas y organismos asociados a él.
- **Biodiversidad:** Variedad y variabilidad de organismos y los complejos ecológicos donde estos ocurren
- **Cambio climático:** Alteraciones de los ciclos climáticos naturales del planeta por efecto de la actividad humana, especialmente las emisiones masivas de CO₂ a la atmósfera provocadas por las actividades industriales intensivas y la quema masiva de combustibles fósiles.
- **Comunidades ecológicas:** Poblaciones de animales y plantas de diferentes especies que ocupan un área determinada
- **Cuenca Hidrográfica:** La porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural que puede desembocar en un lago interior o en el mar. Puede subdividirse en subcuencas, las cuales forman parte del sistema cuenca
- **Erosión:** Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra, dejándola sin capacidad para sustentar la vida. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y esta favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna).
- **Incendios Forestales:** fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Es decir, es un fuego injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son vegetales y que, en su propagación, puede destruir todo lo que encuentre a su paso.
- **Expansión de infraestructura:** aumento del Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.
- **Alteración del Hábitat:** Cambio de las condiciones medioambientales locales en las que funciona un organismo o un ecosistema en concreto
- **Eutrofización:** ecosistema caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes (procedentes normalmente de actividades humanas), de forma que se produce una proliferación descontrolada de algas Fitoplanctónicas
- **Contaminación hídrica:** La contaminación hídrica es la presencia de componentes químicos o de otra naturaleza en una densidad superior a la situación natural, de modo que

no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural. Esta alteración en la calidad del agua, que se traduce en la existencia de sustancias como los microbios, los metales pesados o los sedimentos, hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio.

- **Contaminación difusa:** contaminación por una fuente no puntual se refiere al aire y el agua desde una fuente de contaminación difusa
- **Planificación Territorial** herramienta que busca dar racionalidad a los procesos de decisión de acciones vinculadas al gobierno del territorio en sus tres niveles: nacional, provincial y municipal.
- **Sedimentación:** aumento en los sedimentos exportados por las corrientes de agua debido a lo que conceptualmente es a los procesos de deforestación-erosión-sedimentación, generando habitualmente contaminación de los cursos de agua por sedimentación.
- **Deforestación:** reducción de la superficie forestal, debido a corta indiscriminada, incendios u otro factor dejando el suelo desnudo aumentando la erosión y posterior sedimentación de los suelos
- **Especies exóticas:** Son aquellas especies foráneas que han sido introducidas fuera de su distribución natural, es decir, corresponden a las especies cuyo origen natural ha tenido lugar en otra parte del mundo y que por razones principalmente antrópicas han sido transportadas a otro sitio (voluntaria o involuntariamente).
- **Evaluación de los Ecosistemas del Milenio:** Programa de trabajo internacional diseñado para satisfacer la necesidad de los tomadores de decisiones y el público sobre las consecuencias de los cambios globales en los ecosistemas para el bienestar humano y las opciones de respuesta frente a esos cambios y procesos biofísicos dan lugar a las funciones ecosistémicas, definidas como “un subconjunto de interacciones entre estructura y procesos biofísico que sustentan la capacidad de un ecosistema de proveer bienes y servicios”
- **Gestión a nivel cuenca:** Proceso que promueve el desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. **Gobernabilidad:** Estado de equilibrio dinámico entre demandas sociales y capacidad de respuesta gubernamental.
- **Intrusión salina:** Proceso por el cual los acuíferos costeros están conectados con el agua del mar. Esto supone que el agua salada fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con las reservas de agua dulce. Este proceso se debe a la mayor densidad del agua del mar que el agua dulce

-
- **Mapa parlante:** Instrumento gráfico que permite la recopilación de información y percepción de los participantes sobre un territorio en análisis. Medio abiótico: Componentes del ecosistema, no vivos que influyen química y físicamente en los organismos Medio biótico: Componentes del ecosistema que tienen vida
 - **Presión:** Acciones o actividades de origen antrópico o natural que ponen en desmedro la función de un servicio ecosistémico
 - **Ramsar:** Convención internacional para la protección y conservación de los Humedales. Recurso hídrico: Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable (UNESCO, 2003)
 - **Recursos hidrobiológicos:** Todos aquellos recursos renovables que se encuentran en los océanos, lagos, lagunas, ríos y todo cuerpo de agua circundante que reúna condiciones óptimas para formar poblaciones y que sean utilizados por el ser humano.
 - **Restauración ecológica:** Proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente
 - **Sedimentación:** Proceso mediante el cual los suelos erosionados son depositados en cauces, ríos o lagos; acelerado por cualquier actividad que altere la superficie terrestre o remueva la vegetación
 - **Servicios ecosistémicos:** Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas
 - **Sistemas Hídricos:** Todos los sistemas en los cuales el agua es la variable fundamental que determina la estructura, dinámica y funcionalidad de un ecosistema acuático y la provisión de servicios ecosistémicos.
 - **Sistema Hídrico Focal:** Sistema cuya variable fundamental es el agua y que será el objeto de estudio y análisis de la situación
 - **Sistema Hídrico Secundario:** Es aquel sistema hídrico que se encuentra relacionado al sistema hídrico focal y posee cierta influencia sobre él.
 - **Taxa:** Grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre