



DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

GUÍA ÁREA DE INFLUENCIA EN HUMEDALES EN EL SEIA





GUÍA ÁREA DE INFLUENCIA EN HUMEDALES EN EL SEIA

Autor: Servicio de Evaluación Ambiental

Primera edición

Santiago, marzo de 2023

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental

Fotografías: Adobe Stock, Depositphotos, Unsplash.

Cómo citar este documento: Servicio de Evaluación Ambiental, 2023. Guía área de influencia en humedales en el SEIA. Primera edición, Santiago, Chile.

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia respecto del documento, por favor, escribir al siguiente correo comentarios.documentos@sea.gob.cl

GUÍA ÁREA DE INFLUENCIA EN HUMEDALES EN EL SEIA



Esta primera edición de la **Guía área de influencia en humedales en el SEIA** ha sido elaborada por el Departamento de Estudios y Desarrollo con la colaboración de los demás departamentos de la División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana, División Jurídica, Departamento de Comunicaciones y Direcciones Regionales del Servicio de Evaluación Ambiental.

Agradecemos la labor de la Plataforma de Investigación en Ecohidrología y Ecohidráulica Ecohyd, quienes desarrollaron una consultoría encargada por el Ministerio del Medio Ambiente, en cuyos resultados se basa la presente Guía.

También agradecemos al Servicio Agrícola Ganadero, Corporación Nacional Forestal, Superintendencia del Medio Ambiente, Dirección General de Aguas, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, Servicio Nacional de Geología y Minería y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura por su revisión y aportes que contribuyeron al perfeccionamiento de la Guía, y muy especialmente al Ministerio de Medio Ambiente, quienes participaron desde el inicio del proceso de elaboración.

PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento a un mandato legal¹, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) se encuentra constantemente uniformando los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes y exigencias técnicas de la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades, mediante la elaboración de guías.

Dicha labor requiere establecer criterios comunes y consistentes con el conjunto de competencias ambientales de los distintos Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca) que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), contribuyendo con la disminución de los márgenes de discrecionalidad en la toma de decisiones, como también, para entregar certezas jurídicas y técnicas en el proceso del SEIA.

Con base en lo anterior, la elaboración de esta Guía de área de influencia de humedales responde a la necesidad de presentar criterios técnicos para la **delimitación, justificación y descripción de Área de Influencia (AI) en todo tipo de humedales**, incluidos los urbanos, con el objetivo de realizar una correcta evaluación y predicción de impactos en este tipo de ecosistemas. Cabe mencionar que esta Guía no aborda el análisis de pertinencia de ingreso al SEIA de proyectos.

A partir de este trabajo, se pueden precisar, en general, los siguientes criterios y lineamientos establecidos que serán presentados a lo largo de esta Guía:

- El titular debe **definir y delimitar los humedales**, utilizando la metodología establecida en la **"Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile"** (MMA y ONU, 2022), a menos que el respectivo humedal ya se encuentre definido a partir del proceso de declaración de humedal urbano (ver numeral 2.1).
- Los componentes relevantes que forman parte de los humedales, sobre los cuales el titular debe hacer una revisión de los impactos, serán: **agua, suelo hídrico, flora y vegetación, fauna, y ecosistema acuático continental** (ver numeral 2.3).
- El titular debe definir el área de influencia a partir de la predicción de impactos, basado en las **características del proyecto o actividad y el ecosistema del humedal** con el que interactúa (ver numeral 3).
- La **descripción detallada de las áreas de influencia**, que debe presentar el titular, **se realizará en aquellos componentes del humedal donde se identifiquen efectos adversos significativos** (ver numeral 4).

¹ De acuerdo con lo indicado en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

La elaboración de esta Guía nace producto de un trabajo colaborativo con el Ministerio del Medio Ambiente con el objetivo de cumplir con lo señalado en el artículo 22 del Decreto Supremo N°15, de 2020, del Ministerio del Medio Ambiente, el cual establece el Reglamento de la Ley N°21.202, que modifica diversos cuerpos legales, con el objetivo de proteger los humedales urbanos. En el mencionado artículo se establece que el SEA debe elaborar una guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental aplicable a humedales urbanos, siendo esta Guía un punto de partida para esta finalidad. A esto se suma que, su aplicación es necesaria, porque se hace cargo de resguardar uno de los ecosistemas más amenazados por la actual triple crisis planetaria: cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación del medio ambiente.

Cabe indicar que la presente Guía se ha desarrollado en sintonía con otros documentos publicados por el SEA, por ejemplo, la "Guía área de influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental" (SEA, 2017) y la "Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables" (segunda edición) (SEA, 2023a).

De este modo se pretende orientar a la ciudadanía, titulares y consultores, así como también, facilitar la labor de los distintos Oaecas que participan en el SEIA, contribuyendo a perfeccionar los procesos de evaluación de impacto ambiental y con ello fortalecer el cumplimiento de los objetivos que nos aproximen al desarrollo sustentable.

**Dirección Ejecutiva
Servicio de Evaluación Ambiental**

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A continuación, se listan las principales siglas y acrónimos que se utilizan en este documento.

AI	: Área(s) de Influencia
CICES	: Clasificación Común Internacional de los Servicios Ecosistémicos, por sus siglas en inglés, <i>Common International Classification of Ecosystem Services</i>
Conaf	: Corporación Nacional Forestal
DBO	: Demanda Biológica de Oxígeno
DGA	: Dirección General de Aguas
DIA	: Declaración(es) de Impacto Ambiental
Directemar	: Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
ECC	: Efectos, Características o Circunstancias
EIA	: Estudio(s) de Impacto Ambiental
FGI	: Factor(es) Generador(es) de Impacto
MMA	: Ministerio del Medio Ambiente
Oaeca	: Órgano(s) de la Administración del Estado con Competencias Ambientales
OP	: Objeto(s) de Protección
PAS	: Permisos Ambiental(es) Sectorial(es)
RCA	: Resolución(es) de Calificación Ambiental
RCE	: Reglamento de Clasificación de Especies
SAG	: Servicio Agrícola y Ganadero
SDT	: Sólidos Disueltos Totales
SST	: Sólidos Suspendidos Totales
SEA	: Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
Sernageomin	: Servicio Nacional de Geología y Minería
SSEE	: Servicio(s) Ecosistémico(s)
Subpesca	: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	5
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental	12
1.2 Objetivos y alcances de la Guía	14
1.3 Órganos con competencia ambiental en humedales	16
2. MARCO CONCEPTUAL.....	24
2.1 Aspectos generales y definición de humedal	24
2.2 Clasificación de humedales	28
2.3 Objetos de protección en humedales	33
2.3.1 Agua	35
2.3.2 Suelo	37
2.3.3 Flora y vegetación	38
2.3.4 Fauna	40
2.3.5 Ecosistemas de humedal	42
3. CRITERIOS METODOLÓGICOS RELEVANTES	50
3.1 Conceptualización respecto de las áreas de influencia	50
3.2 Pasos generales para la delimitación de las áreas de influencia	53
3.3 Factores generadores de impacto	56
3.3.1 Factores generadores de impactos en humedales	57
3.3.2 Factores generadores de impactos según ecotipos de humedales	59
3.4 Identificación de impactos sobre objetos de protección	61
3.5 Aproximaciones conceptuales para el análisis ecosistémico	65
4. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA.....	70
4.1 Atributos para la descripción y casos de delimitación del área de influencia por objeto de protección	74
4.1.1 Agua subterránea	74
Caso 1. Delimitación de AI de OP aguas subterráneas: impacto en la recarga y calidad de agua del humedal	78
Caso 2. Delimitación de AI de OP aguas subterráneas: impacto en la cantidad de agua por extracción	80

4.1.2 Agua superficial	82
Caso 3. Delimitación de AI de OP aguas superficiales: alteración de la cantidad de agua por acondicionamiento del terreno	85
Caso 4. Delimitación de AI de OP aguas superficiales: impacto en la calidad del agua por descarga de efluentes	89
4.1.3 Suelo hídrico	93
Caso 5. Delimitación de AI de OP suelo hídrico: impacto por depósito de residuos o sólidos en suspensión	95
Caso 6. Delimitación de AI de OP suelo hídrico: alteración del régimen sedimentológico en un cuerpo fluvial	97
4.1.4 Flora y vegetación	98
Caso 7. Delimitación de AI de OP flora y vegetación: impacto por acondicionamiento del terreno e implementación de servidumbre	101
Caso 8. Delimitación del AI de OP flora y vegetación: impacto por descenso del nivel freático	102
4.1.5 Fauna	103
Caso 9. Delimitación de AI de OP fauna: impacto por modificación de caudal	105
Caso 10. Delimitación de AI de OP fauna: impacto por emisiones de ruido	107
4.1.6 Ecosistema	109
Caso 11. Impactos sobre la pérdida de resiliencia del humedal ante eventos extremos	114
 ANEXO 1. GLOSARIO	118
 ANEXO 2. CLASIFICACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES.....	126
 ANEXO 3. CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS AL OBJETO DE PROTECCIÓN AGUA.....	130
 ANEXO 4. CLASIFICACIÓN DE LA FLORA HIDRÓFILA.....	134
 ANEXO 5. CATEGORÍAS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SU RELACIÓN CON HUMEDALES.	135
 ANEXO 6. BIBLIOGRAFÍA	138



1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental

Según lo establecido por el marco legal vigente, específicamente, en el artículo 2º letra j); la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento orientado a determinar si el impacto ambiental de un proyecto o actividad se ajusta a las normas vigentes. Como tal, debe contemplar mecanismos a través de los cuales se predicen los impactos en el Área de Influencia (AI) y se evalúan para determinar si son o no significativos, estableciendo medidas para su adecuada gestión cuando corresponda. La Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300), en su artículo 81, letra a), establece que la administración de dicho procedimiento está a cargo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

En términos generales, la evaluación de impacto ambiental en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad que se planifica ejecutar y cómo estas alteran los componentes del medio ambiente que son considerados Objetos de Protección (OP) para efectos del SEIA, prediciendo los impactos y comparando el escenario sin y con proyecto.

Para iniciar, el titular debe analizar si el proyecto o actividad planificado se encuentra en el listado de tipologías susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, y que por tal razón se debe presentar al SEIA, según lo establecido en el artículo 10 de la Ley N°19.300 (Minsegpres, 1994) y en el artículo 3º del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (MMA, 2012).

Si el proyecto o actividad debe ser presentado al SEIA, es responsabilidad del titular definir la modalidad de ingreso, ya sea a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o una

Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Para ello, le corresponde analizar el artículo 11 de la Ley N°19.300, donde se establece que los proyectos que se presentan al SEIA requieren la elaboración de un EIA si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias (ECC):

- a) Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.
- b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- c) Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- d) Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- f) Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

De acuerdo con lo anterior, la generación o presencia de uno de estos ECC hace necesario que el titular del proyecto o actividad elabore un EIA, el cual debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 de la Ley N°19.300 y en los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 del Reglamento del SEIA.

Por el contrario, de acuerdo con el artículo 18 de la Ley N°19.300, si el proyecto o actividad no genera ninguno de los ECC antes señalados, se debe presentar una DIA, la que debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 bis de la Ley N°19.300 y los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 19 del Reglamento del SEIA.

En consecuencia, la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento administrativo en que, a través de un EIA o una DIA, se debe demostrar que el proyecto o actividad cumple con las normas ambientales aplicables. Además, en el caso de un EIA se debe acreditar que el proyecto o actividad se hace cargo de los ECC que genera o presenta, mediante la definición e implementación de medidas, y justificar en su caso la inexistencia de los demás ECC enunciados en el artículo 11 de la Ley N°19.300. En el caso de una DIA, además, se debe justificar la inexistencia de impactos ambientales significativos.

La autoridad, por su parte, debe verificar y certificar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, incluidos los requisitos de carácter ambiental contenidos en los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) y calificar la pertinencia, efectividad e idoneidad de las medidas ambientales propuestas.

1.2 Objetivos y alcances de la Guía

El objetivo de esta Guía es entregar los criterios técnicos para una correcta delimitación y descripción de las Áreas de Influencia (AI) de los proyectos o actividades que afecten los ecosistemas de humedal, incluyendo componentes bióticos y abióticos, así como al ecosistema en su conjunto.

El alcance del presente documento es abarcar cualquier tipo de humedal, incluyendo los que sean considerados como humedales de importancia internacional o humedales urbanos, así como aquellos que no cuenten con ninguna clasificación particular. No obstante, **la Guía no incluye los humedales marinos²**, tales como costas marinas rocosas, aguas someras, pastos marinos y arrecifes de coral, debido a que los factores que determinan su funcionamiento están ligados más bien a procesos oceanográficos que continentales.

Cabe indicar que esta Guía no desarrolla contenidos respecto de calidad del aire y tampoco se abordan temáticas vinculadas a la salud de la población o el valor paisajístico, turístico y patrimonial de una zona, puesto que, para ello existen otras publicaciones del SEA disponibles en el Centro de Documentación del SEA en su sitio web, www.sea.gob.cl. Así, el alcance y foco de esta Guía está en aquellos componentes que son clave en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de aguas continentales, incluyendo humedales continentales, costeros y artificiales.

También cabe aclarar que **la presente Guía no aborda materias de pertinencia de ingreso al SEIA**. En caso de proyectos o actividades que se encuentren en o cercano a humedales y requieran resolver si deben ingresar al SEIA, se debe considerar lo indicado en el [Ordinario SEA N°20229910238](#), del 17 de enero de 2022, que imparte instrucciones en relación a la aplicación de los literales p) y s) del artículo 10 de la Ley N°19.300 (o aquél que lo reemplace), disponible en el Centro de Documentación del SEA en su sitio web, www.sea.gob.cl.

Respecto del proceso de evaluación ambiental, esta Guía abarca la determinación, justificación y descripción de las **AI de cada componente ambiental y el Objeto de Protección (OP) presente en un humedal que sea receptor de impactos** relacionados con alguna de las partes, obras o acciones de un proyecto.

En la Figura 1 se esquematizan las principales etapas del proceso de evaluación de un proyecto o actividad en el SEIA y el alcance de la presente Guía dentro de dicho proceso.

² Ver clasificación 1.4 del Inventario nacional de humedales en el Anexo 2 de esta Guía.

Figura 1. Contenidos y alcances de esta Guía respecto de la evaluación ambiental



Fuente: elaboración propia

Cabe destacar que los contenidos de esta Guía deben complementarse con los contenidos mínimos y criterios de evaluación establecidos en la Ley N°19.300 y en el Reglamento del SEIA, cuyo cumplimiento es de exclusiva responsabilidad del titular del proyecto que se somete al SEIA. Así también, es responsabilidad de los titulares de proyectos o actividades entregar toda la información relevante y esencial para la evaluación, la que se define en función de las características propias de cada proyecto y sus AI. Además, existen una serie de Guías y Documentos de Criterios Técnicos que han sido publicados por el SEA para apoyar el desarrollo de la evaluación ambiental, las cuales se encuentran disponibles en el Centro de Documentación del SEA en su sitio web, www.sea.gob.cl.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley N°19.300, en el Reglamento del SEIA, y en el Ordinario SEA N°151276, del 7 de agosto de 2015, que imparte instrucciones sobre el uso de guías elaboradas por el Servicio, todos relacionados a los procesos de evaluación ambiental. Se hace presente que se **debe observar el contenido de esta Guía, la que para efectos de una continua mejora podría ser objeto de revisión y actualización**.

1.3 Órganos con competencia ambiental en humedales

1.

Según lo indicado en el artículo 24 del Reglamento del SEIA, los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaea) son aquellas instituciones públicas que cuentan con atribuciones en materia de permisos o pronunciamientos ambientales sectoriales y que poseen atribuciones legales asociadas directamente con la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza, o el uso y manejo de algunos de sus componentes.

Durante un procedimiento administrativo de evaluación de impacto ambiental, le corresponde a los respectivos Oaea emitir, fundadamente y dentro del ámbito de sus competencias, un pronunciamiento respecto de la DIA o el EIA del proyecto o actividad sometido al SEIA. Al tratarse de un EIA³, dicho pronunciamiento debe indicar si el proyecto cumple con la normativa de carácter ambiental, con los requisitos para el otorgamiento del o los PAS que aplican, y si las medidas propuestas por el titular se hacen cargo apropiadamente de los ECC establecidos en el artículo 11 de la Ley N°19.300.

Respecto de esto último, y en relación con la presente Guía, los Oaea deben pronunciarse sobre la generación o presencia de efectos adversos significativos sobre los **ecosistemas de humedales**, así como la **cantidad y calidad de sus componentes**. Específicamente, de acuerdo con el Reglamento del SEIA⁴, la línea de base o descripción general del AI, según corresponda, debe considerar la descripción de los ecosistemas acuáticos continentales, incluyendo la calidad de las aguas y sedimentos, y la biota que pertenece a dicho ecosistema. Asimismo, se debe incluir las relaciones existentes con el medio físico y con los ecosistemas terrestres y marinos.

Junto a lo anterior, cabe considerar que tal como se señala en el artículo 8º del Reglamento del SEIA, respecto al valor ambiental de un territorio, este no solo se asocia a ecosistemas particulares o formaciones naturales con características de unicidad, escasez o representatividad, sino también tiene un valor asociado a la provisión de Servicios Ecosistémicos (SSEE) locales relevantes para la población. Es decir, es un valor que surge de la interacción del ecosistema con el medio humano, tema que también se abordará a lo largo de esta Guía.

En el caso de una DIA, el pronunciamiento debe indicar, fundadamente y dentro del ámbito de las competencias del respectivo Oaea, si el proyecto cumple con la normativa de carácter ambiental, con los requisitos para el otorgamiento del o los PAS que aplican, y si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los ECC establecidos en el artículo 11 de la Ley N°19.300. En relación con la presente Guía, el Oaea debe indicar en su pronunciamiento si el proyecto genera o no efectos adversos significativos sobre la calidad de los ecosistemas de humedales, y la cantidad y calidad de sus componentes, junto con los SSEE que estos proveen.

³ Referencia artículo 35 del Reglamento del SEIA.

⁴ Referencia artículo 18, letra e.3) y artículo 19 del Reglamento del SEIA.

Se hace presente que se deben relevar las características y circunstancias que se desprenden del artículo 8º del Reglamento del SEIA.

1.

A modo de referencia, los Oaea que poseen competencias sobre los ecosistemas de humedal en relación con los recursos naturales son:

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Corporación Nacional Forestal (Conaf)
- Dirección General de Aguas (DGA)
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca)
- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)

Desde el punto de vista de los SSEE que los humedales proveen se identifican competencias de otros Oaeas, tales como el Ministerio de Desarrollo Social, Conadi, Seremi de Agricultura y Sernatur, quienes tendrían la potestad para realizar observaciones en asuntos asociados a los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, valor paisajístico y valor turístico.

A continuación, se enuncian las competencias de los Oaea señalados en relación a los recursos naturales, haciendo presente que **solo se indican aquellas competencias que pueden tener alguna relación con la identificación de impactos y su correspondiente evaluación sobre si generan o presentan efectos adversos significativos** sobre la calidad de los ecosistemas de humedales, la cantidad y calidad de sus componentes, incluyendo las aguas y sedimentos, y la biota que pertenece a dicho ecosistema, junto con los SSEE que estos proveen. Lo anterior, sin perjuicio de otras competencias que puedan tener estos Oaea u otros, tanto en relación con las demás letras del artículo 11 mencionado, como sobre otras materias que comprende la evaluación de impacto ambiental en el SEIA, por ejemplo, normativa, PAS, entre otros.

• Competencias del Ministerio de Medio Ambiente

Las competencias del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) se desprenden de sus atribuciones legales establecidas en el artículo 70 de la Ley N°19.300 y de la Ley N°21.202 que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos, las cuales dicen relación con:

- Recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, flora, fauna, hábitats, paisajes y ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados.
- Protección y conservación de la biodiversidad.
- Protección de los humedales urbanos.
- Prevención de la contaminación del suelo, agua y aire.
- Protección de humedales ubicados en áreas protegidas.

- **Competencias del Servicio Agrícola Ganadero**

Las competencias del SAG se desprenden de sus atribuciones legales establecidas en la Ley N°18.755, que establece normas sobre el Servicio Agrícola y Ganadero; la Ley N°4.601, sobre caza, cuyo texto fue sustituido por la Ley N°19.473; y la normativa que se dicte de conformidad a estas leyes. Entre las principales competencias destaca:

- Protección de la flora y fauna, por ejemplo, las asociadas a turberas.
- Conservación del suelo y agua que evite la erosión del suelo y mejore su fertilidad y drenaje.

- **Competencias de la Corporación Nacional Forestal**

Las competencias de la Conaf se encuentran definidas en sus estatutos aprobados mediante el Decreto Supremo N°1.546, de 2009, del Ministerio de Justicia (Estatutos de Conaf); el Decreto Ley N°701, de 1974, que Fija régimen legal de los terrenos forestales preferentemente aptos para la forestación y establece normas de fomento sobre la materia, sustituido mediante el Decreto Ley N°2.565, de 1979, sustituye Decreto Ley N°701, de 1974, que somete los terrenos forestales a las disposiciones que señala; la Ley N°20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal; el Decreto Supremo N°4.363, de 1931, del ministerio de tierras y colonización, Ley de bosques, y la normativa que se dicte de conformidad a estas leyes. Tales competencias se relacionan con la protección y conservación de los recursos forestales, en particular, respecto a los siguientes recursos:

- Bosque nativo, plantaciones ubicadas en terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal (APF), plantaciones bonificadas ubicadas en suelos reconocidos como forestables, cortinas cortavientos bonificadas, bosques naturales de especies exóticas, Bosque nativo de preservación.
- Vegetación hidrófila nativa para efectos de la Ley N°20.283.
- Ecosistemas Representados en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), incluidos los sitios Ramsar que son parte de un área silvestre protegida o se encuentren bajo administración o coordinación de Conaf, conforme a la normativa vigente.
- Formaciones vegetacionales xerofíticas.
- Formaciones vegetacionales de matorrales ubicadas en terrenos de APF.
- Flora leñosa y suculenta clasificadas según su estado de conservación de acuerdo con lo estipulado en la Ley N°19.300.
- Especies declaradas Monumentos Naturales.
- Árboles y arbustos aislados ubicados en lugares específicos del territorio, identificados según decretos dictados de conformidad al artículo 4º de la Ley N°18.378.
- Protección de suelos, cuerpos y cursos naturales de agua.
- Protección de los humedales declarados sitios prioritarios de conservación o sitios Ramsar.

- **Competencias de la Dirección General de Aguas**

Las competencias de la DGA se encuentran establecidas en el Decreto con Fuerza de Ley N°850, de 1997, del Ministerio de Obras Públicas, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°15.840, de 1964 y del Decreto con Fuerza de Ley N°206, de 1960; el Decreto con Fuerza de Ley N°1.122, de 1981, del Ministerio de Justicia, que fija texto del Código de Aguas; la Ley N°21.435, de 2022, que reforma el Código de Aguas; y la normativa que se dicte de conformidad a estas leyes. Tales competencias tienen relación con la protección del recurso agua, que puede ser determinante en la conservación de ecosistemas de humedales y sus componentes:

- Protección y conservación de las aguas superficiales.
- Protección y conservación de los álveos de aguas corrientes y detenidas.
- Protección y conservación de las aguas subterráneas y acuíferos, incluyendo su afectación por actos y obras en el suelo y subsuelo que puedan menoscabar la disponibilidad o deteriore su calidad.
- Protección y conservación de los acuíferos que alimentan vegas, pajonales y bofedales, en especial en las regiones de Arica y Parinacota, de Tarapacá, de Antofagasta, de Atacama y de Coquimbo.
- Protección y conservación de zonas que correspondan a sectores acuíferos que alimenten humedales considerados por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) como ecosistemas amenazados, ecosistemas degradados o sitios prioritarios.
- Protección y conservación de las aguas minerales y fuentes curativas.
- Protección y conservación de glaciares.
- Protección y conservación del suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas.
- Protección de zonas de turberas, en especial en la provincia de Chiloé y las regiones de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- Protección de la naturaleza y el medio ambiente, en relación con el establecimiento de caudales ecológicos mínimos.
- Resguardar la componente hidrológica de las áreas protegidas.

- **Competencias de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura**

Las competencias ambientales de la Subpesca aplican a ambientes acuáticos lacustres, fluviales y marítimos. Estas competencias se desglosan desde la Ley N°18.982, de 1991, Ley general de pesca y acuicultura, del cual su texto refundido, coordinado y sistematizado, fue establecido en el Decreto Supremo N°430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, y sus modificaciones posteriores. Subpesca es la entidad que regula y administra la actividad pesquera y de acuicultura, mediante políticas, normas y medidas de administración para promover la conservación y sustentabilidad de los recursos

hidrobiológicos para el desarrollo del sector, además, gestiona o deriva la administración de espacios geográficos que involucran la protección de recursos hidrobiológicos, tales como: áreas apropiadas para el ejercicio de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), Áreas Marinas Protegidas (AMP), ecosistemas marinos vulnerables, Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO) y áreas de libre acceso. Sus competencias ambientales son:

- Proteger, conservar y controlar el aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos.
- Resguardo de recursos hidrobiológicos⁵.
- Preservar la diversidad biológica de especies hidrobiológicas.
- Resguardar el medio ambiente acuático.
- Velar por ambientes acuáticos libres de contaminación (artículo N°136, Ley de Pesca y Acuicultura).
- Fomento de actividades turísticas asociadas a la pesca recreativa.
- Establecer medidas administrativas orientadas a mitigar el impacto generado por las plagas hidrobiológicas.

• Competencias de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante

Las competencias de la Directemar se desprenden de sus atribuciones legales establecidas en el Decreto con Fuerza de Ley N°292, de 1953, del Ministerio de Hacienda, que aprueba la ley orgánica de la dirección general del territorio marítimo y de marina mercante; el Decreto Ley N°2.222, de 1978, que sustituye la ley de navegación; y la normativa que se dicte de conformidad a estas Leyes. Tales competencias dicen relación con la preservación del medio ambiente en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

En el caso de los ecosistemas de humedales, el artículo 3º del Decreto con Fuerza de Ley N°292, de 1953, ley orgánica de la Directemar; establece que le corresponde a la Dirección como autoridad marítima nacional como principal función, ejercer el orden, la seguridad y la disciplina a bordo de las naves y el litoral de la república⁶. Este último, estará delimitado entre los 80 metros medidos desde la línea de más alta marea y todo el espacio que comprende el mar territorial⁷, o que estos tengan características que permitan la navegación y que sean parte administrativa de la Autoridad Marítima. En cuanto a las competencias, tanto

⁵ El artículo 168 de la Ley general de pesca y acuicultura señala que “cuando se construyan represas en curso de agua fluviales que impidan la migración natural de los peces que en dichos cursos habitan con anterioridad a su construcción, será obligación de los propietarios de dichas obras civiles el efectuar un programa de siembra de dichas especies a objeto de mantener el nivel original de sus poblaciones, en ambos lados de la represa, o alternativamente construir las obras civiles que permitan dichas migraciones”.

⁶ Referencia Reglamento general de orden, seguridad y disciplina en las naves y litoral de la República, Decreto Supremo N°1340.

⁷ Referencia Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar).

las Gobernaciones Marítimas como las Capitanías de Puerto, son delegados de la Autoridad Marítima Nacional, por lo que cada Gobernación y cada Capitanía, podrán identificarse como Autoridades Marítimas Locales.

1.

Estas competencias⁸ se resumen en:

- Preservar el medio ambiente acuático.
- Prevenir la contaminación del medioambiente acuático.
- Prevenir la destrucción de la flora y fauna acuática o daños en la zona litoral de Chile.

• Competencias del Servicio Nacional de Geología y Minería

Las competencias de Sernageomin se desprenden de sus atribuciones legales establecidas en el Decreto Ley N°3.525, de 1980, que crea el Servicio Nacional de Geología y Minería; y de la normativa que se dicte de conformidad a dicha Ley. Tales competencias dicen relación con la información que Sernageomin administra sobre los factores geológicos que condicionan el almacenamiento, escurrimiento y conservación de las aguas, vapores y gases subterráneos, entendiendo que en ciertas zonas las aguas subterráneas son la única fuente de agua que sustenta humedales (por ejemplo, salares en el norte de Chile).

⁸ Basadas en el Decreto Ley N°2.222, de 1978, Ley de navegación; el Decreto Supremo N°1, de 1992, Reglamento para el control de la contaminación acuática; el Decreto Supremo N° 196, de 1986, Ministerio de Relaciones Exteriores, promulga el convenio internacional para la protección del medio marino y zonas costeras del pacífico sudeste; el Decreto Supremo N°295, de 1986, Ministerio de Relaciones Exteriores, promulga el protocolo para la protección del pacífico sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres y sus anexos; el Ordinario/permanente circular A-51/001, Armada de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.



2. MARCO CONCEPTUAL



2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Aspectos generales y definición de humedal

El territorio de Chile se sitúa en el extremo suroccidental del hemisferio sur, con un gradiente latitudinal que va desde los paralelos 17° y 56° de latitud sur, sirviéndole de eje el meridiano 70° de longitud oeste. Es un territorio aislado geográficamente, con límites naturales marcados; por el norte con uno de los desiertos más áridos del mundo; al sur por los hielos Antárticos; al este, por la cordillera de los Andes con altitudes que superan los 5.000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y al oeste, por el océano Pacífico (MMA, 2018).

El contexto geográfico que caracteriza a Chile origina una gran variedad de humedales presentes en el país y, asimismo, esta característica también se ve claramente reflejada en las singularidades de la biodiversidad asociada a estos humedales. Por ejemplo, en la Puna de la zona norte, los humedales del tipo salares, lagunas andinas, bofedales, pajonales hídricos y vegas son predominantes, y poseen características muy distintas de los sistemas de humedales de la zona central, donde predominan las vegas, los ríos y los lagos e incluso humedales temporales en esteros y quebradas. En el sur del país, las mayores precipitaciones que alimentan a ríos y una exuberante vegetación, dan lugar a mallines (zona de tierras bajas inundables), humedales ribereños, lagunas, lagos, pantanos, estuarios, humedales boscosos (humedales pantanosos, hualves), marismas y turberas no arboladas (principalmente en la Patagonia).

De igual modo, un ejemplo más particular de esta característica es el escaso número de especies de peces dulceacuícolas que presenta un alto nivel de endemismo y cerca del 40% de las especies clasificadas en peligro de extinción (Dyer, 2000 y Habit *et al.*, 2006).

El gradiente longitudinal también es relevante para diversas especies de aves, en especial especies migratorias, las cuales ocupan estos hábitats como sitios de descanso, reproducción

o alimentación. Además, en un variado número de humedales descritos, las aves se perfilan como la fauna más abundante.

En línea con lo anterior, en Chile se manifiesta una variedad de humedales que son el resultado de la interacción de diferentes componentes ambientales, por lo tanto, representan sistemas altamente complejos. Esta complejidad requiere de un abordaje sistémico para que el titular de un proyecto pueda reconocer las particularidades del ecosistema humedal con el que interactúa y, en consecuencia, la forma en que los **Factores Generadores de Impactos (FGI)** del proyecto alteran el medio ambiente. Solo con un enfoque ecosistémico es posible delimitar y justificar correctamente las AI en humedales.

La "convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas" o "Convención Ramsar" es un tratado intergubernamental aprobado en 1971⁹ cuya misión es "*la conservación y uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo*".

Esta Convención define los humedales en su artículo 1º como:

.....

"Extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluida las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

.....

De este modo, la Convención Ramsar aplica una **definición amplia**, que abarca todos los lagos y ríos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, estuarios, y otras zonas costeras, y sitios artificiales como tranques, embalses y otros.

Esta definición es la más extensamente aceptada y utilizada como referencia, siendo integrada en la legislación chilena mediante la ratificación del convenio y promulgación de Ley, acorde al Decreto Supremo N°771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores y que actualmente constituye el marco conceptual para la elaboración del inventario nacional de humedales.

A la fecha en Chile se reconocen 16 humedales incluidos en la Lista Ramsar de humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar)¹⁰. Estos son reconocidos, de acuerdo con el artículo 8º del Reglamento del SEIA, como **humedales protegidos**.

⁹ La Convención entró en vigencia en 1975 siendo ratificada por Chile en 1981.

¹⁰ Más antecedentes en su sitio web www.ramsar.org/.

Cabe mencionar que la definición propuesta por la Convención Ramsar también es utilizada en la Ley N°21.202 para definir los **humedales urbanos**, reconociendo como tal a **aquellos humedales que se encuentren total o parcialmente dentro del límite urbano¹¹**. A su vez, los humedales urbanos que sean declarados como tales por el MMA, también se consideran como humedales protegidos, puesto que el objeto de la Ley N°21.202 es proteger este tipo de ecosistemas, ajustándose también a la definición de **área protegida** señalada en el artículo 8º del Reglamento del SEIA.

.....

Esta Guía debe ser aplicada para cualquier tipo de humedal¹², estén o no declarados como humedales protegidos.

.....

En este mismo orden de ideas, el Estado a través de una política pública de protección denominada “[Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030](#)” (MMA, 2018), identifica en Chile una superficie total aproximada de 1.317.704 ha de humedales, en las cuales se destacan sus características únicas en cuanto a biodiversidad, presentando un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales. No obstante, de acuerdo con estudios del estrés bioclimático señalado en la Estrategia, estos ecosistemas se identifican como **especialmente afectados por los efectos del cambio climático**, por lo que su estructura y funcionamiento debe estar correctamente delimitado e identificado para su protección. De esta misma manera, según diferentes fallos de la Corte Suprema relacionados a humedales, se destacan como sistemas ecológicos relevantes para la humanidad, y pilares fundamentales para la mantención y protección de la biodiversidad, razón por la cual el Estado debe velar por su preservación¹³.

Para la delimitación de las AI y los FGI en humedales, se hace necesario tener en cuenta atributos más específicos que permitan reconocer en la práctica un ecosistema de humedal. De esta manera, **para que una zona sea considerada como un humedal, se debe cumplir con al menos uno de estos tres atributos** propuestos por Cowardin *et al.*, (1979), considerados en la legislación actual para la delimitación de humedales urbanos¹⁴, pero también aplicables a cualquier tipo de humedal:

11 Referencia artículo 1º, de la Ley N°21.202, del 2020, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente.

12 A excepción de los Humedales Marinos refiriéndose a aquellos incluidos en el punto 1.4 de la clasificación del Inventario nacional de humedales (Anexo 2).

13 Se recomienda revisar la jurisprudencia uniforme de la Corte Suprema en que se reitera la protección de los humedales, a modo ejemplo, Roles N°49.869-2021, N°21.970-2021, N°129.273-2020 y N°118-2018.

14 Referencia artículo 8º, letra d) del Decreto N°15, del MMA.

- Al menos de forma periódica, la tierra soporta vegetación predominantemente hidrófila.
- El sustrato es predominantemente suelo hídrico (con mal drenaje o sin drenaje) o;
- El sustrato está saturado con agua o cubierto con aguas superficiales en algún momento durante la temporada de crecimiento vegetacional anual.

La “Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile” (MMA y ONU, 2022) se refiere a la aplicación de estos criterios en trabajo de campo, sin embargo, un paso previo al reconocimiento de estos atributos en terreno es el uso del **Inventario nacional de humedales**. Este inventario fue desarrollado por el MMA desde el 2011 como un sistema de registro y seguimiento de los humedales para la planificación, manejo, conservación (uso sustentable), preservación o protección de los humedales de Chile, a escala nacional, regional y local. El Inventario incluye un **catastro de humedales** presentes en Chile en el cual se pueden visualizar unidades con límites definidos, lo cual se encuentra disponible en el **Geoportal SIMBIO¹⁵**, cuyo primer catastro se publicó el año 2015 y su última actualización fue el 2020.

Con el uso de este Geoportal y una vez conocida la ubicación del proyecto, será posible tener una primera aproximación para identificar los humedales que potencialmente podrían ser afectados por las partes, obras y acciones del proyecto en evaluación. Es importante señalar que para el perfeccionamiento de este catastro **se realizan actualizaciones periódicas y que no todos los humedales se encuentran necesariamente registrados**. En consecuencia, si no se identifican humedales en el Geoportal para el área de ejecución del proyecto o sus cercanías, **ello no implica que no existan y de todas maneras deben evaluarse los tres atributos mencionados para corroborar su potencial presencia**.

Por otro lado, el estudio de humedales conlleva muchas veces el desafío de definir sus límites. En el caso de necesitar definir los límites del ecosistema de humedal, por ejemplo, para distinguirlo de un ecosistema terrestre, se deben considerar los criterios y la metodología de la “Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile” (MMA y ONU, 2022). Esta guía ofrece una metodología clara para recopilar antecedentes y levantar en terreno la información necesaria para la delimitación de estos ecosistemas, siendo posible su aplicación en cualquier humedal, es decir, no es exclusiva para humedales urbanos.

En caso de reconocer un humedal incorporado en el Inventario, los límites que se señalen para tal unidad servirán como referencia, no obstante, deben ser corroborados en trabajo de campo para una mayor precisión.

Para el caso de los humedales urbanos cuya calidad se reconozca mediante resolución exenta del MMA, en conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 21.202 y su Reglamento, se estará a los límites establecidos en el respectivo acto administrativo y representados en la cartografía oficial, sin requerir de corroboración alguna.

¹⁵ <https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio>

2.2 Clasificación de humedales

A partir de la gran diversidad de humedales existentes, se han desarrollado sistemas de clasificación con el propósito de agrupar e identificar distintos tipos de humedales, facilitando su entendimiento, delimitación y gestión. La Convención Ramsar clasifica los humedales en 42 tipos agrupados en tres categorías generales: marinos y costeros, continentales y artificiales (Convención Ramsar sobre los humedales, 2016).

A nivel nacional **se promueve el uso de la clasificación implementada en el inventario nacional de humedales y su Geoportal¹⁶**. El detalle de esta clasificación y sus órdenes está disponible en el Anexo 2 de la presente Guía.

De manera complementaria, esta Guía recomienda el uso de la clasificación de ecotipos de humedales desarrollada por Conama y CEA (2006) a modo de marco conceptual para facilitar el análisis de los impactos, ya que los **ecotipos agrupan los humedales según sus funciones ecosistémicas¹⁷ principales, que les confieren tanto amenazas como formas de manejo similares**. De este modo, la clasificación de ecotipos permite reconocer los atributos estructurales y de funcionamiento más relevantes de los humedales, los que se pueden relacionar con los SSEE que dichos ecosistemas proveen.

Se recalca que, al igual que la clasificación de ecotipos, el alcance de esta Guía no considera el tipo de humedales marinos¹⁸ debido a que los factores que determinan su funcionamiento están ligados más bien a procesos oceanográficos que continentales. De este modo, se consideran solo los ecosistemas acuáticos continentales, donde no priman estos procesos para determinar su ecología. Lo anterior no implica que no deban considerarse los impactos generados en ecosistemas marinos producto de la alteración de un ecosistema acuático continental.

En la Tabla 1 se resumen los diferentes ecotipos y clases de esta clasificación de humedales (ver Figura 2).

¹⁶ De manera complementaria al inventario nacional de humedales y su Geoportal, se encuentra la Plataforma Colaborativa de Humedales del MMA, disponible en <https://gis.mma.gob.cl/>.

¹⁷ Las funciones ecosistémicas se definen como los procesos biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar en un ecosistema y producen un servicio.

¹⁸ Ver clasificación 1.4 del inventario nacional de humedales en el Anexo 2 de esta Guía.

Tabla 1. Clasificación de humedales por ecotipo¹⁹

ECOTIPO	CLASE	PROCESO DETERMINANTE	NOMBRE COMÚN EN CHILE	EJEMPLOS DE ÁREAS DONDE SE EXPRESAN LOS ECOTIPOS EN CHILE
Humedal costero	Intrusión salina	Determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales	Lagos costeros, lagunas costeras, marismas, estuarios y deltas	Lago Budi, Sitio Ramsar Laguna Conchalí y Laguna Cáhuil
Humedal continental	Evaporación	Resulta de la interacción entre el espejo de agua y la temperatura del aire	Salares, bofedales, "puquios" o manantiales	Salar de Atacama y Sitio Ramsar Surire
	Infiltración (A)	Resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas	Hualves, pitrantes, ñadis, charcos, pantanos de agua dulce	Humedales depresión central de las regiones del Maule, de la Araucanía y sectores de Chiloé
	Infiltración saturado (B)		Mallines, turberas, turbas, pomponales	Parque Karukinka (Tierra del Fuego)
	Escorrentía	Resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, precipitaciones y pendiente del terreno	Ríos, lagos, esteros, arroyos, pajonales hídricos	Río Lluta, Lago Chungará, ríos y esteros en el Sitio Ramsar Parque Andino Juncal, estero Tongoy y Lago Lleu-Lleu
	Afloramientos subterráneos	Alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas	Praderas andinas, ciénagas, vegas, bofedales	Laguna Santa Rosa y Negro Francisco, sector de Parinacota, Jachucoposa y Ciénagas de Name
	Ácidos orgánicos	Indica el ingreso de ácidos húmicos y fulvicos desde la cuenca de avenamiento	Vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno	Ñadis, tepuales, canales de desagüe de ñadis y tepuales de Chiloé
	Isotermia 0°C	Indica el congelamiento temporal del agua superficial		Lago General Carrera y Meullín

Fuente: elaborado a partir de Conama y CEA, 2006

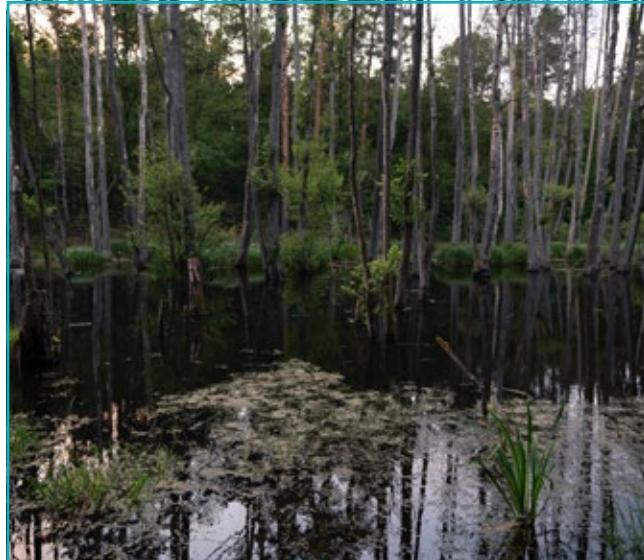
¹⁹ Cabe recalcar, que si bien esta clasificación no incluye los humedales artificiales, estos se deben considerar en la evaluación ambiental. Sus atributos dependerán del nivel de artificialidad, por ejemplo, el revestimiento impermeable que pueda utilizar.

Figura 2. Imágenes referenciales de las clases de ecotipos de humedales

2.



Ecotipo humedal costero,
clase intrusión salina



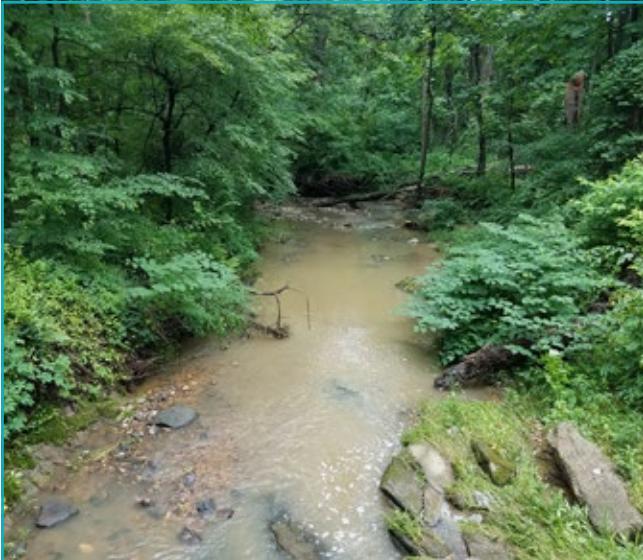
Ecotipo humedal continental,
clase infiltración A



Ecotipo humedal continental,
clase evaporación



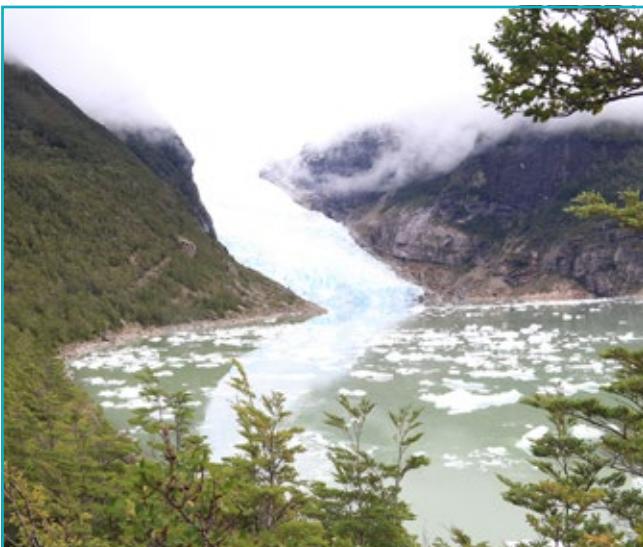
Ecotipo humedal continental,
clase infiltración B



Ecotipo humedal continental,
clase ácidos orgánicos



Ecotipo humedal continental,
clase escorrentía



Ecotipo humedal continental,
clase isoterma 0°C



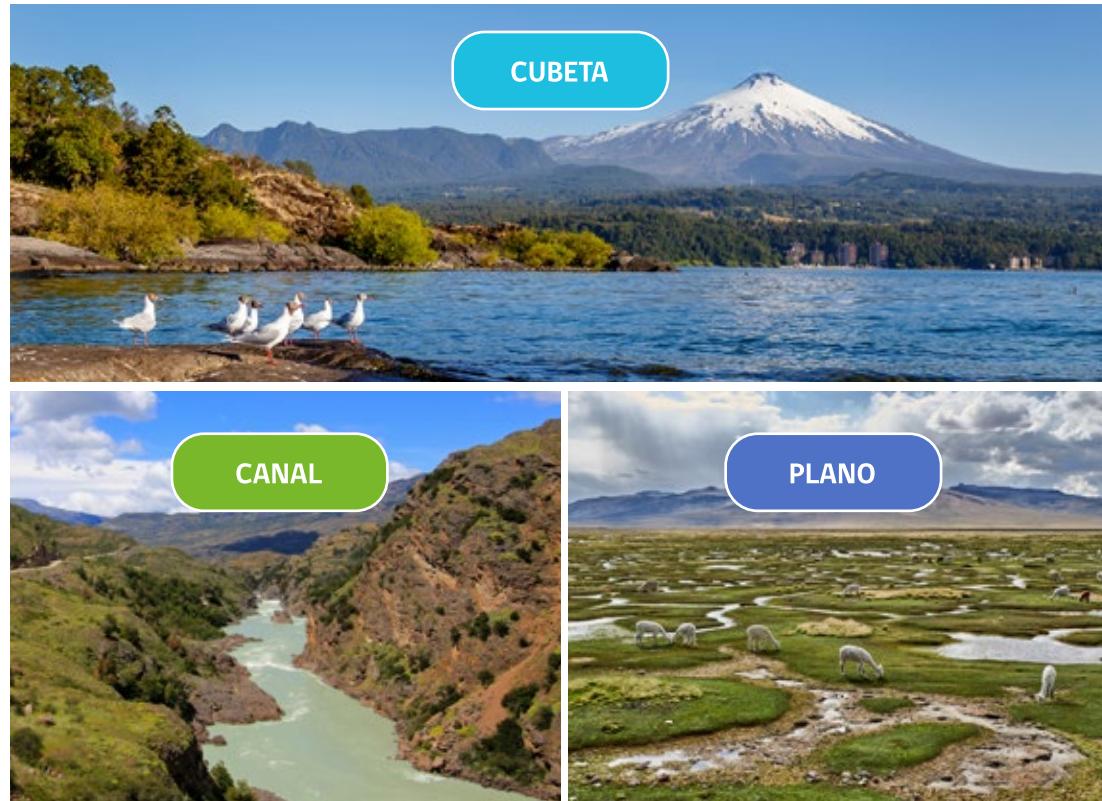
Ecotipo humedal continental,
clase afloramientos subterráneos

Fuente: elaboración propia con fotografías de Adobe Stock, Depositphotos, Unsplash

Asimismo, los humedales se pueden subdividir en tres categorías en función de la morfología del cuerpo de agua: cubeta, canal y plano (ver Figura 3). Ejemplos de los humedales categorizados como cubeta son los lagos, los pantanos y las playas o zonas de inundación intermitente; de la categoría canal son los ríos, quebradas, canales o ramblas²⁰, y de la categoría de humedales planos son las llanuras de inundación, llanuras palustres o llanuras de inundación intermitente. Se han agregado estas categorías en el análisis para simplificar la presentación, pero hay que destacar que los componentes y procesos sensibles de cada una de ellas son diferentes para cada tipología de humedal.

Por ejemplo, un humedal continental de afloramientos subterráneos tipo cubeta tiene como componente sensible las plantas acuáticas, mientras que otro humedal de afloramientos subterráneos del tipo plano tiene como componente sensible la vegetación palustre²¹.

Figura 3. Categorías de los diferentes ecosistemas en función de su morfología



Fuente: elaboración propia con fotografías de Adobe Stock, Deposiphotos, Unsplash

²⁰ Lecho natural de las aguas pluviales cuando caen copiosamente.

²¹ Existen diversas formas de categorizar los humedales, las cuales no son excluyentes sino complementarias. Por ejemplo, la "Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile" (MMA y ONU, 2022) presenta las siguientes categorías a) humedal en depresión de aguas superficiales, (b) humedal en pendiente de agua superficial, (c) humedal en depresión de aguas subterráneas y (d) humedal en pendiente de aguas subterráneas. En este caso las categorías se construyen a partir de características geográficas y de la proveniencia del agua.

Dado que los SSEE se configuran por medio de la biodiversidad y las funciones ecosistémicas, la clasificación por ecotipos constituye una herramienta útil y complementaria para la evaluación debido a que esta clasificación funcional relaciona atributos comunes en términos de estructuración y funcionamiento del ecosistema.

De esta forma, la utilización de los ecotipos de humedales permite guiar al/a la lector/a a través de los OP para la identificación y justificación de las AI del proyecto sobre el humedal, apoyando la evaluación de los posibles impactos, así como su alcance y magnitud.

2.3 Objetos de protección en humedales

En el marco del SEIA, el término **Objeto de Protección (OP)** hace referencia al elemento o componente del medio ambiente que se pretende proteger de los impactos ambientales que pueda generar la ejecución de un proyecto o actividad.

Los elementos del medio ambiente que son OP en el SEIA se desprenden del artículo 11 de la Ley N°19.300 y del Reglamento del SEIA. En el caso particular de los humedales, tal como lo precisa la Contraloría General de la República (CGR) en el Dictamen N°E157665/2021, son OP de estos sus flujos ecosistémicos, sus componentes y las interacciones entre estos.

Un ecosistema se puede definir como cualquier unidad que incluya todos los organismos en un área dada interactuando con el ambiente físico, de forma que el flujo de energía lleva a definir estructuras tróficas, diversidad biótica y ciclos de materiales (Odum, 1971). Los humedales constituyen ecosistemas de amplia variedad, naturales o artificiales, dulceacuícolas o salados, entre otros.

Tal como se ha mencionado, en el contexto de la evaluación ambiental, para cada OP receptor de impacto el titular debe establecer los límites espaciales del área donde se expresan dichos impactos, para luego caracterizar o describir los atributos al interior de dicha área. En la Tabla 2 se presentan los OP y atributos referentes a los componentes de los ecosistemas de humedales continentales.

Tabla 2. Objetos de protección presentes en humedales

OBJETOS DE PROTECCIÓN		¿QUÉ SE BUSCA PROTEGER EN EL SEIA?
Recursos naturales renovables – Art. 6° Reglamento SEIA		
Aire	Calidad del aire ²²	
Agua	Aguas superficiales continentales	
	Aguas subterráneas	
Suelo	Suelo hídrico	
Biota	Plantas, algas, hongos y líquenes	Se busca asegurar la permanencia, la capacidad de regeneración y el desarrollo de especies y ecosistemas, para su aprovechamiento racional futuro.
	Fauna vertebrada, invertebrada y zooplancton	
Ecosistema	Humedal ²³	
Recursos naturales renovables – Art. 8° Reglamento SEIA		
Recursos y áreas protegidas	Humedales de importancia internacional (Ramsar), Humedales urbanos declarados por el MMA, Humedales declarados sitios prioritarios y valor ambiental del territorio que preste SSEE.²⁴	<p>Se busca proteger aquello que ha sido establecido en el acto administrativo que declara el área protegida o plan de manejo de cada zona o área.</p> <p>Además, se busca proteger el valor ambiental de un territorio que preste SSEE locales que presente nula o baja intervención antrópica, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad.</p>

Fuente: adaptado a partir de SEA, 2022a

²² El alcance de esta Guía no incluye el componente aire. Se ha excluido este componente para hacer operativo el alcance de la Guía. Además de no corresponder a un componente estructurante de los humedales, éste se aborda en la guía "Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015), disponible en el Centro de Documentación del sitio web del SEA, www.sea.gob.cl.

²³ Equivalente a ecosistemas acuáticos continentales para efectos de esta Guía.

²⁴ Para los alcances de esta Guía se trata del Valor Ambiental del Territorio, dada su directa relación con el Ecosistema y de los Servicios ecosistémicos que este presta. No se incluyen los objetos de protección relacionados con la declaración de Áreas Protegidas, sin prejuicio de la importancia de revisarlos y evaluar los impactos toda vez que se relacionarán con los componentes del ecosistema.

2.3.1 Agua

El agua constituye un OP en cuanto se busca proteger su cantidad y calidad. Es un componente estructurante de los ecosistemas de humedal, pues estos son “zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él” (Ramsar, 2007).

Se evidencia que un humedal puede conformarse por la presencia de aguas superficiales como ríos o por aguas subterráneas, como ocurre en los bofedales o producto de la continua interacción entre agua superficial y subterránea. La presencia de agua es el resultado de las características climáticas y geológicas de cada zona, así como también de la dinámica temporal de estas mismas. Conceptos tales como ciclo hidrológico, cuenca y balance hídrico²⁵ son clave para comprender esta interconexión constante entre aguas subterráneas y aguas superficiales.

A continuación, se presenta cada OP por separado, para facilitar su comprensión y delimitación del AI de cada uno.

- **Aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas pueden ser una de las principales fuentes de aporte de agua en los humedales, en especial en la zona norte de nuestro país, influyendo en su cantidad y calidad. Las aguas subterráneas son aquellas aguas continentales que estánemplazadas bajo la superficie del suelo, en movimiento o almacenada (SEA, 2021) y que, debido a sus características, permiten sustentar diferentes tipos de ecosistemas, entre ellos los humedales. En contraste con las aguas superficiales que se encuentran naturalmente a la vista²⁶ las aguas subterráneas no pueden ser percibidas sin realizar algún tipo de indagación. A menos que existan afloramientos a través de vertientes o manantiales que podrían dar indicaciones de su ubicación, no así de otras características de este.

Los **acuíferos** son formaciones geológicas que contienen o han contenido agua bajo la superficie de la tierra y poseen la capacidad de almacenar y transmitir agua. Se le llama **acuífero libre** cuando el agua de la zona saturada se encuentra en contacto con la atmósfera a causa de la permeabilidad de una zona superior no saturada, permitiendo la filtración de las precipitaciones y su acumulación en el acuífero. Por otro lado, los **acuíferos confinados**, se caracterizan por estar entre dos capas de material (sedimento o roca) impermeable y por contener agua a una presión mayor que la atmosférica.

Para la caracterización de las aguas subterráneas es necesario identificar en detalle sus atributos y el mecanismo por el cual se relacionan con los diferentes componentes del humedal. Estos atributos provienen principalmente de las áreas de estudio correspondientes a: **geología**, que proporciona información de la potencialidad de acuíferos, así como del

²⁵ Para mayor detalle respecto de estos tres conceptos ver el Anexo 3 de la presente Guía.

²⁶ Referencia artículo 2º, del Decreto con Fuerza de Ley N°1.122, de 1981, del Ministerio de Justicia.

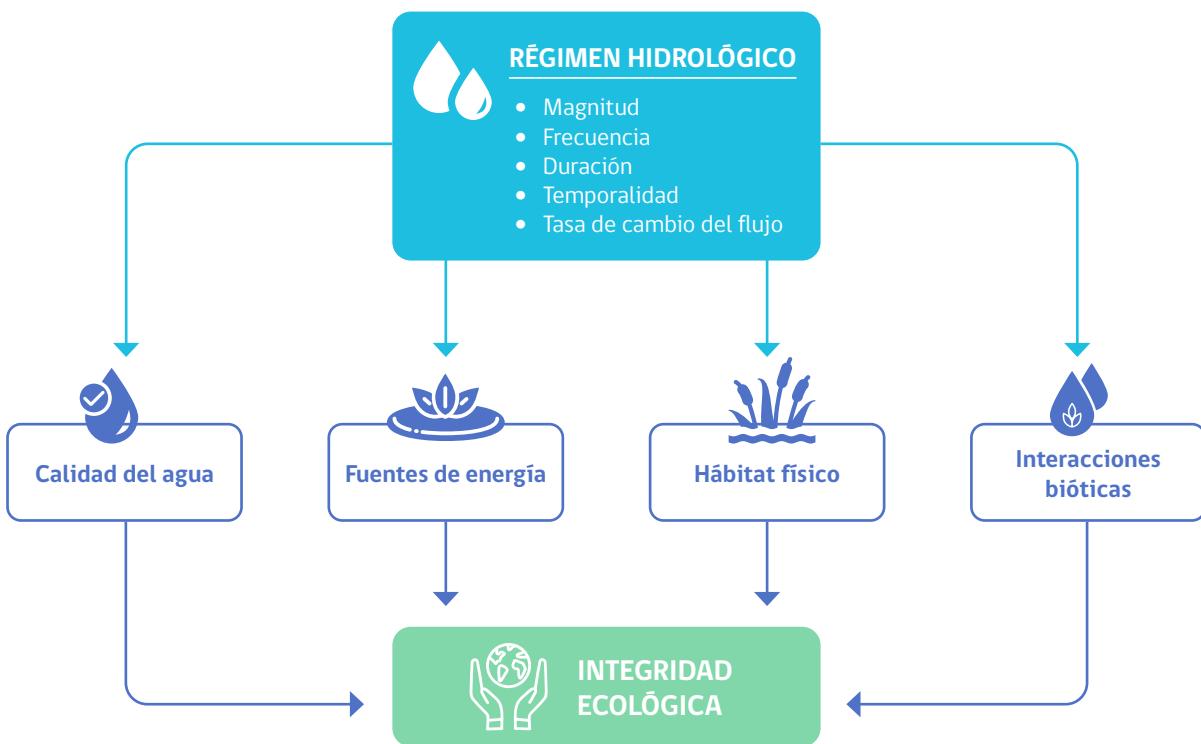
suelo en general; **hidrogeoquímica**, que entrega información acerca de la calidad del agua; **hidrogeología**, que estudia el origen y los flujos de las aguas subterráneas. De esta forma sus atributos se encuentran directamente relacionados con componentes como el suelo, las aguas superficiales o la biota. Cualquier alteración de los atributos constituye impactos potencialmente significativos sobre el humedal y sus componentes. En el numeral 4.1.1 de esta Guía se ahonda en las materias de estudio y los atributos que el titular debe considerar para la descripción de las aguas subterráneas.

• Aguas superficiales

El agua superficial define el establecimiento y dinámica de la mayoría de los tipos de humedales. De acuerdo con la clasificación de los ecotipos (Conama y CEA, 2006) se puede inferir cuál componente o característica hidrológica presenta una mayor influencia en su estructura y funcionamiento.

Entendiendo que muchas veces el régimen natural de caudales es un agente estructurador importante del hábitat físico, el cual a su vez condiciona la riqueza y diversidad en especies (Poff *et al.*, 1997), en un humedal se definen cinco parámetros del régimen hidrológico que son críticos para sustentar la biodiversidad y la integridad de estos ecosistemas (ver Figura 4). Estos parámetros o atributos que permiten describir el funcionamiento y estado de las aguas superficiales son: **magnitud, frecuencia, duración, temporalidad y tasa de cambio del flujo**.

Figura 4. Relación de la hidrología con el mantenimiento de la integridad ecológica



Fuente: elaboración a partir de Poff *et al.*, 1997

Estos parámetros en su conjunto inciden en:

- **Calidad del agua**, al alterar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- **Fuentes de energía**, al favorecer la disponibilidad de materia orgánica.
- **Hábitat físico**, al modificar o mantener el suelo hídrico, la profundidad de la lámina de agua, la conectividad, generar refugios, cambios en la velocidad del flujo, entre otros.
- **Interacción biológica**, al favorecer procesos de competencia, ciclos de vida y reproducción, predación, mortandad, entre otros.

2.

2.3.2 Suelo

El suelo de los humedales se denomina **suelo hídrico** y se caracteriza por tener **condiciones de saturación o inundación prolongada**. El hecho de que el suelo se encuentre saturado e inundado por un período suficientemente largo genera un proceso de oxido-reducción en condiciones anaerobias que produce cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Las **propiedades físicas** del suelo hídrico más relevantes para los humedales incluyen la **estructura, horizontes impermeables, la densidad aparente, la porosidad y la distribución del tamaño de los poros**. Estos afectan directamente la conductividad hidráulica, el almacenamiento del agua y la cantidad de agua. Respecto a la calidad de los suelos hídricos y su interacción con la biota acuática y semiacuática, también es importante la **textura o composición granulométrica del suelo hídrico**, ya que puede ser determinante para especies que requieran suelos de grava, arena, limo o arcilla donde desarrollarse en distintos momentos de su ciclo de vida.

En el suelo hídrico ocurren muchas de las transformaciones químicas que dan lugar a SSEE, como la constitución de la matriz en la que se almacenan los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y dar sustento (hábitat) al desarrollo de diversas especies acuáticas.

Una **propiedad química** relevante es la cantidad de **materia orgánica** presente. Las prolongadas condiciones anaeróbicas y de saturación en los suelos de los humedales ralentizan la descomposición de la materia orgánica y conducen a su acumulación. En un suelo mineral un porcentaje alto de materia orgánica promueve la agregación y la estabilidad estructural, reducen la densidad aparente, aumentan la porosidad, conduciendo a mayores tasas de infiltración y percolación. La materia orgánica contiene cantidades significativas de nutrientes vegetales, usualmente no disponibles para su asimilación por la flora y fauna dado que el proceso de descomposición de la materia orgánica no es inmediato, sino que durante el proceso se van liberando nutrientes que sirven de alimento para los distintos organismos.

Se recomienda evaluar la presencia de suelos hídricos basándose en los indicadores mencionados en la “Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile” (MMA y ONU, 2022). Estos indicadores caracterizan químicamente el suelo, señalando la acumulación o pérdida de hierro, manganeso, azufre, o acumulación de compuestos de carbono en condiciones

saturadas y anaeróbicas; siendo posible su evaluación en terreno utilizando los horizontes de diagnóstico del suelo. Esta herramienta metodológica es de alta utilidad para distinguir el suelo hídrico puesto que naturalmente las características del suelo tenderán a cambiar progresivamente en la medida que se avance en el ecotono hacia ecosistemas terrestres sin saturación de agua.

2.3.3 Flora y vegetación

En los humedales existe una gran variedad de organismos autótrofos y fotosintéticos que forman parte de la base de la cadena trófica. Estos se encuentran asociados a distintas partes del humedal, ya sea a la columna de agua, el fondo, las orillas o circundantes.

Uno de los primeros grupos a considerar es el **fitoplancton**. Este corresponde a la comunidad de microorganismos fotosintéticos, procariontes y protistas que viven en la columna de agua. Entre ellas podemos encontrar cianobacterias, dinoflagelados, diatomeas, Chlorophyceae (algas verdes), Chrysophyceae (algas doradas), y Xanthophyceae (algas verde-amarillas).

Asociado al sustrato sumergido es posible encontrar una capa de microorganismos fotosintéticos, ya sean microalgas o bacterias, llamada **perifiton** o **fitobentos**. Estos también se encuentran en la base de la cadena trófica, participando como estabilizadores del sustrato y formando parte del hábitat de muchos otros organismos. De esta manera poseen un rol ecosistémico fundamental, particularmente en sistemas continentales de evaporación.

A la vegetación asociada a ecosistemas de humedal que se caracteriza por estar vinculada a la disponibilidad de agua y saturación del suelo, se le conoce, en general, como **vegetación hidrófila**²⁷. En este tipo de ecosistemas es posible reconocer diversas formas de vida vegetal que dependen de las condiciones hídricas en mayor o menor medida.

Las plantas **hidrófitas**, también conocidas como plantas acuáticas, macrófitos, limnófitos o malezas acuáticas, en sentido estricto son las plantas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie del agua (Den Hartog y Segal, 1964 y Cirujano et al., 2002), es decir, corresponde a las plantas que tienen toda su estructura vegetativa en el agua. Se pueden clasificar según su forma de crecimiento en los siguientes subtipos: flotantes arraigadas o natantes, flotantes de vida libre, sumergidas arraigadas y sumergidas de vida libre (ver Anexo 4).

Las plantas **helófitas**, palustres o plantas acuáticas emergentes, presentan sus raíces en el fango y la parte inferior del tallo en el agua, pero gran parte de este y sus hojas están en

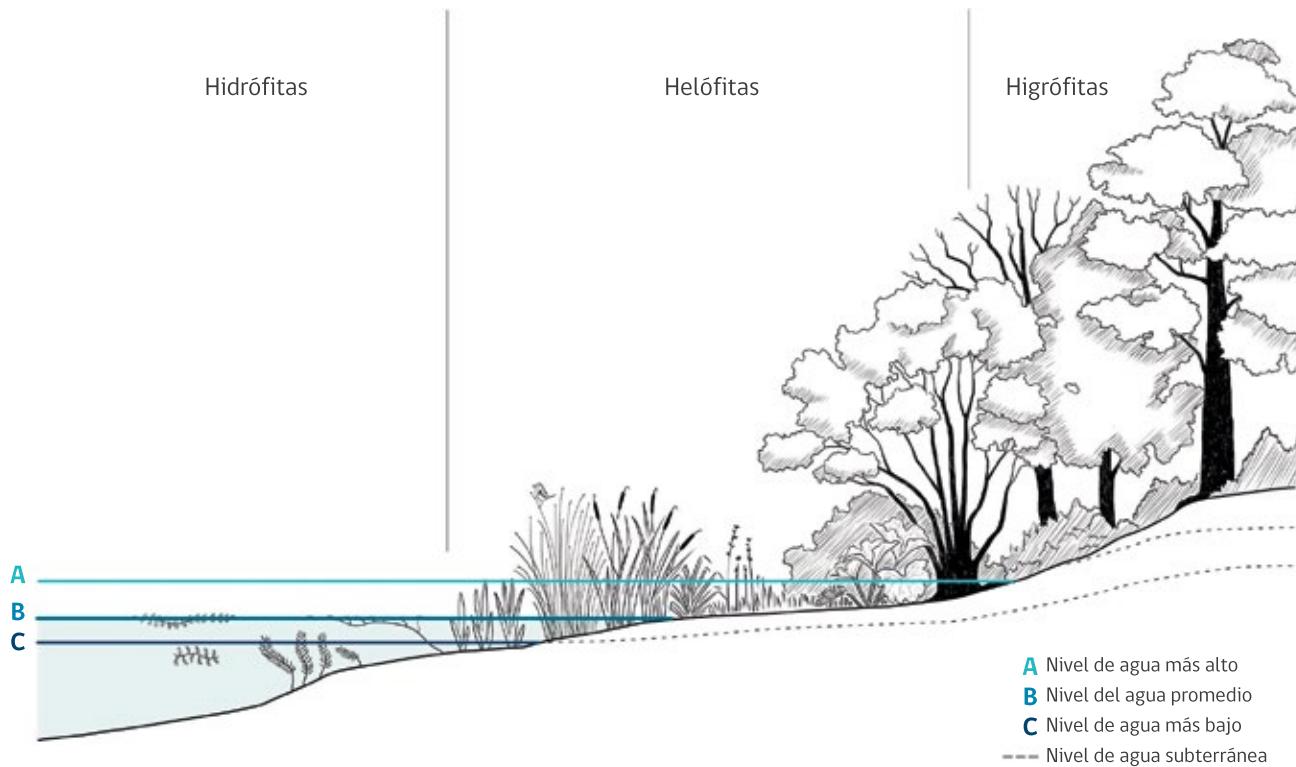
²⁷ Referencia artículo 1º, letra o) del Decreto Supremo N°82, de 2010, que aprueba Reglamento de suelos, aguas y humedales, del Ministerio de Agricultura. El artículo 8º, letra d) del Decreto N°15, de 2020, que establece Reglamento de la Ley N° 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objeto de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente, también hace mención a la vegetación hidrófita, pero para evitar confundir este término con las plantas hidrófitas, se usará en esta Guía el término de vegetación hidrófila para referirse a la vegetación de humedal en sentido amplio.

contacto con el aire, de manera que fotosintetizan como una planta terrestre (Ramírez y San Martín, 2006). Se localizan en los bordes de las lagunas, charcas y zonas inundables poco profundas. Este tipo de plantas también se puede clasificar en glicófilas, halófilas, anfibias y leñosas (ver Anexo 4).

Las formas hidrófitas y helófitas en su conjunto, se reconocen como especies **hidrófilas** y se identifican cerca de 400 especies dentro de la flora de Chile, lo que puede variar según el criterio que se utilice para identificarlas y diferenciarlas de las plantas terrestres.

Por otro lado, las especies **higrófitas** no se consideran como especies hidrófilas, pero pueden acompañar la flora de humedales, situándose sobre suelos húmedos en los bordes de estos ecosistemas, donde acompañan a las especies helófitas (MMA y ONU, 2022). Las higrófitas pueden formar parte de la vegetación ribereña, también conocida como vegetación riparia, que en mayor o menor medida depende del agua existente en cuerpos de agua (ver Figura 5).

Figura 5. Zonación típica de flora hidrófila de un humedal lacustre



Fuente: MMA y ONU, 2022

La vegetación de los humedales, independiente de su tipología, juega un papel muy importante con distintas funciones y roles que cumplir en el ecosistema. Entre las **funciones o SSEE de la vegetación se encuentran la producción primaria de alimento, retención de sedimentos y nutrientes, fitorremediación de contaminantes, alimentación de animales y humanos,**

refugio y hábitat de especies, estabilización del suelo y de la línea de costa, y valores culturales, patrimoniales, paisajísticos, turísticos, educacionales y científicos.

Dada las características de Chile, existe una gran variedad de vegetación asociada a los humedales que son posibles de vincular a diferentes zonas biogeográficas (MMA y ONU, 2022).

Por ejemplo, la zona árida estepárica de altura se caracteriza por la presencia de formaciones de bofedales, vegas y pajonales hídricos, que pueden clasificarse en salinas o no salinas (Ahumada y Faúndez, 2009 y MMA y ONU, 2022). La vegetación de estos humedales es de tipo **azonal hídrica** puesto que su presencia responde a condiciones locales normalmente asociadas a características del suelo o sustrato, humedad u otra característica particular, sin observarse un patrón continuo de distribución. Por otro lado, en la zona árida de Chile central se identifican abundantes humedales costeros y diversos cursos de agua como ríos, canales, albuferas, embalses y lagunas (MMA y ONU, 2022).

De esta manera existe gran variedad de plantas acuáticas en la vegetación de cuerpos de agua, y vegetación de vegas y palustre distribuida en las orillas, por ejemplo, en los totorales dominan especies emergentes como *Schoenoplectus californicus*. Contrastantemente, en la zona semiárida estepárica fría de la región patagónica se pueden encontrar turberas compuestas casi exclusivamente por especies del género *Sphagnum*.

2.3.4 Fauna

La fauna de humedales se puede considerar como el conjunto de especies que nacen, viven, se reproducen, alimentan o mueren en humedales, por lo que su presencia está estrictamente ligada a zonas húmedas, incluyendo las especies asociadas a la vegetación acuática adyacente (Schlatter y Sielfeld, 2006 y Muñoz-Pedreros, 2018). Existe una gran variedad de especies en estos ecosistemas, debido principalmente a los múltiples y heterogéneos microhábitat, la enorme productividad primaria, a las condiciones del agua y los nutrientes que circulan en los humedales.

Dentro de la fauna que se desarrolla de manera principal en el medio acuático se encuentra el zooplancton, el zoobentos y los peces, los cuales constituyen grupos esenciales en los sistemas de humedales debido a su activa participación en el flujo de materia y energía en la trama trófica, alzándose como estructuradores del ecosistema y proveedores de SSEE.

Un componente de la fauna de aguas dulces es el **zooplancton**, el cual incluye pequeños crustáceos, rotíferos, protozoos ciliados, larvas de moluscos (larva beliger o veliger), y huevos y larvas de peces. Por un lado, los crustáceos (especialmente en estado larval) son representados por 25 especies de norte a sur, divididos en: Anacostraca, Cladocera, Laevicaudata y el grupo de copépodos Calanoides y Ciclopoideos. Para este último grupo destaca que, para humedales continentales, se presentan dos áreas de endemismo: en el altiplano y en la Patagonia. Los rotíferos poseen una gran variedad de adaptaciones y variaciones morfológicas, pudiendo ser

sésiles y movidos por las corrientes, como depredadores con movimiento activo. Por otro lado, los ciliados son protozoos caracterizados por presentar cilios por lo menos en una etapa de su ciclo de vida, de los cuales existe poco conocimiento en Chile. En los ambientes del sur de Chile se reconocen 11 géneros (Habit *et al.*, 2019).

El **zoobentos** corresponde al conjunto de microorganismos heterótrofos y macroinvertebrados presentes en el fondo de los sistemas acuáticos durante algún estado de su desarrollo. Dentro de los primeros se encuentran protozoos e invertebrados de pequeño tamaño ($<100 \mu\text{m}$), entre los cuales se distinguen a los grupos Nematoda, Rotifera y Arthropoda (Branchiopoda, Ostracoda, Maxillopoda).

Los **macroinvertebrados bentónicos** son relevantes en los ecosistemas acuáticos continentales debido a que permiten la transferencia de energía de los organismos productores a los niveles tróficos. Para algunas de ellas se ha evaluado su estado de conservación de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Dentro de los macroinvertebrados bentónicos se destacan los crustáceos malacostráceos, que incluyen las pancoras de agua dulce del género *Aegla* y camarones, como un grupo diverso con una alta tasa de endemismo de un 76,6% (Jara *et al.*, 2006), gasterópodos con un 91,7% de endemismo (Valdovinos, 2006) y bivalvos con un 38% de endemismo (Parada y Peredo, 2006).

Otro grupo que destaca son los **estados larvales y ninfas de insectos**, los cuales además de llegar a formar parte importante de la dieta de depredadores mayores como peces, pueden ser considerados bioindicadores de la calidad del agua debido a su alta sensibilidad, permitiendo estimar si han sido afectados por cambios físicos o químicos de su hábitat, tales como plecópteros y efemenópteros con los valores de tolerancia más bajos. También aquellos organismos que se entierran en el sedimento como nemátodos y quetognatos, actúan removiendo sedimento desde el suelo a la superficie, ayudando a la mezcla de estas capas. En general, poco se conoce sobre el estado de conservación de estas especies, aunque algunas están catalogadas como Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico de extinción²⁸.

Por otro lado, la **ictiofauna nativa** de aguas continentales está representada por 48 especies de peces nativos de aguas continentales y estuarinos, pertenecientes a 7 órdenes, 10 familias y 19 géneros (Habit *et al.*, 2019). Considerando además las dos especies de lampreas que se han descrito, se reconoce que el 42% de los géneros y el 70% de las especies son endémicas de Chile (Habit *et al.*, 2019). Si se tiene en cuenta el alto nivel de endemismo, en conjunto con su alta retención de caracteres primitivos, ser poco diversa, presentar pequeños tamaños corporales y estar adaptada a ríos de alta pendiente y caudal fluctuante, resulta en un conjunto de alto valor biogeográfico y de conservación (Campos *et al.*, 1993; Ruiz y Berra, 1994; y Dyer, 2000). La mayoría de las especies de este grupo se encuentra clasificada en alguna categoría de amenaza (Vulnerable, En Peligro o En Peligro Crítico de extinción), por ejemplo, varias de las especies del género *Orestias* en el altiplano y la totalidad del género *Trichomycterus*.

²⁸ El listado actualizado de especies categorizadas de acuerdo al Reglamento de clasificación de especies silvestres se encuentra disponible en www.clasificacionesppecies.mma.gob.cl.

La fauna de humedales también se compone por variadas especies de anfibios en el caso de humedales no salinos, mamíferos y aves, las cuales están estrechamente ligadas a estos ecosistemas y forman parte importante de las relaciones tróficas presentes.

El grupo **anfibios** representado por 63 especies (Lobos *et al.*, 2013) con 40 especies endémicas, está compuesta de 7 familias de anfibios nativos distribuyéndose a lo largo de todo el país ocupando los más diversos hábitats, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 4.600 msnm (Correa y Méndez, 2018). Además, esta fauna muestra un alto grado de endemismo por cuenca, donde se ha reportado como una única especie introducida la rana africana (*Xenopus laevis*). De acuerdo con el RCE del MMA, a la fecha, más de la mitad de las especies de este grupo se encuentran clasificadas como En Peligro o En Peligro Crítico.

Dentro de los **mamíferos** destacan dos especies nativas que habitan los ambientes acuáticos: el coipo (*Myocastor coypus*) y el huillín (*Lontra provocax*), esta última considerada En Peligro. Existen además tres especies de mamíferos acuáticos introducidos: el visón americano (*Neovison vison*), el castor (*Castor canadensis*) y la rata almizclera (*Ondatra zibethicus*), las que se consideran una amenaza para la fauna nativa (Habit *et al.* 2019). Por otro lado, los mamíferos terrestres se encuentran asociados a los humedales ya sea por migración, alimentación, fuente de agua dulce o refugio como lo son diversas especies de zorros, roedores, vicuña, guanaco, puma, entre otros (Barrera, 2011).

Las **aves** son el grupo de fauna de mayor representación en los humedales y generalmente se encuentra una variada diversidad de especies. En total 153 especies han sido reportadas para estos ecosistemas (Conaf, 2018; Conama, 2009; Muñoz-Pedreros y Quintana, 2010; CIREN, 2013; Parra-Coloma *et al.*, 2014; y CEA, 2018a), excluyendo a aquellas consideradas como marinas y terrestres. No obstante, varias especies de aves asociadas principalmente a humedales marinos también utilizan los humedales continentales para alimentarse, descansar o reproducirse (Muñoz-Pedreros, 2018). Varias de estas especies son de preocupación al estar categorizadas como Vulnerable, por ejemplo, la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) y caití (*Recurvirostra andina*). Del total de aves asociadas a estos ecosistemas, alrededor del 70% son consideradas residentes, el 20% son solo registros esporádicos y el 10% visitantes habituales (migratorias).

2.3.5 Ecosistemas de humedal

Esta Guía aborda la descripción del humedal con una perspectiva ecosistémica, es decir, sitúa al ecosistema como unidad funcional. Bajo esta perspectiva, además de la descripción de sus componentes de manera individual, también se debe considerar las interacciones entre estos.

En los últimos años se han producido cambios significativos en el enfoque de las políticas de medio ambiente. Por una parte, hay un cambio hacia un enfoque de gestión ecosistémico y, por otra parte, hay un alejamiento de la gestión sectorial y aislada hacia una gestión y planificación integrada, reconociendo que los enfoques reduccionistas no permiten evaluar efectos interactivos, acumulativos y sus impactos o compensaciones entre sectores.

Se reconoce cada vez más que el estudio de los SSEE ayuda a comprender las implicaciones sociales de las decisiones de gestión (Daily *et al.*, 2009; Börger *et al.*, 2014; y Cavanagh *et al.*, 2016), permitiendo vincular la investigación ecológica con la sostenibilidad, beneficios del ecosistema y bienestar humano (Mach *et al.*, 2015 y Van Wensem *et al.*, 2017).

Los SSEE se crean a través de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos, sosteniendo procesos tales como el ciclo de nutrientes o las relaciones depredador-presa (MEA, 2005 y TEEB, 2010). La investigación ecológica desarrollada durante las últimas décadas ha tenido como objetivo comprender estas interacciones, así como los vínculos entre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema (Sutherland *et al.*, 2013; Hyder *et al.*, 2015; y Mitchell *et al.*, 2015).

2.

A menudo los estudios de SSEE han tendido a centrarse en el vínculo entre biodiversidad y un solo servicio del ecosistema, sin embargo, es probable que esto conduzca a una subestimación de los efectos de la biodiversidad en los servicios porque las especies suelen llevar a cabo una serie de funciones del ecosistema que pueden contribuir a varios servicios (Cardinale *et al.*, 2012 y Balvanera *et al.*, 2013).

Por ejemplo, en los ciclos biogeoquímicos de los humedales participan una comunidad de microorganismos formados por virus, bacterias, microalgas, protozoos, hongos, entre otros, estos están presentes en el agua, suelo e incluso en el aire. Esta comunidad participa en distintos procesos ecosistémicos, teniendo un rol fundamental en la descomposición de la materia orgánica, devolviendo algunos compuestos biodisponibles para otros organismos o liberándolos a la atmósfera, y como resultado de estos procesos se define la calidad del agua.

Estas comunidades son particularmente importantes en condiciones ambientales extremas, donde desarrollan Ecosistemas Microbianos Extremófilos (EME) que son asociaciones de diatomeas, bacterias, cianobacterias, haloarqueas, hongos y protozoos, donde viven formando biopelículas o tapetes microbianos (Contreras y Farías, 2017), por ejemplo, participando en la precipitación de minerales. Estos pueden desarrollarse en humedales como lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna, por lo que es relevante prestar atención a su presencia y posible alteración del hábitat. De acuerdo con lo señalado por Contreras y Farías (2017), los EME pueden ser afectados por extracción de agua, disminución de la carga iónica del ecosistema, alteración de las características químicas del agua, eutrofización del sistema, contaminación cruzada y disminución de la transparencia del agua.

• Servicios ecosistémicos

La conceptualización y estudios de los SSEE data de mediados de 1960, diferenciando entre **funciones y SSEE** propiamente tal (King, 1966; Odum y Odum, 1972). En la última década se ha alcanzado más consenso sobre estos conceptos y las relaciones bioeconómicas entre ellos (De Groot, 1994; Pimentel *et al.*, 1997; Costanza *et al.*, 2017; De Groot *et al.*, 2002; y MEA, 2005).

.....

Las funciones ecosistémicas son un rango del total de componentes de la estructura ecológica (elementos y procesos) que presentan la capacidad de generar servicios para la humanidad, mientras que los SSEE se reconocen cuando la sociedad les otorga un valor a esas funciones, debido a que satisface sus necesidades en forma directa o indirecta. (Costanza *et al.*, 2017; De Groot *et al.*, 2002; MEA, 2005; TEEB, 2010).

.....

Cabe mencionar, que el reconocimiento de las interacciones a través de la sociedad o medio humano indiscutiblemente requiere recopilar información sobre los actores o grupos de actores que se benefician de dichas interacciones y funciones del ecosistema (MEA, 2005 y TEBB, 2010).

Los SSEE han sido identificados y homologados en la clasificación internacional de SSEE llamada Clasificación Común Internacional de los Servicios Ecosistémicos, por sus siglas en inglés, *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES), la cual es utilizada por el MMA en su versión 5.1 (Haines-Young y Potschin, 2018). La CICES, define a los **SSEE** como las **contribuciones que los ecosistemas hacen al bienestar humano**, refiriéndose a los productos finales de los sistemas ecológicos que surgen de la interacción de procesos bióticos y abióticos, los que se clasifican en tres categorías: **SSEE de aprovisionamiento, regulación y culturales**. Se hace presente, **los SSEE de sustento o soporte se reconocen como base o sustento para la generación de los otros tres tipos de servicios**.

Las interacciones entre ecosistemas, en el caso particular de los humedales, constituyen en sí mismas un OP²⁹. Estas interacciones configuran las funciones de los ecosistemas que cuando son percibidos por la sociedad generan beneficios directos o indirectos. Estos beneficios serán considerados, para efectos del SEIA, como un atributo de los ecosistemas. La descripción de los humedales, siguiendo la dinámica funcional de los ecotipos, permite distinguir aquellas interacciones que conectan con el medio social y aplicar el enfoque de SSEE que se presenta a continuación.

A partir de este marco teórico y en consideración a todos los ecosistemas (terrestre, acuáticos continentales y marinos), es que en la Tabla 3 se presentan ejemplos de SSEE de humedales según distintas categorías. En el Anexo 5 se describe en mayor profundidad cada categoría de SSEE de forma aplicable a los humedales.

²⁹ Mayores detalles en el Dictamen N°E157665/2021 de la Contraloría General de la República (CGR).

Tabla 3. Servicios ecosistémicos provistos por humedales

TIPO	SSEE ESPECÍFICO	EJEMPLOS
Aprovisionamiento	Alimentos	Producción de peces, frutas y granos
	Agua fresca	Almacenamiento y retención de agua para diversos usos: consumo humano, agrícola, ganadero, industrial
	Fibras y combustibles	Producción de troncos, leñas, turbas, forrajes, fibras naturales utilizada para cestería
	Principios activos o productos bioquímicos	Extracción de productos bioquímicos para medicinas y otros materiales
	Materiales genéticos de variedades de especies particulares o sensibles	Genes para resistencia a patógenos
Regulación y mantenimiento	Regulación del clima	Fuente de captura de gases de efecto invernadero, regulación del microclima
	Regulación hídrica (flujo hidrológico)	Recarga de acuíferos
	Purificación o tratamiento de aguas	Retención, recuperación y remoción de exceso de nutrientes y contaminantes
	Control y protección contra la erosión	Retención de suelos y sedimentos
	Control de riesgos naturales	Control de crecidas, inundaciones, <i>tsunamis</i> , protección contra temporales
	Control biológico	Control de plagas y enfermedades

TIPO	SSEE ESPECÍFICO	EJEMPLOS
Culturales	Espirituales e inspiracionales	Fuente de inspiración. Muchas prácticas religiosas se basan en valores y aspectos de humedales
	Medicinales	Recolección de hierbas medicinales
	Recreacionales	Oportunidades para las actividades recreativas
	Estéticos	Muchas personas valoran la estética y belleza de aspectos de humedales
	Educacionales	Oportunidades para la educación y capacitación formal e informal sobre medio ambiente
Sustento o soporte	Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica
	Ciclos de nutrientes	Acumulación, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes
	Polinización	Hábitat para especies polinizadoras
	Biodiversidad	Hábitat para especies residentes o migratorias

Fuente: adaptado desde De Groot *et al.* 2007 y Manuales de la Convención Ramsar sobre los humedales 2016 y 2018

En el marco de la evaluación ambiental, los SSEE culturales están también relacionados con:

- Los sistemas de vida y costumbre de grupos humanos a los que se refiere en el artículo 7º del Reglamento del SEIA, cuya alteración significativa es considerada como un impacto significativo. A objeto de evaluar dicha alteración significativa, se debe considerar la generación de efectos adversos significativos sobre la calidad de vida de grupos humanos, en consideración a la duración o magnitud de cualquiera de las siguientes circunstancias:
 - a) **La intervención, uso o restricción al acceso de los recursos naturales utilizados como sustento económico del grupo o para cualquier otro uso tradicional, tales como uso medicinal, espiritual o cultural.**
 - b) La obstrucción o restricción a la libre circulación, conectividad o el aumento significativo de los tiempos de desplazamiento.

- c) La alteración al acceso o a la calidad de bienes, equipamientos, servicios o infraestructura básica.
- d) La dificultad o impedimento para el ejercicio o la manifestación de tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que puedan afectar los sentimientos de arraigo o la cohesión social del grupo.

Como se señala en el mismo artículo, para los grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas, además de las circunstancias señaladas precedentemente, se considerará la duración o magnitud de la alteración en sus formas de organización social particular.

- El valor paisajístico y turístico de una zona, señalado en el artículo 9º del Reglamento del SEIA.
- El patrimonio cultural protegido y no protegido, relacionado al artículo 10 del Reglamento del SEIA.

En la Tabla 4 se presentan ejemplos de SSEE por ecosistemas de humedales, la cual es de carácter referencial y sirve de apoyo en el reconocimiento de los SSEE de regulación. De manera transversal, se considera como un SSEE de los humedales la proporción de hábitat para la mantención de la biota.

Tabla 4. Ejemplos de SSEE de regulación y aprovisionamiento por ecotipos de humedales de forma referencial

ECOTIPOS	CLASE	TIPO SERVICIO ECOSISTÉMICOS	EJEMPLO
Humedal costero	Intrusión salina	Regulación	Sirve de <i>buffer</i> frente a marejadas y <i>tsunamis</i>
			Estabilización de la línea de costa
			Capacidad de entregar el hábitat necesario para la reproducción de especies
Humedal continental	Evaporación	Aprovisionamiento	Pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila
		Regulación	Recarga y descarga de acuíferos
	Infiltración (A)	Regulación	Protección contra inundaciones
			Sumideros de carbono
			Retención de nutrientes
	Infiltración saturado (B)	Regulación	Protección contra inundaciones
			Sumideros de carbono
			Retención de nutrientes
	Escorrentía	Regulación	Capacidad de entregar el hábitat necesario para la reproducción de especies
Afloramientos subterráneos	Praderas andinas, ciénagas, vegas	Regulación	Retención de nutrientes

Fuente: elaboración propia.

La delimitación de AI para impactos sobre los SSEE de aprovisionamiento y culturales pueden ser abordados por los criterios que se establecen para los componentes ambientales sistemas de vida y costumbres de grupos humanos (SEA, 2020), valor turístico y patrimonio cultural.

3. CRITERIOS METODOLÓGICOS RELEVANTES



3.

3. CRITERIOS METODOLÓGICOS RELEVANTES

3.1 Conceptualización respecto de las áreas de influencia

De acuerdo con el Reglamento del SEIA, letra a) del artículo 2º, el AI es el “área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias”.

Para profundizar en este concepto se recomienda revisar la “Guía área de influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental” (SEA, 2017), en la que se establecen criterios aplicables a los diferentes componentes del medio ambiente y a los OP. A continuación, se presenta un resumen de los principales criterios que se desprenden de dicha guía y del Reglamento del SEIA.

- Toda alteración al medio ambiente originada por un proyecto o actividad es considerada un impacto ambiental. Estas alteraciones ocurren en un área determinada, es decir, el impacto puede ser expresado o representado en un espacio geográfico. De este modo, **el AI corresponde al área o espacio geográfico de donde se obtiene la información necesaria para predecir y evaluar los impactos** en los elementos del medio ambiente.
- Si bien el capítulo de predicción y evaluación de impactos no forma parte de los contenidos mínimos de una DIA, es necesario realizar dicha predicción y evaluación para poder identificar los impactos ambientales que el proyecto genera y **estimarlos cuantitativa o cualitativamente, para posteriormente evaluar su significancia**. Lo anterior con el fin de obtener los fundamentos necesarios que justifiquen la inexistencia de los ECC del

artículo 11 de la Ley N°19.300, pues toda alteración al medio ambiente es considerada un impacto ambiental potencialmente significativo. Es por ello que la delimitación y descripción de las AI, y la predicción y evaluación de impactos ambientales **se debe realizar tanto en EIA como en DIA.**

- Cuando el Reglamento del SEIA se refiere al AI como un espacio geográfico, se entiende no solo la superficie terrestre, sino que, dependiendo del componente ambiental receptor de impacto, este puede ser también un **ambiente acuático o aéreo**. Por ejemplo, la calidad del agua que alimenta a un humedal puede verse alterada como consecuencia de un efluente que posea algún grado de contaminación. En este caso el AI será un volumen de agua.
- El titular debe **precisar los límites espaciales** del área donde se expresan dichos impactos, para luego describir los OP y atributos al interior de dicha área. La descripción se debe realizar sobre los componentes del medio ambiente que forman parte de los humedales, cuyos contenidos se listan en la letra e) del artículo 18 del Reglamento del SEIA, siendo relevantes para el caso de esta Guía la descripción de los componentes **agua, suelo hídrico, flora y vegetación, fauna y ecosistema acuático continental**.
- De la totalidad de componentes ambientales algunos de ellos son considerados **OP para efectos del SEIA** y otros son considerados como **atributos**, es decir, como descriptores que facilitan la caracterización del OP, la comprensión de la estructura y dinámica ecosistémica, así como también la predicción de los impactos. La relación entre atributos y OP puede explicarse y representarse mediante un modelo conceptual del ecosistema.
- Los FGI del proyecto que determinan los impactos ambientales se desprenden de la información contenida en el capítulo de descripción de proyecto de la DIA o EIA.
- La delimitación de las AI se orienta a los impactos del proyecto o actividad sobre el humedal y, por lo tanto, puede contener al ecosistema completo o una sección de este, por lo que, en el marco del SEIA, **el objetivo no es delimitar dicha unidad ecosistémica si no delimitar los espacios geográficos donde se predice que ocurrirán los diferentes impactos**.
- La **predicción y evaluación de los impactos ambientales se debe efectuar considerando el estado de los elementos del medio ambiente y la ejecución del proyecto o actividad en su condición más desfavorable**. Con ello se asegura recoger la vulnerabilidad de los componentes ambientales presentes en las AI previo a la ejecución del proyecto e integrarla debidamente en la predicción de impactos. En este sentido es clave incorporar la variable de cambio climático conforme a las proyecciones para Chile y lo dispuesto en la "Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA" (SEA, 2023b).
- Tal como se mencionó, una vez identificado un impacto es necesario **estimarlo cualitativamente o cuantitativamente**, requiriéndose para ello conocer y describir el elemento del medio ambiente receptor de dicho impacto. Esta estimación permitirá **justificar la delimitación de las AI**.

- Para establecer si los **impactos son o no significativos**, estos deben ser evaluados en función de las consideraciones y criterios establecidos en **los artículos 5º al 10 del Reglamento del SEIA**.

El Reglamento del SEIA indica que **las Al se deben definir y justificar para cada elemento afectado del medio ambiente**. Se habla en plural de las Al, ya que un solo proyecto o actividad tendrá varias Al, a razón de cada OP ambiental receptor de impactos. De esta forma, para cada una de las Al, se requerirá determinar cartográficamente su ubicación, justificando sus límites, para luego describir el componente ambiental receptor del impacto. Las representaciones cartográficas de las distintas Al de un proyecto o actividad pueden o no coincidir, ya que dependerán de las características del componente ambiental afectado y del FGI del proyecto con el cual el componente ambiental interactúa.

Cabe mencionar que es necesario que las Al incluyan el espacio geográfico en el cual se emplazan las partes, obras o acciones del proyecto, toda vez que estas se constituyen como origen de los impactos ambientales. En términos generales, las Al se extenderán desde el punto o área de ubicación de los FGI del proyecto o actividad, o punto de origen, hasta el extremo geográfico donde ya no es posible detectar la alteración. En otras palabras, **en el límite del polígono que circunscribe el Al, la condición ambiental se iguala a la situación sin proyecto y, por lo tanto, no es posible percibir el o los impactos**.

Cabe destacar que una inadecuada determinación y justificación de las Al puede significar la necesidad de realizar nuevas campañas de terreno una nueva evaluación de los impactos y determinación de medidas asociadas, pudiendo incluso determinar un término anticipado del proyecto en evaluación.

En términos prácticos, la representación cartográfica del proyecto y sus Al deben indicar la siguiente información: escala, norte magnético, leyenda, simbología, grilla de referencia indicando coordenadas UTM, fuente de información y datos geodésicos. La georreferenciación del proyecto, incluyendo sus partes, obras y acciones, y las de sus Al, se debe realizar en el sistema de coordenadas proyectadas UTM, siendo requisito la utilización del Datum WGS84 o del Datum SIRGAS, y la utilización de los husos correspondientes al territorio nacional, según corresponda³⁰.

³⁰ Los husos correspondientes son: 18 y 19 en territorio continental; 12, 13 y 17 en el territorio insular, islas de Pascua, Salas y Gómez y Juan Fernández, respectivamente.

Las representaciones cartográficas de la descripción del proyecto y las AI deben estar acompañadas por archivos en formato kmz (*google earth*) y shp (*shape*), sin perjuicio que adicionalmente se presenten en formatos dwg, dxf (*auto cad*). Tanto los archivos kmz y *shape* deben contener en su tabla de atributos, para cada uno de los elementos representados, nombre, superficie del elemento en metros cuadrados, ubicación referencial en coordenadas UTM³¹ comuna y región. Además, los archivos kmz y *shape* deben incluir en su descripción y metadata respectivamente, la información de; nombre del proyecto, nombre del titular, rut del titular, fecha de ingreso al SEIA, comuna³² y región. Por su parte, el archivo kmz debe contener al menos una fotografía del sitio a representar.

La representación cartográfica de las AI debe estar dada en una escala adecuada, entendiendo por escala adecuada aquella que facilite la visualización de la ubicación de las partes, obras y acciones del proyecto o actividad, y su relación con los OP, abarcando su respectiva AI en totalidad³³. Por lo mismo, de ser necesario es posible generar una o más cartografías del AI por OP, lo cual implica la representación gráfica de información relevante para la identificación o descarte de impactos.

Cabe recalcar que la información cartográfica en formato pdf, jpg u otros, representan imágenes de fácil visualización, sin embargo, no constituyen información suficiente para evaluar por sí sola la dimensión espacial de los atributos del territorio que estas representan. Por lo mismo se recomienda utilizar información espacial complementaria³⁴, como cartas bases obtenidas de la cartografía oficial del Instituto Geográfico Militar, seguidas de otras fuentes oficiales acorde a lo que se desee representar. Así mismo, se puede complementar con levantamiento de información adicional cuando sea necesario (por ejemplo, terreno, revisión bibliográfica, teledetección).

3.2 Pasos generales para la delimitación de las áreas de influencia

El alcance espacial de los impactos ambientales se determina por medio de la delimitación de las AI y tal como se mencionó anteriormente, estas deben determinarse y justificarse para cada OP receptor de impactos.

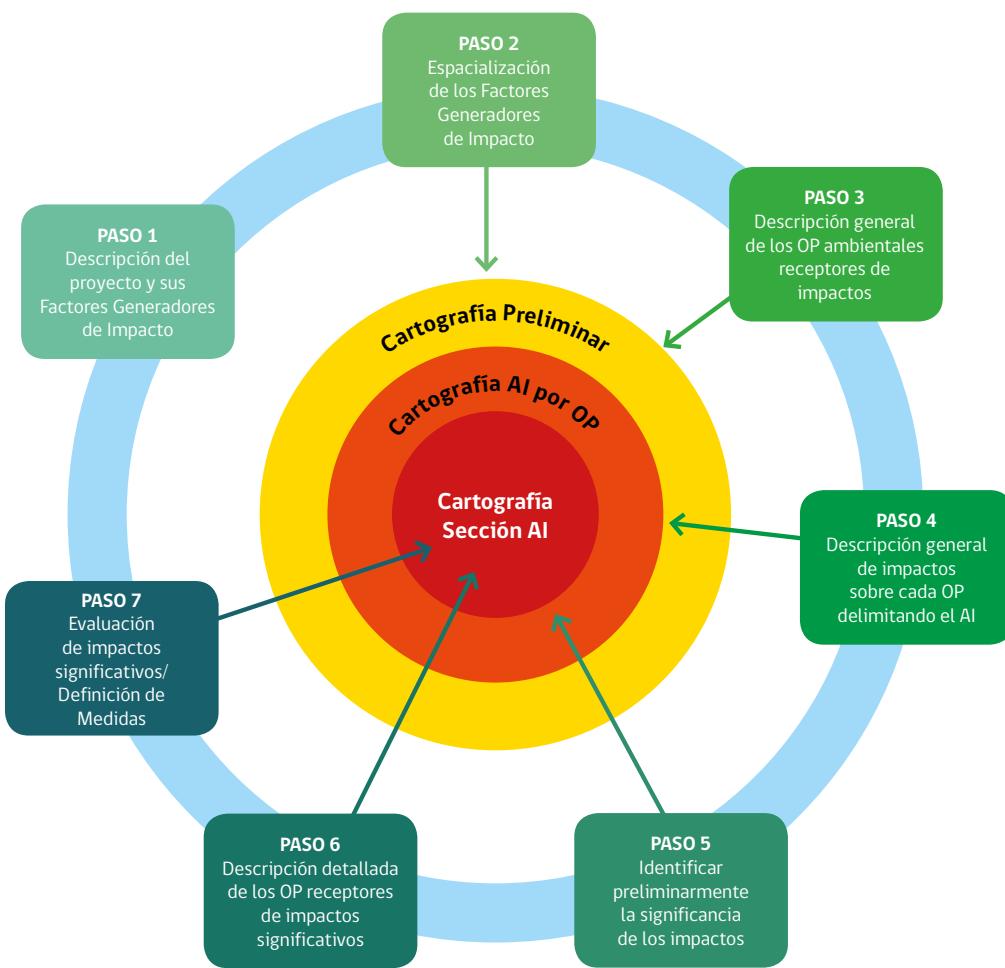
La Figura 6 representa la metodología general para delimitar AI, la cual debe adoptar el titular de un proyecto o actividad, antes de ingresar un proyecto al SEIA.

31 Esta instrucción debe ser aplicada en cada archivo kmz y *shape*, ya sea que represente la georreferenciación del proyecto, incluyendo sus partes, obras y acciones, o sus áreas de influencia (AI).

32 Se debe indicar todas las comunas donde se ubican las AI del proyecto.

33 La escala adecuada va a depender de las dimensiones espaciales del elemento a representar, variando generalmente entre escalas desde 1 : 5.000 hasta 1 : 30.000.

34 Dicha información territorial se puede obtener desde la plataforma de Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile (IDE Chile) disponible en su sitio web www.ide.cl, la cual pone a disposición información geoespacial actualizada y con fuentes oficiales provenientes de las diferentes instituciones públicas del Estado.

Figura 6. Esquema metodológico para delimitar las áreas de influencia

Fuente: elaboración propia.

Metodológicamente, el **paso 1** consistirá en realizar una **descripción completa del proyecto o actividad a evaluar**, identificando en este proceso los FGI. Con esto se requerirá espacializar el proyecto y sus FGI, modelando, si es preciso, la extensión de los efectos que estos generan en el humedal. Por ejemplo, en el caso de la descarga de efluentes, será necesario conocer la ubicación de las obras o acciones que se comportan como fuentes, así como la dispersión espacial de la descarga en los cuerpos de agua superficial o subterránea vinculados al ecosistema de humedal. Con esta actividad, el titular estará desarrollando el **paso 2** de la metodología, generando como producto una cartografía preliminar, o área de estudio, cuya primera capa de información representará al proyecto y sus FGI.

Una vez identificados todos los FGI ambientales y su distribución espacial, es posible permitirizar los tipos de impactos e identificar los componentes que son receptores de estos, lo cual debe considerar la máxima capacidad de operación y el escenario más desfavorable. Es necesario señalar que se considera fundamental realizar un análisis inicial con criterio de cuenca hidrológica y visualización de acuíferos, toda vez que sea relevante para los siguientes pasos.

En el **paso 3** se han de describir los componentes receptores de impacto, espacializando su ubicación e identificando, por ejemplo, los distintos recursos naturales (agua, suelo, flora y vegetación, fauna) y los SSEE que forman parte de los humedales. La descripción general debe considerar antecedentes bibliográficos y de terreno, que consideren de manera adecuada la variabilidad estacional de los componentes ambientales, aportando una nueva capa de información a la cartografía preliminar. Será también crucial describir los componentes en su escenario más desfavorable, en particular, cuando se trate de humedales sujetos a los efectos adversos del cambio climático.

Cabe destacar que, el análisis progresivo de los componentes ambientales en relación con una adecuada predicción de los impactos, generarán cada vez una mayor claridad respecto de la delimitación y justificación de las AI, en un proceso iterativo donde cada nuevo antecedente esencial puede dar pie a la aplicación de nuevos métodos de levantamiento de información. El nivel de detalle que se alcance en este proceso debe estar enfocado en respaldar de forma completa y clara la significancia de los impactos o bien justificar su inexistencia.

En el **paso 4** la metodología procede a delimitar preliminarmente AI y describir de manera general los impactos sobre los OP, para luego en el **paso 5** identificar los posibles impactos significativos o descartarlos. Para establecer si los impactos identificados son o no significativos, se requiere realizar una estimación del impacto, ya sea cualitativa o cuantitativa, dependiendo de la información disponible. A la identificación y estimación de impactos se le denomina **predicción de impactos**. La significancia de todos los impactos identificados y estimados se establece en función de criterios establecidos en la Ley N°19.300, el Reglamento del SEIA y en guías específicas, en la etapa identificada como **evaluación de impactos**.

Por lo tanto, en términos cartográficos, el titular habrá pasado por una cartografía preliminar, a una delimitación preliminar de AI y finalmente una delimitación de la sección de las AI, donde es posible prever impactos significativos.

Con los antecedentes señalados será posible realizar una adecuada planificación y selección de metodologías para el levantamiento de información de detalle, llevando a cabo una descripción del componente ambiental pertinente con el impacto ambiental identificado. En otras palabras, el **paso 6** es la generación de la línea base, cuya información debe ser útil para evaluar los impactos, siendo esta información y no otra, la que se presente finalmente en los EIA ingresados al SEIA.

Habiendo realizado la descripción al nivel de detalle correspondiente, será posible dar pie al **paso 7**, la evaluación de impactos significativos y la determinación de medidas de mitigación,

compensación o reparación, así como compromisos ambientales voluntarios, según corresponda. Para más detalle refiérase a la “Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA” (SEA, 2023c).

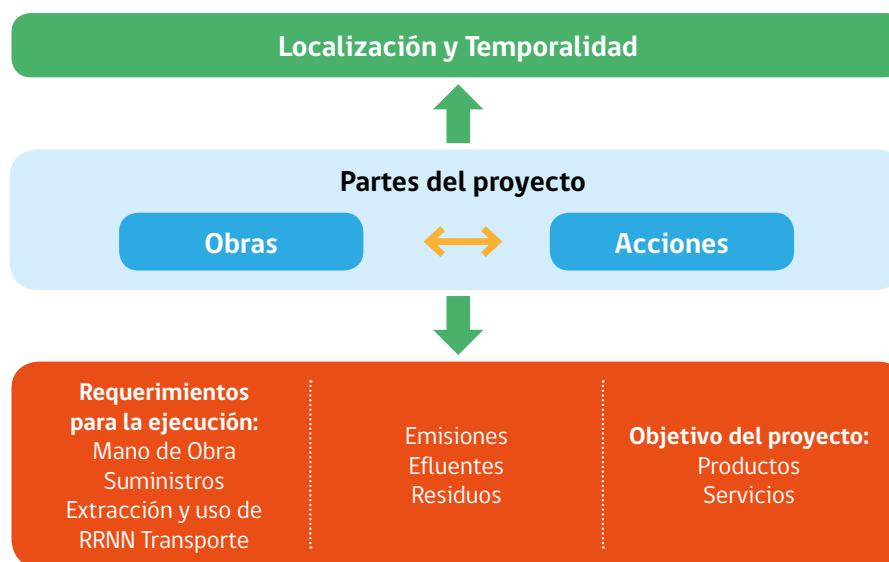
El hecho de que esta metodología, entre los pasos 1 y 7, se realice antes del ingreso del proyecto o actividad al SEIA, permitirá al titular evaluar la posibilidad de incorporar cambios en el diseño del proyecto que resulten en una reducción o control de los impactos ambientales. En tal caso, al cambiar la descripción de proyecto y sus FGI, será posible iterar en el procedimiento completo y definir AI diferentes y que probablemente se acoten los efectos ocasionados en los componentes de los humedales.

3.

3.3 Factores generadores de impacto

Para identificar los posibles impactos de cualquier proyecto o actividad es necesario tener claro cuáles son aquellos factores que son capaces de causarlos. En este sentido, los FGI son aquellos elementos del proyecto o actividad, tales como partes, obras o acciones, en consideración a su localización y temporalidad, así como también sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos y servicios generados, según correspondan; y que por sí mismos generan una alteración al medio ambiente y que son identificables dentro del capítulo de descripción de proyecto presentado en la DIA o EIA, los que deben ser considerados para cada una de las fases del proyecto (ver Figura 7).

Figura 7. Factores que determinan impactos ambientales



Fuente: elaboración propia.

Los FGI son parte constitutiva del proyecto, por ejemplo, la descarga de un efluente a un cuerpo de agua o la acción de despeje de vegetación ribereña para la instalación de una obra, y se vinculan al impacto, que en este caso es la pérdida de calidad del agua por el contaminante emitido en el efluente y la pérdida de hábitat para especies de fauna ribereña respectivamente.

Cabe destacar que un mismo FGI puede generar más de un impacto. Por ejemplo, el despeje de vegetación ribereña, además de la pérdida de hábitat, puede producir la resuspensión de sedimentos alterando la calidad del agua. Esto tiene efectos en el ecosistema acuático, que pueden ir desde alteración de especies hidrófitas, microalgas y así en toda la red trófica hasta provocar la pérdida de hábitat para la fauna acuática y semiacuática. Por lo tanto, un mismo factor puede afectar a más de un componente ambiental.

Conocer en detalle los FGI de un proyecto, así como los OP receptores, permitirá evaluar si se está en presencia de un efecto adverso significativo sobre la cantidad y calidad de un recurso natural renovable vinculado al humedal. La “Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables” (SEA, 2023a) aborda esta temática.

3.3.1 Factores generadores de impactos en humedales

Como se señaló en el Capítulo 1 de la presente Guía, **es responsabilidad del titular del proyecto analizar si este se encuentra en el listado de tipologías susceptibles de causar impacto ambiental**, en cualquiera de sus fases, que deben someterse al SEIA según el artículo 10 de la Ley N°19.300 y el artículo 3º del Reglamento del SEIA. De las diferentes tipologías de proyectos, el SEA cuenta con guías de descripción de proyecto para algunas de estas. Esta Guía no está enfocada en la definición ni el análisis de pertinencia de entrada de los proyectos al SEIA.

La Ley N°21.202 que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos, modificó las tipologías establecidas en los literales p) y q) del artículo 10 de la Ley N°19.300, y agregó un nuevo literal s) a la misma disposición legal. Estos merecen especial atención, ya que consideran directamente la ejecución de proyecto en o próximos a humedales³⁵: *"p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas, humedales urbanos o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita".* (énfasis agregado).

Se destaca que muchos de los FGI pueden formar parte de diferentes tipologías de proyectos, por ejemplo, la acción de acondicionamiento del terreno aplica tanto para proyectos mineros como inmobiliarios, debido a que se vincula más bien a una acción relacionada a una fase de construcción que a una fase operativa en la cual se identifican, en general, aquellas acciones

³⁵ Para ver detalles de la aplicación, se sugiere revisar el Ordinario SEA N°20229910238, del 17 de enero de 2022, que imparte instrucciones en relación con la aplicación de los literales p) y s) del artículo 10 de la Ley N°19.300.

que se relacionan mejor con el objetivo del proyecto. Por lo tanto, se recomienda al titular revisar estas guías de descripción de proyecto para identificar aquellos FGI, y con ello contribuir a una correcta delimitación de las AI³⁶.

Los FGI más comunes de encontrarse relacionados con humedales son: obras en el cauce; bocatomas o captaciones de agua; acondicionamiento del terreno para construir o habilitar partes y obras del proyecto; construcción de caminos temporales o permanentes; y obras o instalaciones que descarguen efluentes a humedales; entre otros.

Es necesario considerar que en lo que respecta a los humedales, estos pueden verse modificados por dos tipos de causas: **i) naturales**, las cuales son determinadas sustancialmente por el sistema natural de la cuenca, tales como la morfología de la cuenca, el substrato del curso fluvial, clima³⁷, geología, volcanismo, escorrentía, vegetación natural o nativa, y **ii) antrópicas**, las cuales corresponden a las actividades humanas que se desarrollan en la cuenca hidrográfica y que se asocian a los usos del agua, uso del suelo de la cuenca y sus interacciones con el ecosistema acuático. Esta clasificación es importante de destacar, en el entendido que los humedales no solo se verán afectados por impactos directos sobre los OP que los conforman, sino que también por impactos que afecten a otros elementos del medio ambiente que forman parte del entorno de estos ecosistemas.

En este sentido, un proyecto o actividad que genera un impacto sobre un componente ambiental en específico puede generar impactos a nivel ecosistémico (por ejemplo, alteración en la cadena trófica), debido a que las interacciones entre los componentes que conforman los ecosistemas condicionan la dinámica, funcionamiento y servicios de estos. Tal como se verá más adelante, este es el caso de proyectos que, al disminuir la cantidad de agua, afectan al humedal completo, en circunstancias en que el agua actúa como componente articulador, sustento y fundamental para la existencia de este tipo de ecosistemas.

A su vez, cabe considerar que, por efectos del cambio climático, es previsible una variación en la disponibilidad del recurso hídrico en el territorio nacional, la cual puede generar una sinergia negativa³⁸ con las obras y acciones de un proyecto³⁹. Por lo tanto, es necesario que

36 Las guías de descripción de proyecto contienen la descripción de las partes, obras y acciones de un proyecto, en consideración a su localización y temporalidad, así como sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos, productos y servicios generados, la normativa aplicable a la tipología del proyecto, Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) que les son aplicables, así como una identificación general de posibles situaciones de contingencia y emergencia.

37 Los efectos que genera el cambio climático sobre los sistemas hídricos son de especial relevancia, por ejemplo, aumentando la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

38 Aquellas que son resultado de la combinación de los impactos ambientales o riesgos asociados al proyecto y el riesgo climático, cuya interacción genera un efecto negativo mayor al generado por cada una de forma separada.

39 Para más información respecto de los efectos del cambio climático en el territorio nacional y amenazas en torno a la falta de disponibilidad de agua, se sugiere acceder al "Atlas de riesgos climáticos Arclim" del Ministerio de Medio Ambiente, disponible en el sitio web, <https://arclim.mma.gob.cl/>.

la caracterización del componente hídrico se realice considerando este comportamiento futuro razonablemente previsible y que la predicción de impactos se efectúe en este escenario. A su vez será necesario considerar los impactos acumulativos y sinérgicos que puedan presentarse con otros proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aun cuando no se encuentren operando.

3.3.2 Factores generadores de impactos según ecotipos de humedales

Como se indicó en el numeral 2.2 de la presente Guía, la identificación de la clase de ecotipos aporta en el entendimiento de la dinámica de las variables o componentes del humedal y la forma en que se pueden alterar a causa de un FGI.

Hay que tener en cuenta que los humedales son altamente complejos en relación con las interacciones de sus componentes, por lo que la alteración de un OP afecta a otros, pudiendo involucrar tanto un componente de carácter abiótico como uno biótico, o en el sentido contrario. Asimismo, las interacciones entre FGI pueden ser múltiples, y presentarse a diferentes escalas temporales y espaciales. Por ejemplo, la extracción de áridos puede provocar cambios en la cantidad o calidad del agua y puede ocasionar impactos acumulativos al interactuar con otros proyectos que intervienen el mismo recurso hídrico como es la generación de energía hidroeléctrica o actividades mineras. De tal modo, los impactos generados por varios FGI producen impactos acumulativos sobre un mismo componente, como el agua superficial, el humedal mismo o los SSEE que provee a la comunidad.

A continuación, se describe las interrelaciones más críticas entre componentes sensibles de un ecotipo de humedal y potenciales FGI.

Los **humedales costeros de intrusión salina** se ven afectados por el aumento del nivel del mar y la extracción de agua dulce (White y Kaplan, 2017). Se identifican principalmente FGI que tienen que ver con las aguas superficiales (Acreman *et al.*, 2007), por ejemplo, las obras en el cauce, el manejo de las aguas de escorrentía, la construcción de embalses o la extracción de áridos en ríos, ya sea ubicados en el borde costero o aguas arriba del humedal. Este tipo de humedales **son sensibles a cambios en la conectividad hídrica del humedal con el mar**, los caudales superficiales o en aspectos de la migración de peces. Por ejemplo, el manejo de las aguas de escorrentía puede afectar la cantidad y variabilidad del agua superficial, impactando con ello la interacción con la vegetación hidrófita y helófita, así como la presencia de peces e invertebrados.

Por su parte, los **humedales continentales de evaporación** son particularmente sensibles en los tapetes microbianos, que corresponden a esas delgadas láminas de microorganismos (principalmente bacterias) que se desarrollan en las superficies sumergidas o húmedas. Esto se relaciona directamente con su interacción con el agua superficial. Ejemplos de FGI que tienen incidencia crítica en este tipo de humedales son la deposición de relave minero en la cubeta o

el manejo de drenes y filtraciones en relaves. Este tipo de actividades de acondicionamiento y disposición de relaves impacta directamente en la calidad y cantidad del recurso hídrico, afectando la producción primaria de tapetes microbianos y producción secundaria de avifauna (por ejemplo, flamencos). También existe un impacto potencial de afectación por bombeo de agua subterránea, generando disminuciones del espejo de agua con la consiguiente posibilidad de pérdida de especies extremófilas, por ejemplo, *Heleobia atacamensis* que al momento se ha descrito solo en las vegas de Tilopozo, al sur del desierto de Atacama⁴⁰.

Los **humedales continentales de escorrentía** se caracterizan por tener una matriz acuosa sedimentaria con sedimentos finos y materia orgánica particulada. Algunos ejemplos de FGI en estos humedales son las obras en cauces, la construcción de embalses y la extracción de áridos en ríos. La extracción de áridos de los ríos y costas está directamente relacionada con el desarrollo de obras de construcción, y actualmente es el recurso mineral más extraído, superando a los combustibles fósiles y la biomasa (Schandl et al., 2016). Al ejecutar este tipo de actividades se altera la interacción del caudal superficial con los tapetes microbianos y la materia orgánica particulada, cuya degradación es importante para los diferentes procesos del humedal, afectando por lo tanto el fitoplancton, las plantas acuáticas, la fauna bentónica, los peces bentófagos e ictófagos, y la vegetación terrestre hidrófila. De esta manera, se alteran las cadenas tróficas que se encuentran en ese ecosistema y estas a su vez impactan otros ambientes aledaños al humedal, así como el paisaje y otros SSEE. La actividad de extracción de áridos también genera una pérdida de suelo hídrico en el cauce y, por lo tanto, de hábitat para la biota.

Por otro lado, los **humedales continentales de infiltración A y B** son aquellos en los que las aguas subterráneas juegan un papel fundamental en la alimentación del humedal por medio de la recarga de agua desde el acuífero hacia el humedal. Por lo tanto, estos humedales son particularmente sensibles a cambios en el nivel freático. Algunos ejemplos de FGI que afectan las aguas subterráneas son la extracción de estas, el acondicionamiento del terreno, la fracturación hidráulica y el transporte, acondicionamiento y construcción de caminos, pues pueden generar que las aguas subterráneas afloren y la recarga hacia el humedal se reduzca o elimine. La afectación de las aguas subterráneas producto de las actividades asociadas a los FGI, en calidad y cantidad, afecta la interacción entre el nivel freático y la vegetación terrestre, los tapetes microbianos y la vegetación hidrófila.

Los **humedales continentales de afloramientos subterráneos** por su parte son también sensibles a los cambios en el nivel freático, sin embargo, dependen mucho de las características del acuífero y del suelo o vegetación que forman parte de ellos. Algunos ejemplos de FGI críticos para este tipo de humedales son la construcción de túneles y piques o el manejo de drenajes y filtraciones en la deposición de relaves. Este tipo de actividades puede disminuir la

⁴⁰ La descripción de la especie se puede encontrar en <https://clasificacionesppecies.mma.gob.cl/>.

velocidad con que se proporciona agua por parte del acuífero, afectando la carga de nutrientes a las plantas acuáticas o la producción primaria de vegetación terrestre hidrófila.

Los **humedales continentales de ácidos orgánicos** se caracterizan por tener una interacción entre las aguas superficiales o subterráneas con la vegetación arbórea. Algunos ejemplos de FGI en este tipo de humedales son aquellos asociados a proyectos que tienen el potencial de afectar aguas superficiales y subterráneas, por ejemplo, obras en el cauce o la explotación de yacimientos mediante métodos subterráneos. Al afectar las aguas superficiales y subterráneas, especialmente la escorrentía o el nivel freático, se afectan las plantas acuáticas, la cobertura de vegetación nativa y la estabilidad física del sustrato orgánico.

Finalmente, en los **humedales continentales de isotermia 0°C** los procesos sensibles son el caudal superficial y la carga de sedimentos finos. Algunos ejemplos de FGI son la extracción de áridos en ríos, las obras en cauce, o el manejo y disposición del agua de escorrentía de superficie. La alteración en las aguas (calidad, cantidad y temporalidad) hace que se alteren los sedimentos finos, la temperatura del agua, la producción primaria planctónica; y, por ende, también se afecta la fauna bentónica, los peces y la vegetación terrestre arbórea.

3.

3.4 Identificación de impactos sobre objetos de protección

La letra b) del artículo 11 de la Ley N°19.300 establece que, en el marco de la evaluación de impacto ambiental, se debe analizar si el proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. Como se indica en el paso 4 de la Figura 6 (numeral 3.2 de la presente Guía), es necesario identificar los posibles impactos que generan los FGI por cada OP.

Como se señala en la “Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables” (segunda edición) (SEA, 2023a), se entiende por cantidad de un recurso natural renovable su superficie, tamaño, volumen, caudal, nivel, extensión, número de individuos, así como otras variables que dan cuenta del haber del recurso, las que dependerán del tipo de recurso que se trate. Por su parte, la calidad de un recurso natural renovable se refiere a la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. Puede referirse a su estructura, composición, estado, condición y clase, entre otros, dependiendo de la particularidad del recurso, que para el caso corresponde a los OP pertenecientes a los humedales, es decir, cantidad y calidad de agua, suelo hídrico, la biota asociada a estos y el humedal como ecosistema y como oferente de SSEE.

En la Tabla 5 se presenta un listado de potenciales impactos que un proyecto o actividad puede generar sobre estos OP y la biodiversidad en general. Cabe mencionar que esta lista no es exhaustiva y, por lo tanto, no incluye todos los potenciales impactos que se pueden generar. Además, se debe tener presente que los impactos listados pueden o no ser considerados significativos, dependiendo de cada situación particular.

Tabla 5. Ejemplos de impactos sobre los objetos de protección pertenecientes a humedales

OBJETO DE PROTECCIÓN	TIPO DE IMPACTO	EJEMPLO DE IMPACTOS
Suelo hídrico	Cambios en la cantidad y calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelo por extracción • Pérdida de calidad de suelo por relleno • Compactación del suelo • Activación de procesos erosivos o erosión del suelo y riberas • Alteración del régimen sedimentológico • Cambio o deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Cambio en la textura o granulometría - Cambio de la capacidad de drenaje por impermeabilización, compactación, relleno o construcción de drenes - Modificación de los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como: <ul style="list-style-type: none"> » pH » potencial oxidación-reducción (redox) » materia orgánica » sustancias contaminantes
Aguas terrestres superficiales	Cambios en la cantidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Ascenso o descenso del nivel de agua • Alteración del régimen de caudales y su estacionalidad natural • Modificación de la zona de inundación • Cambios en variables hidrológicas del balance hídrico (por ejemplo, escorrentía superficial y subterránea)
	Cambios en la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua: <ul style="list-style-type: none"> - Cambio en propiedades físicas tales como temperatura, turbiedad y conductividad - Cambio en propiedades químicas tales como contenido de oxígeno, pH, concentración de sustancias químicas como nitrógeno (N), fósforo (P), metales y compuestos orgánicos - Cambio en propiedades microbiológicas tales como la concentración de coliformes
	Otras alteraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de cauces y riberas • Modificación de la red de drenaje • Modificación en la hidrodinámica lacustre y fluvial

OBJETO DE PROTECCIÓN	TIPO DE IMPACTO	EJEMPLO DE IMPACTOS
Aguas subterráneas	Cambios en la cantidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en el patrón de infiltración o recarga • Alteración del flujo subterráneo pasante • Cambio en los niveles de agua subterránea
	Cambios en la calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua: <ul style="list-style-type: none"> - Cambio en propiedades físicas tales como temperatura, turbiedad y conductividad - Cambio en propiedades químicas tales como contenido de oxígeno, pH, concentración de sustancias químicas como N, P, metales y compuestos orgánicos - Cambios en propiedades microbiológicas del agua tales como contenidos de coliformes
Biota	Cambios en la cantidad y calidad de flora y fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de individuos o ejemplares de una población de flora o fauna • Perturbación de fauna • Modificación de las estructuras poblacionales y comunitarias de la flora o fauna, generando cambios en sus propiedades, tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Abundancia (cobertura, densidad, biomasa, número de individuos) - Estructura de edad y sexo - Movimientos migratorios. - Potencial reproductor (reclutamiento, fertilidad) - Modificación de las condiciones fisiológicas de los ejemplares (peso, tamaño, movilidad, otros) • Invasión de ejemplares de flora o fauna
Ecosistema humedal	Cambios sobre la dinámica y estructura del ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de comunidades • Pérdida de hábitats por reducción de superficie del humedal, desecamiento de humedales • Fragmentación de hábitats, causando pérdida de conectividad biológica e hidrológica dentro y entre humedales adyacentes, y entre el agua superficial y subterránea que lo constituye • Menoscabo de la composición, estructura y funcionamiento del ecosistema, en vista de los componentes bióticos, abióticos y las interrelaciones que estos mantienen • Afectación estructural de las cadenas tróficas

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se presenta un análisis sistemático entre los ecotipos de humedales considerando sus componentes más sensibles y la clasificación de FGI presentada anteriormente, a partir de los cuales se ejemplifican los impactos más comunes producidos a partir de un determinado FGI.

Tabla 6. Ejemplos de impactos comunes por ecotipo basado en FGI generales

CLASE DE ECOTIPO	COMPONENTES SENSIBLES DEL HUMEDAL	ATRIBUTOS Y PROCESOS SENSIBLES DEL HUMEDAL	EJEMPLO DE IMPACTOS POR FACTOR GENERADOR				
			OBRAS Y ACCIONES EN EL CAUCE	BOCATOMAS O CAPTACIONES DE AGUA PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUA COMO INSUMO DEL PROCESO	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO PARA CONSTRUIR O HABILITAR PARTES Y OBRAS DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS TEMPORALES O PERMANENTES	OBRAS O INSTALACIONES QUE DESCARGUEN EFLUENTES A HUMEDALES
Intrusión salina	Vegetación hidrófila, plantas acuáticas dulceacuícolas, Vegetación terrestre halófila.	Conectividad hídrica del humedal con el mar (barra terminal), caudal marino y caudal agua dulce (superficial y subsuperficial). Migración de peces.	Alteración en el régimen del caudal.	Alteración del régimen del caudal.	Pérdida de individuos o comunidades de flora o vegetación. Modificación o pérdida de hábitat para la flora o vegetación.	Fragmentación del hábitat.	Cambio en la calidad del agua.
Evaporación	Tapetes microbianos – vegetación hidrófila e higrófila.	Caudal agua dulce y nivel freático.	Alteración en la conectividad hídrica.	Reducción de la recarga.	Disminución de la población microbiana en el suelo.	Fragmentación y pérdida de hábitat.	Cambio en la calidad del agua por aumento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
Escorrentía	Contenido Materia Orgánica Particulada Gruesa (MOPG) proveniente de flora terrestre nativa. Briófitas, fitoplancton, vegetación hidrófila, tapetes microbianos, macroinvertebrados bentónicos y peces.	Caudal superficial, estabilidad física sustrato, tiempo de residencia, concentración de nutrientes, desarrollo de fitoplancton.	Alteración del régimen sedimentológico. Modificación o fragmentación de hábitat.	Alteración del régimen del caudal y régimen sedimentológico.	Cambio en la calidad del agua por disminución del contenido de materia orgánica.	Erosión.	Proliferación de algas.
Infiltración A	Vegetación hidrófila, tapetes microbianos, contenido Materia Orgánica Particulada Gruesa (MOPG), peces bentófagos.	Nivel freático.	Alteración en la interacción río-acuífero.	Cambio en el patrón de recarga.	Disminución de cobertura vegetacional.	Cambio en el patrón de infiltración o recarga.	Cambio en la calidad de las aguas subterráneas.
Infiltración B	Plantas acuáticas, vegetación higrófila.	Nivel freático.	Alteración en la interacción río-acuífero.	Cambio en el patrón de recarga.	Compactación del suelo, cambio en el patrón de infiltración.	Cambio en el patrón de infiltración o recarga.	Cambio en la calidad de las aguas subterráneas.
Afloramientos subterráneos	Plantas acuáticas.	Carga de nutrientes-plantas acuáticas, caudal (velocidad), nivel freático.		Alteración de individuos o poblaciones por captación de agua.	Cambio en el patrón de infiltración o recarga.	Fragmentación del hábitat.	Cambio en la calidad de las aguas subterráneas.
Ácidos orgánicos	Plantas acuáticas.	Cobertura vegetación nativa, estabilidad física sustrato orgánico.		Reducción de agua para vegetación y fauna.	Disminución de población de especies nativas.	Erosión.	Contaminación de suelos.
Isotermia 0° C	Fauna bentónica/planctónica - peces, vegetación terrestre arbórea.	Caudal-carga sedimentos finos.	Alteración del régimen sedimentológico	Alteración del régimen del caudal.	Disminución de cobertura vegetacional.	Fragmentación del hábitat.	Cambio en la calidad del agua.

3.5 Aproximaciones conceptuales para el análisis ecosistémico

Una herramienta para facilitar el análisis ecosistémico es la construcción de **modelos conceptuales** en torno a las relaciones entre los componentes clave, funciones y relaciones de funcionamiento. Los modelos conceptuales ecosistémicos tienen como objetivo desarrollar una comprensión de los procesos que ocurren en los ecosistemas (ver Figura 8).

Este enfoque ayuda a entender la complejidad de los ecosistemas y centrar la atención en aquellas partes que son importantes, cuyas funciones y procesos finalmente proveen de SSEE. Un modelo conceptual puede permitir la generación de hipótesis y centrar la investigación relevante (Daily *et al.*, 2009; Ostrom, 2009; y Potschin-Young *et al.*, 2018). También puede servir como un primer paso hacia desarrollar modelos y herramientas dinámicas para fortalecer la descripción de las AI sobre humedales de manera sistémica y holística.

En el caso de los humedales, una vez conocida la espacialización de los FGI del proyecto o actividad, es necesario caracterizar la columna de agua/acuífero, así como los suelos hídricos, e identificar al interior de estos los distintos grupos de organismos que los habitan o que dependen de él, es decir, identificar los elementos constituyentes de los ecosistemas de humedales, en particular, los hábitats y las especies que los componen. En este sentido, se debe tener en cuenta las distintas relaciones de cada grupo, tanto entre organismos, así como con el medio físico, de tal forma de considerar dentro de su hábitat, todos los sitios donde se desenvuelven las distintas especies hidrobiológicas que conforman la biota acuática y desarrollan las etapas de sus ciclos de vida, como son los sitios de forrajeo, apareamiento, desove, y reclutamiento, entre otros. A su vez será relevante conocer la variabilidad estacional de los componentes ambientales y del ecosistema en su conjunto, identificando los SSEE que ofrece.

Tal como se indicó para el paso 3 en el numeral 3.2 de esta Guía, resulta imprescindible identificar el medio en que se producirán los efectos, es decir, si corresponde a extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Una referencia primordial es el inventario nacional de humedales que permite conocer la tipología de humedal y su localización. Como se mencionó anteriormente, esta es una herramienta en continua actualización y por consecuencia habrá humedales que aún no han sido catalogados en el inventario y será responsabilidad del titular identificar si se está frente a un humedal y sus características, de acuerdo con los criterios mencionados en el numeral 2.1 de esta Guía.

Específicamente, en cuanto a los sistemas fluviales, es necesario conocer la clasificación del orden de la cuenca hidrográfica, lo cual permite concluir respecto del grado de ramificación del sistema de drenaje del cuerpo fluvial hacia cuerpos de mayor orden (Horton, 1945). También se debe considerar la zonación longitudinal, en general, conformada por un tramo alto o de cabecera, un tramo medio o piedemonte, y un tramo bajo o de llanura. No obstante,

esta clasificación puede ser complementada con otro tipo de zonificación, como la propuesta de (Illies y Botosaneanu, 1963), que corresponde a una zonación más universal, basada en la temperatura de las aguas, el ancho del cauce (ambos ligados a la magnitud de los caudales), y su relación a las confluencias de unos ríos con otros, siendo clasificados los diversos tramos de los ríos en crenón, ritrón y potamón.

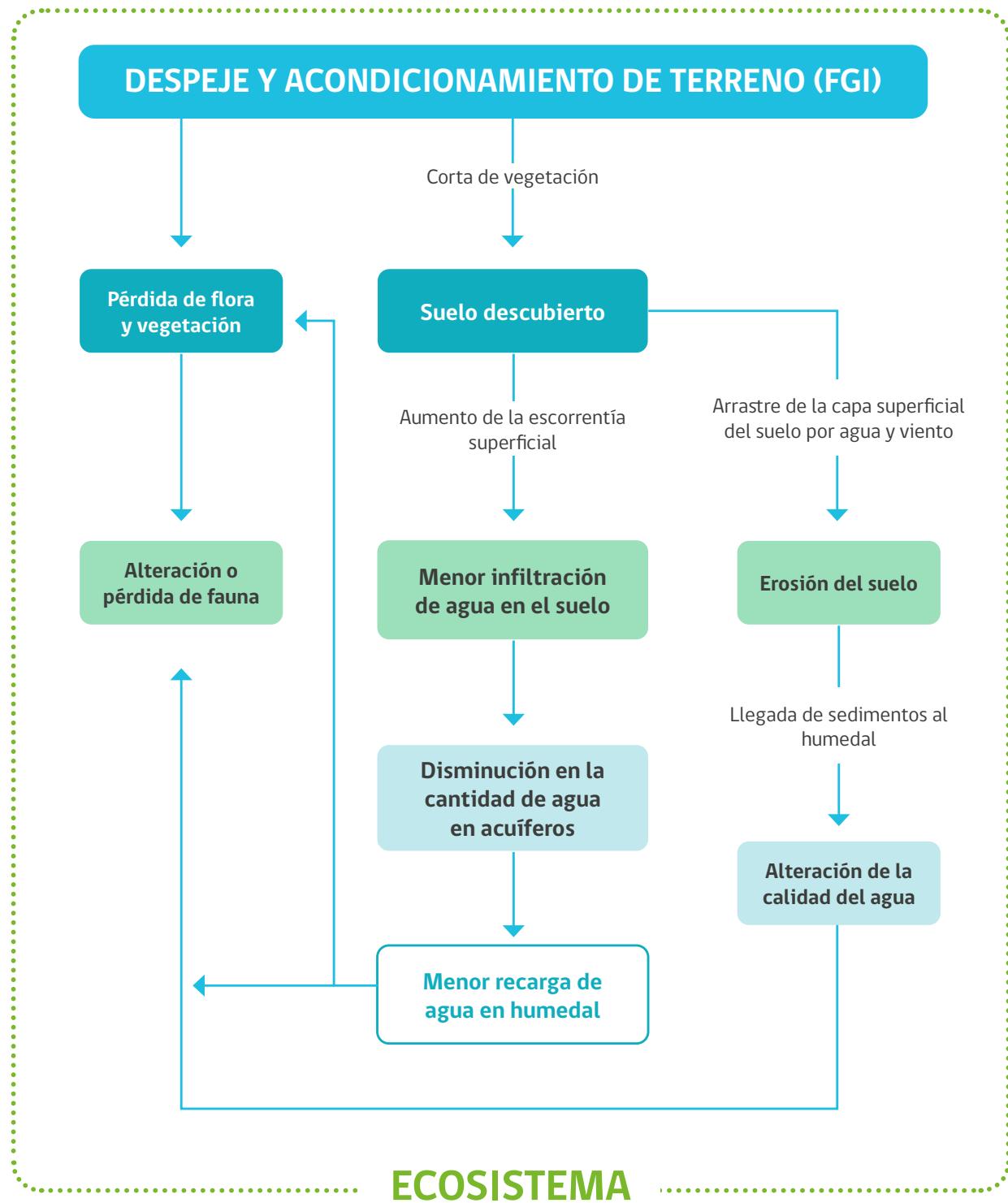
En este mismo sentido, la “Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA” (SEA, 2016), presenta criterios respecto a cómo debe ser descrito el sistema fluvial, por medio de una caracterización hidrológica, morfológica, fisicoquímica, ecológica, de zonas ribereñas y antrópica. En este mismo documento también se profundiza en la descripción de los diferentes tipos de hábitats presentes en un tramo del río asociados a las formas del lecho, o mesohábitats, los cuales son relevantes para retratar la diversidad de hábitats físicos y que suele inducir a una mayor diversidad y abundancia de especies acuáticas.

Otro aspecto muy relevante para la caracterización de los humedales vinculados a sistemas fluviales, y posterior identificación de efectos, es comprender las **relaciones causa-efecto** entre una acción del proyecto y un efecto ecológico a lo largo del río, conocido como la teoría del “río como un continuo” (Vannote et al., 1980). Por ello se torna de gran importancia, entre otras cosas, caracterizar la hidrología del río en relación con la dinámica de la escorrentía superficial y subterránea asociada al mismo, de tal forma de establecer si se trata de un río efluente (río ganador) o influente (río perdedor) en el tramo a caracterizar.

Tan importante como lo anterior, es la conceptualización de la **naturaleza cuadri-dimensional de un sistema fluvial** (Ward, 1989), que también es aplicable a un sistema lacustre. Esto implica reconocer que la estructura, la funcionalidad y los procesos involucrados en todos los humedales se expresan en cuatro dimensiones, tres de carácter espacial (longitudinal, transversal y vertical) y una temporal (tiempo). Considerar esta cuadri-dimensionalidad ayuda a la comprensión de la dinámica de los sistemas acuáticos, y facilita la comprensión de las consecuencias de la intervención de estos sistemas por proyectos de inversión. Por ejemplo, la construcción de un embalse en un curso fluvial implica una fragmentación de este continuo aguas abajo de la afectación del proyecto, ya que puede alterar tanto espacial como temporalmente los componentes de naturaleza abiótica de los humedales. Lo anterior puede ser por el cambio en el régimen de caudal, alterando la calidad del agua y de los sedimentos, o la dinámica del transporte de sedimentos; así como alterando los componentes de naturaleza biótica, por medio de la pérdida de hábitats para la fauna, pérdida de individuos de la flora y fauna acuática, entre otros.

Más adelante se presentan los principales descriptores de los OP presentes en los humedales y casos de ejemplos para la delimitación del AI.

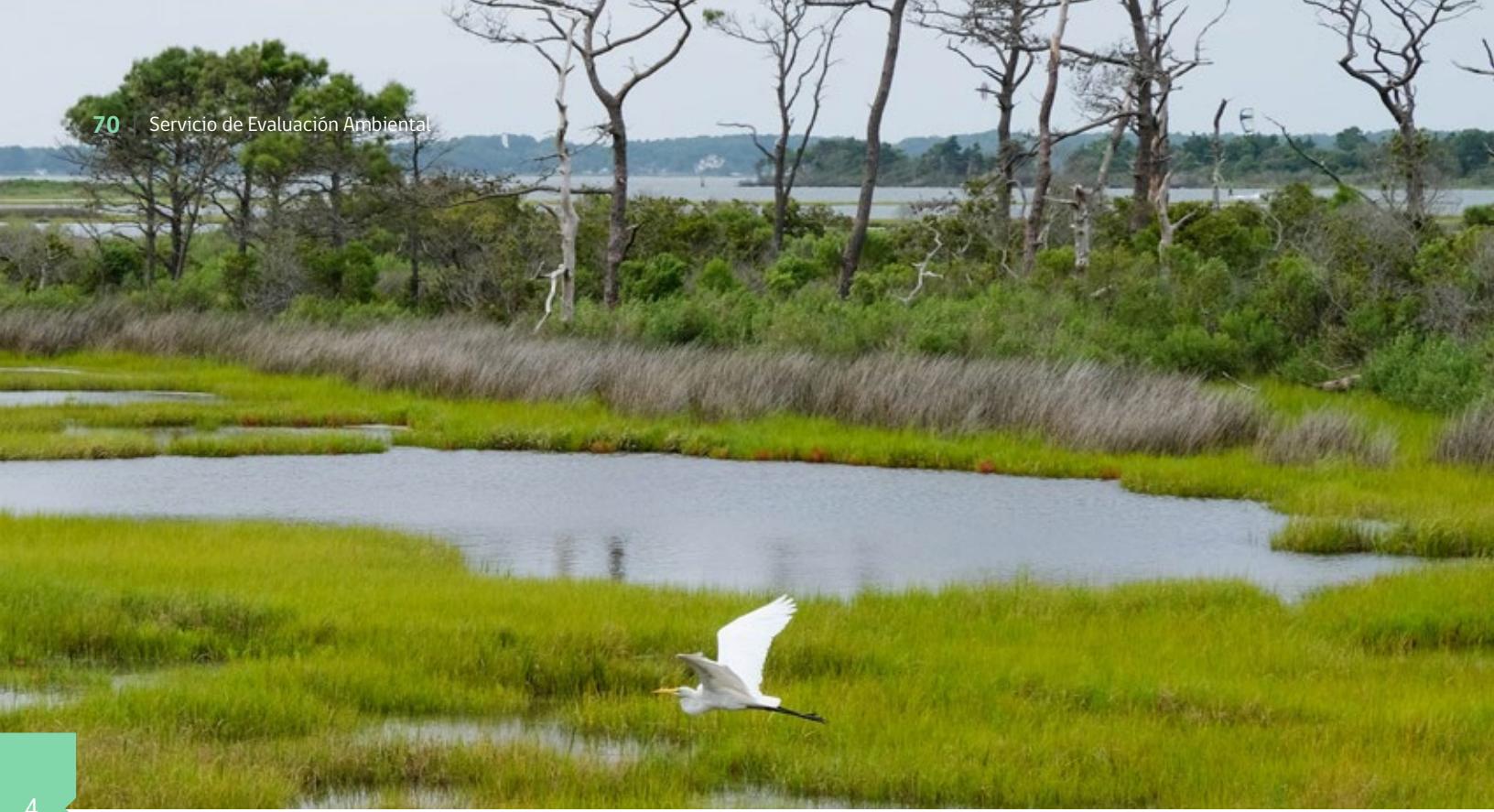
Figura 8. Ejemplo de modelo conceptual de impactos a nivel de ecosistema.



Fuente: elaboración propia.



4. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA



4.

4. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA

Los proyectos cuyas acciones y obras interactúen con humedales, deben definir las AI considerando todas las áreas donde se presentan sus impactos. Una vez delimitadas las AI se deben describir de manera general los atributos de los OP receptores de impacto, caracterizando la condición basal de cada uno.

En una primera instancia se debe definir la localización y el tipo de humedal que se verá afectado, para lo cual es necesario conocer la cuenca hidrográfica o hidrológica y las áreas de drenaje en las cuales se ubica el proyecto o actividad, estableciendo si se trata de: i) sistemas lénicos (lagos y lagunas); ii) sistemas lóticos (cuerpos fluviales); iii) ambientes riparianos o palustres; iv) sistemas estuarinos; v) naturales o artificiales; y vi) permanentes o intermitentes. Junto con esto, se debe describir de manera general la calidad y cantidad de agua, el suelo hídrico, así como la biota presente en estos.

Para poder homologar y comparar los humedales que se describen como parte del AI en el listado contenido en el inventario nacional de humedales **se solicitará que se identifiquen al menos los dos primeros órdenes de la clasificación utilizada para este fin** (ver Tabla 7). En el Anexo 2 se incluye la clasificación completa de humedales utilizada en el inventario nacional de humedales.

Tabla 7. Primeros órdenes de la clasificación utilizada en el Inventario nacional de humedales

ORDEN 1	ORDEN 2
1. Marinos y costeros	1.1 Estuarinos
	1.2 Lago salado
	1.3 Lagunar
	1.4 Marino
2. Continentales	2.1 Lacustres
	2.2 Palustres
	2.3 Ribereños
3. Artificiales	3.1 Áreas de almacenamiento de agua
	3.2 Explotación de sal

Fuente: elaborado a partir de Edáfica, 2020

4.

La descripción general del AI debe contener la información o antecedentes necesarios que permitan justificar la inexistencia de impactos significativos, debiendo tener el nivel de detalle suficiente para alcanzar este fin, tanto en una DIA como en un EIA. En un EIA también se debe presentar una descripción detallada del AI respecto de los elementos ambientales que son receptores de impactos significativos, que dan origen a la necesidad de presentar un EIA.

Cabe destacar que, para efectos del SEIA, se le denomina **línea de base** a la descripción detallada de los componentes ambientales ubicados dentro del área sujeta a impactos significativos.

Como ya se ha indicado, la generación de impactos sobre un componente ambiental se delimita geográficamente con la determinación de su AI, sin embargo, es posible que en solo una sección de esta área se presenten impactos significativos (ver Figura 9). La caracterización de los componentes ambientales dentro de estas áreas tiene por objetivo que la información levantada permita predecir los impactos, así como evaluar la significancia de estos y finalmente definir medidas o compromisos voluntarios efectivos. Así también la caracterización será clave al momento de delimitar la sección del AI que presenta impactos significativos o donde se descartan los ECC, lo cual podría requerir tanta profundidad como una línea base, dependiendo de la complejidad del caso o el tipo de proyecto.

Figura 9. Área de influencia y sección con impactos significativos

Fuente: elaboración propia

Entendiendo los humedales como sistemas de alta interrelación y dependencia entre componentes, se debe seleccionar el levantamiento de información siendo consecuentes con estas interacciones. Es muy probable que la ocurrencia de impactos sobre el agua o sedimentos tenga como consecuencia impactos sobre la vegetación y la fauna y, por lo tanto, será necesario que la descripción de los primeros considere que constituyen hábitat de especies. En este sentido, se recalca que la interrelación y dependencia puede ser desde los componentes abióticos hacia los bióticos y viceversa.

Los atributos listados en la letra e) del artículo 18 del Reglamento del SEIA son las cualidades o propiedades de un determinado componente ambiental que permiten caracterizar detalladamente cada OP receptor de impactos. En el caso de los humedales, los contenidos que corresponde describir detalladamente, es decir, la línea de base, son los establecidos en el literal e.3) para los ecosistemas acuáticos continentales, donde se incluye información asociada a la calidad de agua y sedimentos, así como la biota que pertenece a dichos humedales. Se considera en la descripción la identificación, ubicación, distribución, diversidad y abundancia de las especies que componen los ecosistemas existentes, identificando aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de conservación de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley N°19.300. Adicionalmente, se debe describir las relaciones existentes con el medio físico y con los ecosistemas terrestres y marinos.

A su vez y, según lo establecido en el artículo 18 letra e) del Reglamento del SEIA, dentro de los atributos de los componentes ambientales que se debe describir se encuentran los contenidos listados en la letra e.11), correspondientes a *"proyectos o actividades que cuenten*

con Resolución de Calificación Ambiental vigente, aun cuando no se encuentren operando (...)". Esto último se debe considerar teniendo a la vista los potenciales impactos acumulativos y sinérgicos.

En relación con el artículo 8º del Reglamento del SEIA y la presencia de humedales, es de particular importancia identificar si en el AI se presentan las siguientes circunstancias:

- Humedales ubicados en o próximos a poblaciones protegidas de pueblos indígenas.
- Humedales ubicados en o próximos a recursos protegidos, como especies en categoría de conservación, especies declaradas monumento natural o zonas declaradas como reservas de agua⁴¹.
- Humedales ubicados al interior o próximos a un área protegida.
- Humedales de importancia internacional o sitios Ramsar⁴².
- Humedales urbanos declarados por el MMA⁴³.
- Humedales declarados sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad⁴⁴.
- Acuíferos que alimentan vegas, pajonales y bofedales de las regiones de Arica y Parinacota, de Tarapacá, de Antofagasta, de Atacama y de Coquimbo⁴⁵.
- Valor ambiental del territorio que preste SSEE locales que presente nula o baja intervención antrópica, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad.

4.

En particular, respecto de la última circunstancia, sobre el valor ambiental del territorio se relaciona especialmente con los ecosistemas de humedales, ya que en muchos casos estos constituyen en sí mismos formaciones únicas, escasas o representativas, además de estar asociados a la prestación de SSEE.

En el siguiente numeral 4.1 se presentan los atributos relacionados con los componentes ambientales presentes en humedales, junto a criterios para la delimitación y justificación de AI mediante la presentación de casos hipotéticos y representativos para efectos de esta Guía.

⁴¹ Referencia al artículo 5º ter, Ley N°21.435, del 2022, que Reforma el Código de Aguas, del Ministerio de Obras Públicas.

⁴² Considerados como humedales protegidos.

⁴³ Considerados como áreas protegidas.

⁴⁴ Referido al anexo del Ordinario SEA N°100143, del 15 de noviembre de 2010, que imparte instrucciones sobre sitios prioritarios para la conservación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en el Centro de documentación www.sea.gob.cl.

⁴⁵ Referido al anexo del Ordinario SEA N°100143, del 15 de noviembre de 2010, que imparte instrucciones sobre sitios prioritarios para la conservación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en el Centro de documentación www.sea.gob.cl.

4.1 Atributos para la descripción y casos de delimitación del área de influencia por objeto de protección

4.1.1 Agua subterránea

En este numeral se abordan los principales descriptores relacionados a distintas áreas de estudio que proporcionan información referente a los atributos del agua subterránea, junto con entregar criterios generales para la delimitación de las AI. Complementariamente los titulares y evaluadores deben tener en consideración el documento "Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico" (SEA, 2022b).

En primera instancia, el titular debe realizar una recopilación, revisión y análisis de la información existente relacionada a geología, hidrogeoquímica e hidrogeología. Luego, debe levantar la información necesaria para describir los atributos que se mencionan a continuación. Será responsabilidad del titular evaluar si la información existente es suficiente o si, en caso contrario, es necesario realizar nuevos levantamientos de información complementaria.

• Geología

La recopilación bibliográfica puede basarse en estudios previos, cartas geológicas, estratigrafías de pozos y habilitaciones correspondientes, datos de sondajes y monitoreos geológicos, así como mapas geológicos y estructurales de Sernageomin. En el aspecto geológico el titular debe analizar como mínimo lo siguiente:

- Marco geomorfológico y estructural.
- Mapa geológico (de superficie).
- Contacto roca-relleno.
- Basamento rocoso.
- Perfiles geológicos.
- Estratigrafía generalizada.

La geología en general proporciona información relevante para definir *a priori* las potenciales zonas acuíferas y los suelos que están presentes en la zona de estudio. Es de relevancia que se identifiquen en detalle cada uno de los componentes antes mencionados para realizar la caracterización hidrogeológica, definir las zonas acuíferas y caracterizar el suelo.

Con la información de las unidades geológicas se podría delimitar el acuífero, evidenciando las zonas impermeables o bien las divisorias de agua.

En cuanto a la geomorfología, se debe realizar las siguientes descripciones como factores principales:

- Forma de la superficie del terreno en donde se encuentre localizado el humedal.
- Tipo de la roca.
- Tipo de la meteorización.
- Movimientos tectónicos.
- Rasgos geomorfológicos que pueden indicar la presencia de estructuras (fallas y fracturas).

A modo de complemento se debe tener en consideración factores como clima y vegetación, lo cual contribuirá a la descripción hidrogeológica.

Con la finalidad de servir de apoyo para la caracterización geológica y geométrica que permita un mejor entendimiento del sector acuífero de la zona en estudio, si fuera necesario el titular debe llevar a cabo un análisis de la información disponible de **campañas de geofísica**. El objetivo principal es localizar la profundidad del basamento rocoso, diferenciar las distintas litologías que conforman el relleno sedimentario suprayacente, identificar el nivel de agua subterránea y delimitar las zonas saturadas y no saturadas. Para el caso particular de acuíferos en rocas fracturadas se debe incluir una caracterización estructural del macizo rocoso. Si la información no es suficiente, el titular debe realizar una campaña de exploración geofísica a modo de dar cumplimiento a los objetivos antes descritos. Este análisis será complementario para comprender la hidrogeología de la cuenca, delimitar el acuífero en la vertical e identificar zonas acuíferas gracias a las conductividades eléctricas que presentan las unidades de suelo.

4.

• Hidrogeoquímica

La caracterización hidrogeoquímica permite conocer las condiciones de base que hacen posible el funcionamiento normal del ecosistema del humedal, además de estudios de procedencia de las aguas subterráneas, las rocas con las cuales ha tenido contacto, la edad del agua subterránea, posible contaminación, entre otras. El titular debe realizar un análisis crítico de la información disponible, contando con análisis de calidad de la información y procesamiento de datos, pudiendo además levantar nueva información cuando sea necesario. También es deseable que los datos sean actuales y que permitan describir la variación estacional e interanual de la calidad del agua. Algunos de los parámetros relevantes a considerar son los siguientes:

- pH.
- Temperatura.
- Salinidad y Conductividad Eléctrica (CE).
- Potencial oxidación-reducción (redox).
- O₂ disuelto y saturación.
- Sólidos Disueltos Totales (SDT).
- Sólidos Suspensados Totales (SST).

- Materia orgánica.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).
- Iones mayoritarios.
- Metales, patógenos, pesticidas o hidrocarburos, según corresponda.
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Parámetros necesarios para realizar el balance iónico.
- Análisis de elementos mayores, trazas y trazas especiales.
- Otros parámetros susceptibles de ser alterados por el proyecto.
- Otros parámetros de interés, por ejemplo, los contenidos en la normativa ambiental aplicable o análisis isotópicos cuando sea necesario.

Con esta información se puede determinar la composición de las aguas subterráneas y su procedencia. También es posible establecer su conexión con aguas superficiales y su posible relación con humedales.

4.

• Hidrogeología

La revisión puede basarse en estudios previos de catastrós de pozos existentes, bases de datos de niveles de la napa y pruebas de bombeo. Con los antecedentes disponibles y los generados, el titular debe desarrollar el modelo conceptual hidrogeológico de la zona⁴⁶. En el estudio hidrogeológico de los acuíferos se debe tener especial consideración con la geometría, tanto en planta como en profundidad.

En este marco hidrogeológico se debe tener en consideración lo siguiente:

- **Catastro de pozos o puntos de agua y análisis de niveles:** se debe realizar un trabajo de análisis de toda la bibliografía recopilada o información generada por el titular, con el objetivo de identificar y definir la localización y características de las distintas lagunas, cauces superficiales, vertientes, pozos, punteras y piezómetros de las AI del proyecto. Se debe contar, además con los niveles estáticos obtenidos en la recopilación de antecedentes, con la cual se debe construir los hidrogramas de los pozos a modo de entender la evolución de niveles a través del tiempo. Finalmente, se debe construir las curvas piezométricas de la zona de estudio, a modo de comprender el movimiento y la dirección de escurrimiento de las aguas subterráneas. Esto con el fin de identificar posibles afloramientos de agua subterránea que aportan caudal directamente al humedal o a cauces superficiales que posteriormente alimentan el humedal.
- **Análisis de pruebas de bombeo:** se debe analizar toda aquella información disponible en cuanto a ensayos de permeabilidad y pruebas de bombeo u otras pruebas de terreno en el área con el objetivo de definir los parámetros hidráulicos para cada una de las

⁴⁶ Para más detalle se puede revisar la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012).

unidades hidrogeológicas. Con ello se caracterizan hidráulicamente los suelos presentes en el área de estudio y se identifican sus propiedades a modo de definir las posibles zonas acuíferas, lo cual es información esencial para realizar la delimitación de las AI.

- **Unidades hidrogeológicas:** se debe delimitar las distintas unidades hidrogeológicas del sistema (variación en la horizontal y en profundidad) y distribución inicial de parámetros elásticos para cada una, integrando los resultados anteriores (catastro de pozos, análisis de niveles y constantes elásticas) con los del estudio geológico de subsuperficie. Al analizar las propiedades hidráulicas de cada unidad y, en particular su permeabilidad, se podrá inferir respecto de las posibles zonas acuíferas.
- **Interacción humedal-acuífero:** del análisis de la información previa y aquella generada respecto de estratigrafía, geofísica, niveles medidos en pozo y cota del espejo de agua del río, registros estacionales, calidad química del agua y pruebas de bombeos, se puede determinar y validar si existe una interacción entre las aguas superficiales y subterráneas.
- **Balance hídrico:** se debe realizar el balance hídrico de la zona en estudio, identificando los flujos de entrada y salida al sistema. Esta información es esencial para definir si existe contacto entre el humedal y el agua subterránea, y definir los límites del acuífero, información fundamental para la delimitación del AI.
- **Piezometría:** la construcción de la piezometría es esencial en un estudio hidrogeológico y para esto se utilizan los niveles medidos o históricos de pozos de monitoreo o bombeo.

La delimitación del AI para aguas subterráneas se realiza en consideración de los siguientes aspectos generales para el recurso hídrico, en consideración con lo señalado en el "Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico" (SEA, 2022b):

- Identificación de la alteración sobre el cuerpo de agua receptor y la acción u obra que lo genera, detallando ubicación y temporalidad.
- Caracterización del cuerpo de agua receptor, en particular su dinámica, propiedades físicas, químicas y sedimentológicas.
- Considerar que el AI puede extenderse desde el punto de alteración tanto aguas arriba como aguas abajo.
- Interacción del cuerpo de agua receptor con otros cuerpos de agua.
- Estudiar el componente a nivel de cuenca hidrológica, utilizando como criterio de delimitación las líneas divisorias de aguas. Los atributos de la cuenca permitirán entender el funcionamiento de las aguas subterráneas y con ello definir si se generan impactos significativos o bien si se pueden descartar. En este sentido el área de estudio puede exceder los límites de donde se presentan los impactos.

Finalmente, para delimitar el área donde se manifiestan los impactos se puede considerar como criterio la determinación de toda la zona donde es perceptible una alteración del nivel del agua subterránea o de la piezometría.

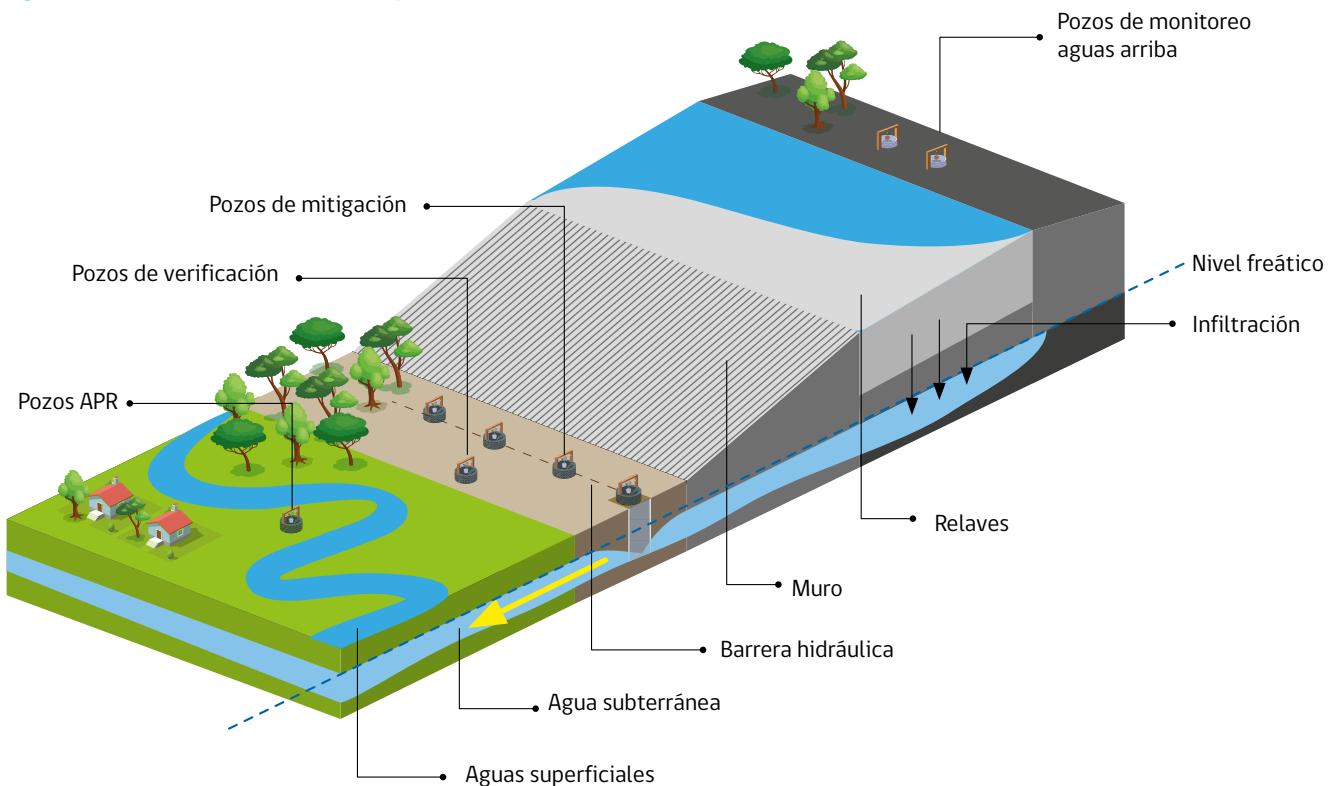
A continuación, se presentan dos casos de impactos sobre el OP aguas subterráneas y los criterios de delimitación utilizados para determinar dichas AI con relación a los atributos mencionados.

Caso 1. Delimitación de AI de OP aguas subterráneas: impacto en la recarga y calidad de agua del humedal

En proyectos donde se presenten infiltraciones (por ejemplo, depósitos de relaves, botaderos, rellenos sanitarios) que puedan alterar la calidad de un acuífero es común que se construya una barrera hidráulica para impedir su paso aguas abajo (ver Figura 10). Esta barrera hidráulica puede comprender pozos de extracción (acuífero profundo), zanjas, o ambos tipos de obras dependiendo de la profundidad del acuífero.

En caso de que existan extracciones del acuífero, principalmente si existe un humedal aguas abajo, se debe asegurar la posibilidad de que las aguas subterráneas puedan aflorar en este. Es indispensable asegurar el aporte de las aguas subterráneas al humedal (en especial si es el único aporte) para mantener el equilibrio acuático y biótico, ya que a pesar de que las partes u obras no afecten en forma directa al humedal es posible generar impactos significativos en la cantidad y calidad de agua que soporta al ecosistema.

Figura 10. Barrera hidráulica en depósito de relaves



Fuente: elaboración propia

En la Figura 10 se observa el muro de un depósito de relaves en planta, la línea amarilla muestra la dirección del agua subterránea, bajo el muro se observan los pozos de extracción (barrera hidráulica) que captan las aguas.

El funcionamiento de la barrera hidráulica estará condicionado por las infiltraciones y el avance de la pluma de contaminantes en el acuífero. Previo a que exista contaminación por infiltración hacia el acuífero (recarga) se activará la barrera hidráulica, extrayendo agua por tiempos prolongados. Generalmente esta agua se descontamina y recircula a la operación minera, pero también puede ser posible su reinyección. A pesar de que exista agua que reingrese al acuífero, la barrera hará variar la cantidad, calidad y eventualmente la variabilidad en el tiempo, por lo tanto, para cuantificar el impacto se debe medir tanto los caudales de extracción como los de inyección.

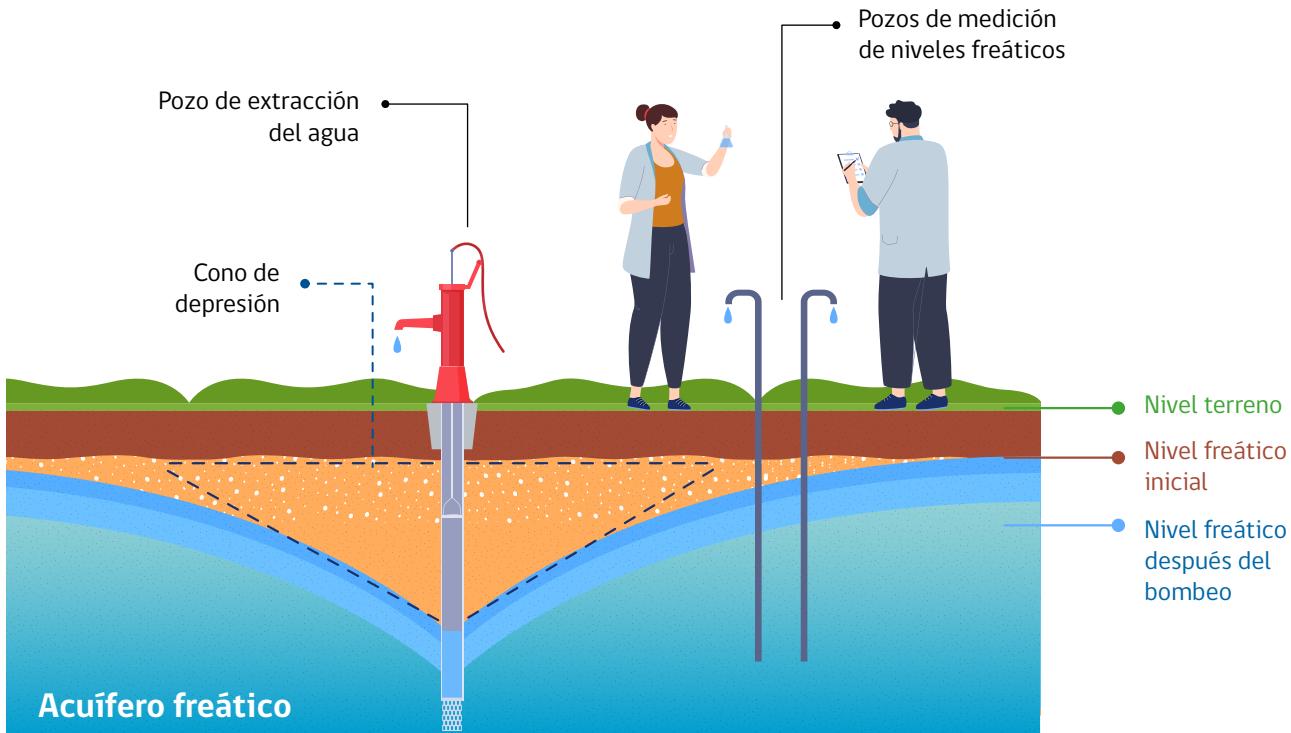
El cálculo de las infiltraciones serán siempre una estimación proveniente de un modelo numérico, el cual tiene un factor de incertidumbre, por lo que la cantidad de caudal a extraer será siempre relativo a ese modelo. Finalmente, el agua extraída provendrá tanto de las infiltraciones como de aguas del mismo acuífero, provocando una variación de las aguas subterráneas hacia aguas abajo, y por ende de los afloramientos hacia humedales. Bajo esa lógica, también se debe incluir en los planes de prevención de contingencias y planes de emergencia, posibles alumbramientos de aguas subterráneas que pudieran afectar algún humedal.

En el caso presentado la delimitación del AI debe realizarse de manera separada para el impacto sobre la calidad y la cantidad de agua, siendo posible que estas difieran entre sí.

En relación con la calidad de agua en el humedal, esta puede verse afectada por la descontaminación (tratamiento de depuración) que se le aplica al agua subterránea, extrayendo nutrientes importantes para la mantención de la biota acuática en el humedal, así como también por la porción de agua contaminada infiltrada desde el relave que la barrera hidráulica no haya sido capaz de capturar. En este tipo de proyectos se debe poner especial énfasis en caracterizar la calidad del agua subterránea y superficial del humedal, idealmente con mediciones mensuales en el humedal mismo o su entorno cercano, abordando al menos un año hidrológico completo. Asimismo, se debe caracterizar la calidad del agua subterránea de todo el tramo entre el humedal y la fuente de contaminación.

Cabe tener presente que este impacto sobre la calidad del agua también tendrá repercusiones sobre la calidad del suelo y sobre la biodiversidad que sostengan estos componentes estructurantes del ecosistema.

Para la definición del AI del impacto sobre la cantidad de agua se debe delimitar al menos por el cono de depresión que genere el campo de pozos (ver Figura 11). Dependiendo de las características de los pozos y caudales extraídos, es posible estimar el radio de influencia que su extracción produce, y por ende hasta qué lugar se extenderá su efecto extractivo. Del mismo modo, en caso de que exista inyección se puede realizar el mismo ejercicio de cálculo de radio de influencia del caudal aportado.

Figura 11. Cono de depresión en un pozo de bombeo

Fuente: elaboración propia, adaptada a partir de ilustración de Adobe Stock.

* El nivel freático inicial se ve disminuido cuando se presenta un bombeo. El cono de depresión tiene un cierto alcance, el cual es denominado radio de influencia.

Caso 2. Delimitación de AI de OP aguas subterráneas: impacto en la cantidad de agua por extracción

El caso siguiente trata de la construcción de un rajo para una minera cuyo FGI es la extracción de agua subterránea para la explotación de mineral en la fase de operación del proyecto.

Esta explotación se ubica sobre un acuífero, el cual podría verse afectado cuando el rajo abierto comience a profundizarse, entrando en contacto con el acuífero. El fondo del rajo podría comenzar a captar las aguas del acuífero ante lo cual la minera debe extraer el agua acumulada. Con esta extracción se generará un cono de depresión en el acuífero, cuyo radio vendrá dado por los caudales de explotación y las características del suelo.

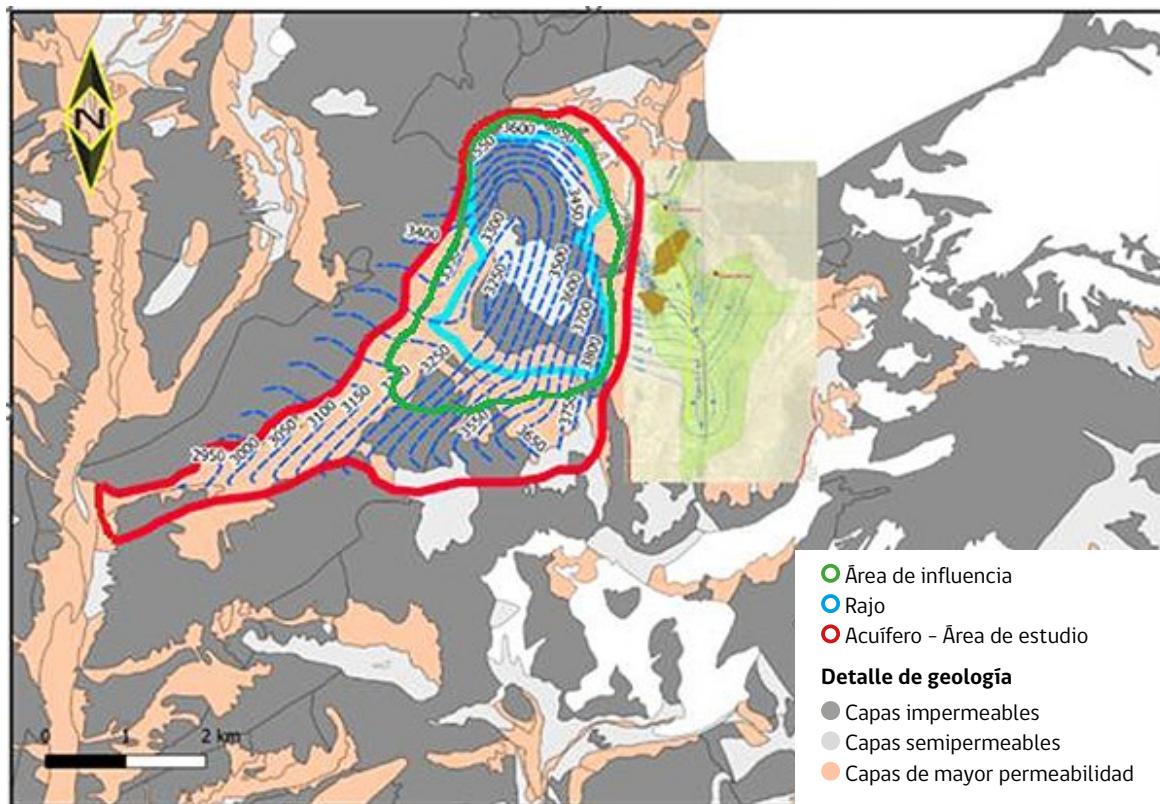
El impacto potencial que esta alteración del acuífero puede tener sobre un humedal es la disminución de la recarga y, por lo tanto, la disminución de la cantidad de agua disponible, lo que a su vez derivará en impactos sobre los demás componentes y el ecosistema en su conjunto.

Un criterio relevante para definir el AI del impacto sobre el acuífero provendrá del cálculo de la extensión máxima donde el cuerpo de agua presente una variación respecto de los niveles naturales de la cuenca y el acuífero, expresado ya sea como una disminución de caudal o por la extensión del alcance del cono de depresión generado.

Para tener certeza de esta información será necesario identificar las zonas impermeables evidenciadas en las unidades hidrogeológicas, lo cual permitirá delimitar la amplitud del acuífero. Esta zona será considerada entonces como área de estudio, dentro de la cual se encontrará el AI (ver Figura 12).

Otra información importante presentada en la Figura 12 son las líneas piezométricas (líneas punteadas en azul), que también aportarán a delimitar el AI al localizarse perpendiculares a las zonas impermeables antes mencionadas.

Figura 12. Delimitación del área de influencia para el OP aguas subterráneas en un proyecto de extracción de mineral en rajo



Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, la definición del AI sobre un cuerpo de agua afectado por la extracción del recurso hídrico necesita contar con información geológica y litología de pozos, así como con los resultados de pruebas de bombeo, entre otros antecedentes. De igual forma, para el

modelamiento del acuífero se debe considerar las extracciones y recargas, modelo conceptual, capas, grilla, condiciones de borde, balance hídrico, representación de objetos de conservación, entre otros aspectos⁴⁷.

En estos casos, la caracterización del recurso hídrico debe poner especial énfasis en caracterizar los niveles de agua subterránea y superficial en el humedal o su entorno cercano, idealmente con periodicidad mensual y al menos durante un año hidrológico, con el objetivo de contar con las condiciones de base o variaciones naturales del agua en el humedal. Asimismo, se debe caracterizar el nivel del agua subterránea de todo el tramo entre el humedal y el FGI (rajo).

Tal como fue mencionado en esta Guía, es necesario recalcar que toda afectación sobre la disponibilidad del OP agua subterránea o superficial, así como la fluctuación de sus niveles, puede tener consecuencias sobre el resto de los componentes que conforman los humedales, como es el caso de la flora y fauna, así como también sobre los SSEE. Las vegas y bofedales son particularmente sensibles porque dependen de la disponibilidad hídrica y los niveles de agua para su mantención y desarrollo.

4.

4.1.2 Agua superficial

Al momento de describir el OP agua superficial, se debe considerar el documento "Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico" (SEA, 2022b). El nivel de detalle de la información dependerá de las circunstancias particulares de cada proyecto, del tipo de análisis que se requiera para demostrar que no hay impactos significativos (DIA), o bien para indicar que se han propuesto medidas de mitigación, reparación o compensación efectivas (EIA) para hacerse cargo de impactos significativos, elaborando un correcto Plan de Seguimiento de las Variables Ambientales (PSA).

La información requerida para caracterizar las aguas superficiales en el AI y cumplir los objetivos señalados anteriormente dependerá del tipo de humedales involucrados y los procesos que determinan la cantidad y calidad de aguas. La descripción podrá incluir lo siguiente:

- **Cantidad de agua**

- Información hidrometeorológica (por ejemplo, temperatura, precipitación, evaporación, evapotranspiración).
- Identificación espacial de todos los cuerpos y cursos de agua superficiales, incluidos aquellos de carácter intermitente, y su relación con los límites de la cuenca y subcuenca, y obras y partes del proyecto.

⁴⁷ Ver "Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012).

- Hidrogramas de cauces naturales y artificiales que muestren las variaciones estacionales e interanuales que permitan caracterizar el tipo de régimen (por ejemplo, nival, pluvial, nivopluvial, lacustre, efímero, intermitente, glacial), magnitud y temporalidad de las crecidas ordinarias e inundaciones de zonas ribereñas, y capturar la periodicidad de fenómenos climatológicos.
- Caracterización del régimen natural de caudales o régimen hidrológico⁴⁸.
- Delimitación y caracterización de las interacciones entre agua subterránea y superficial, incluyendo ecosistemas de humedales dependientes y áreas de descarga y recarga.
- Determinación del balance hídrico de la cuenca o del humedal involucrado (ver también OP aguas subterráneas).

• Calidad de agua

La caracterización permite conocer las condiciones de base que hacen posible el funcionamiento normal del ecosistema del humedal. El titular debe realizar un análisis crítico de la información disponible, contando con análisis de calidad de la información y procesamiento de datos, pudiendo además levantar nueva información cuando sea necesario. También es deseable que los datos sean actuales y que permitan describir la variación estacional e interanual de la calidad del agua. Algunos de los parámetros relevantes a considerar son los siguientes.

- pH.
- Temperatura.
- Salinidad y Conductividad Eléctrica (CE).
- Potencial oxidación-reducción (redox).
- O₂ disuelto y saturación.
- Sólidos Disueltos Totales (SDT).
- Sólidos Suspensados Totales (SST).
- Materia orgánica.
- Clorofila a.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).
- Turbiedad.
- Penetración lumínica.
- Iones mayoritarios.
- Metales, patógenos, pesticidas, hidrocarburos u otros según corresponda.
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo).

⁴⁸ Ver la "Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA" (SEA, 2016).

- 4.
- Parámetros necesarios para realizar el balance iónico.
 - Otros parámetros susceptibles de ser alterados por el proyecto.
 - Otros parámetros de interés, por ejemplo, los contenidos en la normativa ambiental aplicable o análisis isotópicos cuando sea necesario.

Por otro lado, cuando se necesite implementar una medida de compensación de biodiversidad de un humedal se debe tener en consideración los parámetros mínimos que la metodología indica, los que deben ser medidos y comparados tanto en el AI como en el sitio de compensación, tal como señala la “Guía metodológica para compensación de la biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales” (SEA, 2022c).

Para describir las aguas superficiales será relevante entender los procesos clave que determinan el funcionamiento del humedal en cuestión, y en relación con el ciclo hidrológico describir los flujos y almacenamientos, así como la cuenca donde se circumscribe el humedal. Por ejemplo, para los humedales continentales de la clase escorrentía, es fundamental la caracterización el régimen hidrológico, mientras que en un humedal continental clase evaporación, como su nombre lo indica, es más importante caracterizar la evaporación y la estimación de un balance hídrico de largo plazo. Algo similar ocurre en los humedales clase infiltración A o B, donde además se debe incorporar el componente suelo, como precursor del proceso de infiltración.

Al igual que para el OP aguas subterráneas, la delimitación del AI para aguas superficiales se realiza en consideración de los siguientes aspectos generales para el recurso hídrico, de acuerdo con lo señalado en el “Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico” (SEA, 2022b):

- Identificación de la alteración, el cuerpo de agua receptor y la acción u obra que lo genera, detallando ubicación y temporalidad.
- Caracterización del cuerpo de agua receptor, en particular su dinámica, propiedades físicas, químicas y sedimentológicas.
- Considerar que el AI puede extenderse desde el punto de alteración tanto aguas arriba, como aguas abajo.
- Interacción del cuerpo de agua receptor con otros cuerpos de agua.

A continuación, se describen dos estudios de caso orientados a la delimitación del OP agua superficial.

Caso 3. Delimitación de AI de OP aguas superficiales: alteración de la cantidad de agua por acondicionamiento del terreno

En el contexto de la fase de construcción de un proyecto la acción “acondicionamiento del terreno” generará impactos por la modificación de la estructura del suelo y la remoción de la cobertura vegetal. Esto implicará cambios en la cantidad y variabilidad del OP agua superficial al alterar procesos que determinan el balance hídrico, tales como infiltración, escorrentía superficial y evapotranspiración.

En términos generales, el acondicionamiento de terreno puede alterar la calidad del agua en tanto el suelo y la vegetación dejan de ejercer su rol filtrador, en especial cuando la fase de construcción involucra al suelo y a la vegetación ribereña o hidrófila de los humedales. Este efecto en cascada repercute en los caudales de ingreso al humedal, cuya dinámica anual y estacional y sus SSEE se verán impactados por la afectación del OP agua superficial. Incluso cuando el proyecto no se emplaza directamente sobre el humedal, pero sí en el entorno geográfico de la cuenca que alimenta al humedal, también es posible evidenciar alteraciones sobre la estructura ecosistémica de este. Es así como la ubicación del proyecto es un antecedente para la definición del AI del OP agua superficial, lo que permite generar una cartografía preliminar. Este criterio aplica a cualquier tipología de proyecto.

El caso en estudio supone que el proyecto se emplaza en las cercanías de un humedal tipo río y de un área inundada. El área inundada se alimenta principalmente de un pequeño estero y de la escorrentía directa que fluye sobre la cuenca aportante donde se encuentra la misma⁴⁹. Otra particularidad del caso es la extracción de agua para la fase de construcción y operación del proyecto desde el estero que desemboca al área inundada (ver Figura 13).

Durante la fase de construcción del proyecto se planifica realizar un acondicionamiento de terreno para preparar el suelo a la construcción de las obras. Esto implicará cambios en la capacidad de infiltración de aguas lluvias al impermeabilizar parte del área aportante de la cuenca, alterando también procesos de evapotranspiración, escorrentía superficial, recarga al acuífero y los niveles freáticos. En particular la escorrentía superficial se modifica debido a la alteración del coeficiente de escorrentía producto de la impermeabilización del suelo, así como en los procesos de infiltración y evaporación, afectando tanto el área inundada del humedal como el tramo del estero que conecta con la subcuenca donde se localiza el proyecto. Como resultado se proyecta que se generen cambios en el volumen de agua en el área inundada, las dimensiones del espejo de agua, su hidrodinámica, entre otros.

Una vez identificadas las potenciales alteraciones que generan los FGI en la cantidad, calidad y variabilidad del OP agua superficial, es posible delimitar el AI, considerando:

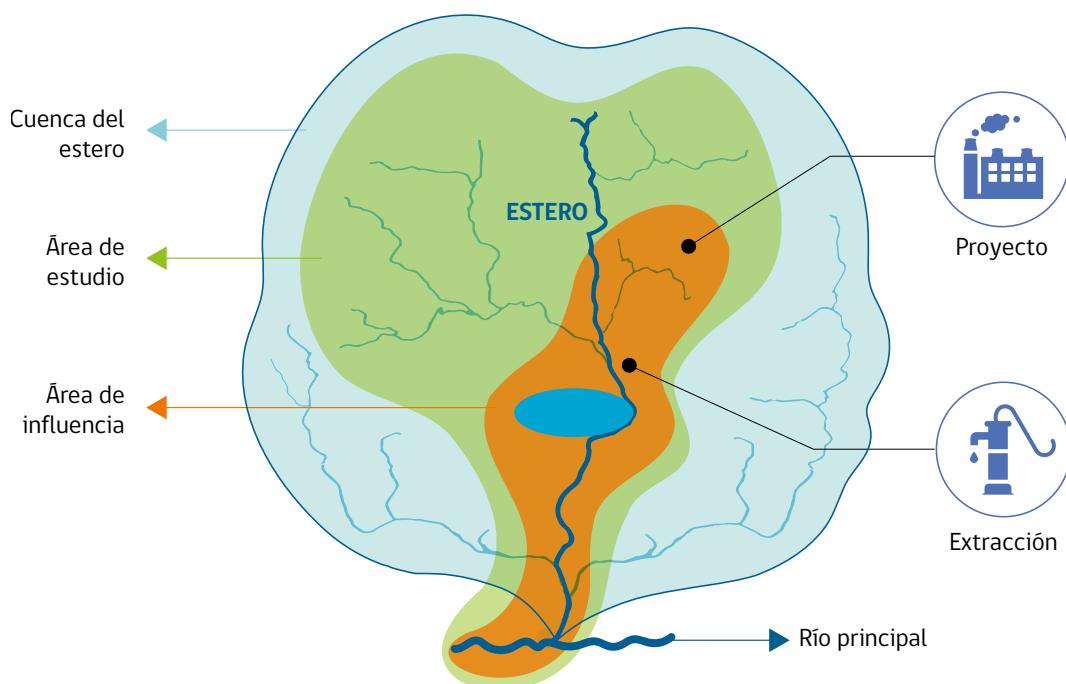
⁴⁹ se recomienda el uso del inventario público de cuencas hidrográficas y lagos de la Dirección General de Aguas (DGA), disponible en el siguiente sitio web: <https://dga.mop.gob.cl/>.

- 4.
- La ubicación física del proyecto y de los FGI
 - La caracterización de la cuenca donde se ubican todos los humedales afectados de forma directa o indirecta.
 - La propagación del efecto de cada FGI sobre dichos humedales a nivel ecosistémico y su relación con otros OP.

En el caso del FGI acondicionamiento del terreno, el criterio de delimitación del AI será **incluir toda la superficie donde se realiza la acción, las subcuenas que conectan con el estero aguas abajo de la acción, la zona de alimentación directa del área inundada, incluyendo al humedal afectado y las subcuenas aguas abajo del proyecto en la medida de que se pueda verificar un impacto en ellas** (ver Figura 13).

Para poder describir de manera assertiva los parámetros hidrológicos y los flujos de entrada al estero, y de esta manera evaluar los impactos, será necesario además considerar dentro del área de estudio las subcuenas río arriba del punto de extracción, lo cual aportará información respecto del funcionamiento hídrico en el AI. Esta área de estudio debe ser parte de la cartografía preliminar señalada en la metodología general de delimitación de AI (numeral 3.1 de la presente Guía).

Figura 13. Área de influencia generada a partir del FGI “acondicionamiento del terreno” y su alteración en la cantidad de OP agua superficial



Fuente: elaboración propia

Si se consideran otros FGI, como extracciones de agua y áridos, descargas de efluentes u otros, se debe proceder de forma similar, determinando si afecta la cantidad, calidad y variabilidad del agua superficial y la propagación del efecto en el espacio, a partir del lugar de intervención, **ya sea en el humedal o sobre humedales interconectados**.

En el caso presentado, la subcuenca receptora de impacto es la cuenca del estero, la cual debe ser caracterizada en al menos lo siguiente:

1. Subcuenca de cabecera del estero;
2. Subcuenca que abastece de agua al humedal;
3. Subcuenca del estero intervenida por el proyecto, y
4. Área inundada.

En función de los FGI identificados y su alteración en la cantidad de OP agua superficial, deben medirse los parámetros hidrológicos que aporten información suficiente para evaluar su alteración y hasta dónde se propaga la afectación sobre los humedales involucrados. Por ejemplo, el acondicionamiento del terreno afectará un tramo del estero y una zona del área inundada; sin embargo, los descriptores deben evaluarse en toda el área inundada con el objetivo de determinar si el efecto del acondicionamiento del terreno altera **toda la zona inundada y potencialmente aguas abajo de esta**. A continuación, en relación con el caso, se presentan elementos de soporte para el criterio de delimitación utilizado para realizar una descripción del AI.

4.

• Descripción del AI

En el caso de proyecto planteado, para describir adecuadamente el AI se requeriría lo siguiente:

- Caracterización de la cuenca donde se ubica el proyecto y subcuencas donde se ubican los FGI: topografía, red de drenaje, parámetros morfométricos, tipo de cuenca, humedales presentes, entre otros. En el caso descrito, el proyecto está en las cercanías de dos humedales ecotipo continental, clase escorrentía (laguna y estero). Esto conduce a la cartografía preliminar.
- Localización de los FGI y determinación de la alteración en cantidad, calidad y variabilidad en los humedales afectados de manera directa o indirecta. Esto conduce a la cartografía preliminar.
- Caracterización de los componentes del ciclo hidrológico en las subcuencas afectadas, estimando evolución temporal, valores medios, mínimos y máximos. La integración de toda la información conduce a la cartografía de AI por OP.

Considerando la cartografía preliminar del AI es posible prever los impactos en el OP agua superficial y profundizar en su caracterización, detallando así los descriptores en los diferentes puntos de intervención de la o las cuencas donde se ubican los FGI.

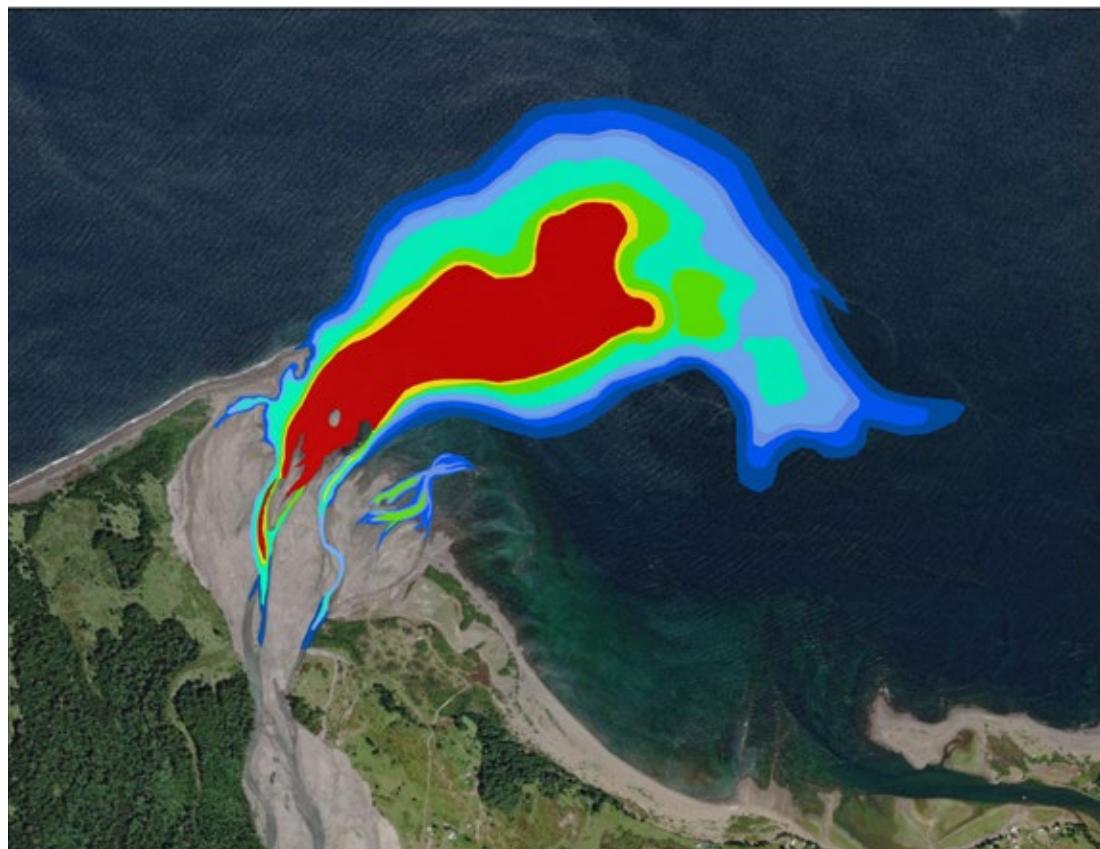
Se hace necesario que la descripción del AI tenga un nivel de detalle suficiente que permita descartar impactos significativos y poder evaluar las alteraciones en las subcuenca afectadas, el régimen hidrológico y sus descriptores, así como todos los componentes del ciclo hidrológico. En caso de no disponer de información, es necesario medirla o modelarla, con el fin de establecer dicha descripción y los posibles impactos, mediante uso de modelos reconocidos y validados, nacionales o internacionales. Esta descripción debe abordar toda la subcuenca donde se encuentra el proyecto y los FGI identificados, de manera tal que permita analizar la propagación de efectos sobre los humedales interconectados, descartando o no los ECC sobre el humedal. Para conseguir lo anterior es necesario:

- Evaluar los atributos afectados por la presencia de los FGI, en función de los FGI determinados en la descripción general.
- Definición del área hasta donde se propaga la alteración de los descriptores incluyendo los humedales de diferentes tipos involucrados.
- Identificación de otros OP afectados debido a las alteraciones en el OP agua superficial y redefinición del área planteada en el punto anterior.

Caso 4. Delimitación de AI de OP aguas superficiales: impacto en la calidad del agua por descarga de efluentes

Una primera aproximación para definir el límite del AI es el área donde se alcanza la máxima dispersión de la descarga (pluma de dispersión) en la columna de agua, donde posterior a ese límite las concentraciones se igualan a la condición basal agua (ver Figura 14).

Figura 14. Pluma de dispersión tras la descarga de un contaminante



4.

Fuente: elaboración propia

Dicha aproximación se debe realizar mediante herramientas de modelación que incluyan la hidrodinámica y la dispersión de contaminantes⁵⁰, y que consideren los principales atributos de los sistemas acuáticos, con el fin de proyectar el comportamiento de los contaminantes

⁵⁰ Se pueden utilizar modelos de código abierto como WASP o QUAL2K de la EPA para fuentes puntuales y NSPECT o SWAT para fuentes de tipo difuso.

sobre el cuerpo receptor. Para esto es imprescindible conocer las características del entorno, el medio receptor (cauces naturales, río, esteros, estuarios o lagos), su capacidad de dilución, así como el régimen estacional del caudal del cuerpo receptor, y el tipo de descarga (vertidos puntuales y fuentes difusas). Así también será relevante considerar las variaciones estacionales de los cuerpos de agua y los posibles cambios en los caudales a causa del cambio climático. En este tipo de proyectos que afectan la calidad del agua se debe poner especial énfasis en caracterizar la calidad del agua superficial, idealmente con mediciones de frecuencia mensual que aborden al menos un año hidrológico completo.

En la justificación del AI debe quedar claramente demostrado que el o los modelos utilizados para evaluar los efectos de las descargas den cuenta de los fenómenos propios del cuerpo de agua en el cual se pretenden realizar dichas descargas, describiendo y justificando cada una de las variables y parámetros utilizados en las modelaciones, así como también indicando la metodología de cálculo de todos los datos de entrada al modelo que hayan sido consideradas. En este sentido, el modelo utilizado debe dar cuenta, del régimen variable de las condiciones hidráulicas del curso de agua modelado, demostrando que el modelo está capacitado para ser utilizado en aguas con dichas características. Es así como se debe seleccionar un modelo emisión-calidad robusto que dé cuenta de la capacidad de dispersión y dilución del cuerpo de agua receptor incorporando las particularidades hidrológicas e hidrodinámicas.

En el contexto descrito, el modelo utilizado para la delimitación del AI en el medio acuático debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- Régimen hidrológico e hidráulico.
- Variabilidad estacional.
- Rugosidad del cauce.
- Batimetría.
- Características fisicoquímicas del cuerpo receptor en distintos puntos.
- Aportes de fuentes puntuales y difusas.
- Antecedentes metodológicos respecto de la determinación de los coeficientes de dispersión transversal y constante de reacción para constituyentes no conservativos de cada contaminante evaluado y utilizados para estimar la concentración y dilución. Se debe justificar que los valores utilizados son los adecuados para las condiciones particulares del cauce que se está modelando o, en caso contrario, realizar análisis de sensibilidad del coeficiente de dispersión y constante de reacción para así gestionar la incertidumbre propia de estos parámetros.

De acuerdo con lo anterior, los impactos asociados a la descarga de un efluente hacia un cuerpo de agua estarán dados por la interacción de los contaminantes y las propiedades del agua.

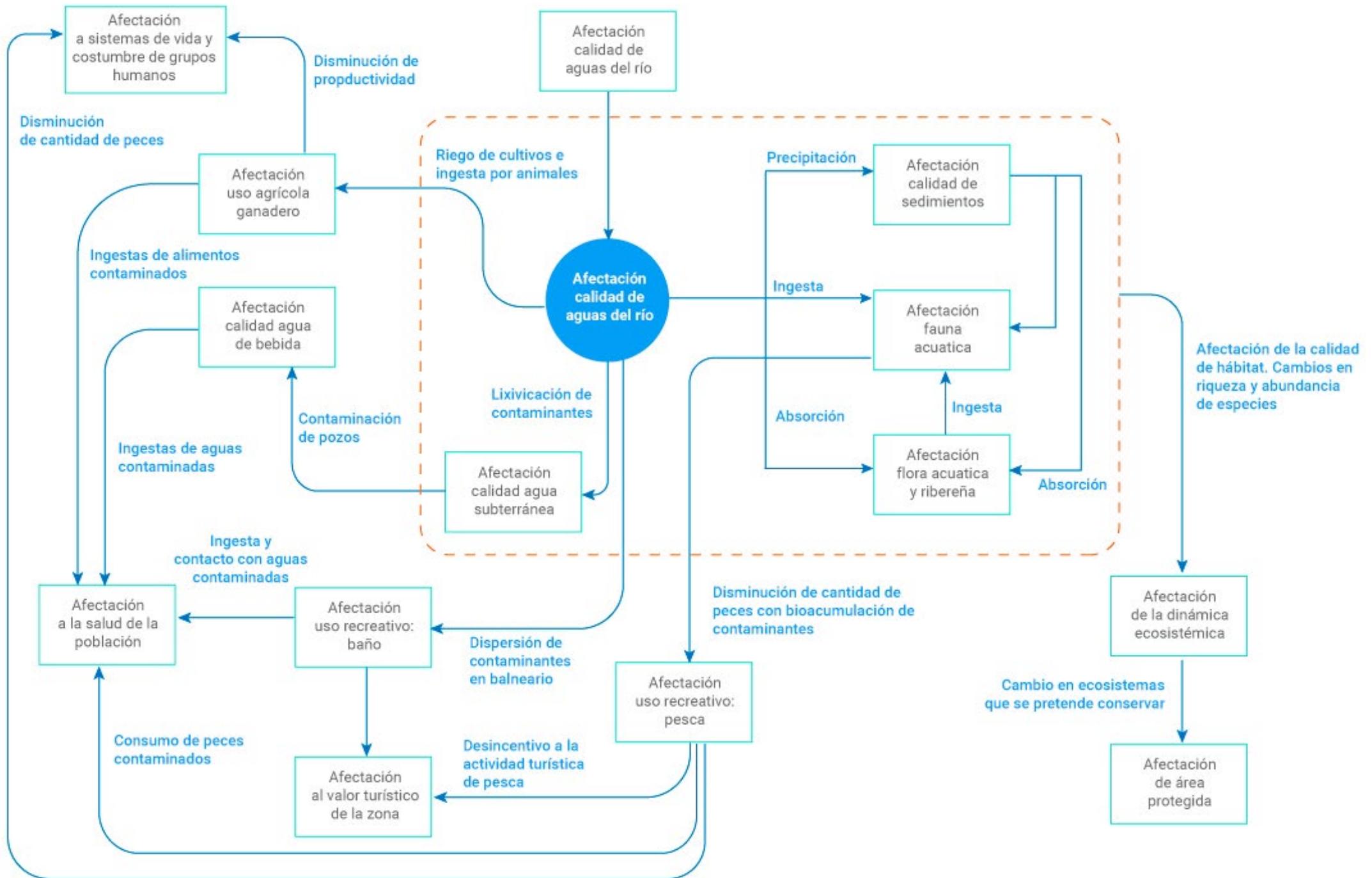
El AI por cambios en la calidad del agua se delimitará considerando toda la superficie donde dicho OP presente cambios en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, es decir,

donde sea posible **percibir o detectar alteraciones a los atributos de la calidad del agua**, entre los que encuentran parámetros como la temperatura, pH, conductividad, transparencia, oxígeno disuelto, y compuestos orgánicos, entre otros. Para esto es imprescindible conocer a cabalidad los contaminantes que serán descargados (materia orgánica, inorgánica o microorganismos), su régimen de descarga, así como los fenómenos físicos que se generarán en el cuerpo receptor (decantación, suspensión o flotación), con el fin de analizar el alcance máximo de cada uno de los contaminantes en consideración del fenómeno de autodepuración⁵¹. Así, el AI del OP calidad del agua debe **determinarse para cada uno de los parámetros que se pretenden incorporar al medio y se considerará el de mayor alcance para su delimitación**.

Teniendo presentes las interacciones que se producen entre los componentes que forman parte de los sistemas acuáticos naturales (relaciones tróficas, interacciones bioquímicas, entre otras), la afectación sobre el OP calidad del agua tendrá repercusiones sobre el resto de los componentes pertenecientes a los ecosistemas acuáticos continentales.

En la Figura 15 se presenta un modelo conceptual que representa cómo el efluente de un contaminante en un río es susceptible de generar la afectación en el suelo hídrico y la biota acuática, así como otros componentes ambientales fuera de los ecosistemas acuáticos continentales.

51 Para el fenómeno de autodepuración se identifican al menos cuatro zonas relevantes: zona de degradación, zona séptica (de descomposición activa), zona de recuperación y zona de agua limpia. Este fenómeno se comienza a producir una vez que la contaminación ha llegado al sistema acuático, en el cual intervienen principios físicos (sedimentación, flotación y transporte), químicos y biológicos.

Figura 15. Modelo conceptual de la alteración de diversos OP derivada de la afectación de la calidad del agua de un humedal

Fuente: elaboración propia

* La línea punteada enmarca los impactos que afectan la dinámica ecosistémica.

Para el caso de la afectación de la biota acuática a causa de la alteración de la calidad del agua, el límite del AI de la biota acuática se debe determinar sobre la base de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos asociados a la calidad del agua para los cuales la literatura científica ha establecido la existencia de algún tipo de alteración fisiológica o conductual en la biota acuática, por ejemplo, los estudios realizados por (Oscoz et al., 2006; Gutiérrez y Gagneten, 2011; Rueda-Jasso et al., 2014; y Fierro et al., 2017). En estos estudios se han podido registrar diversas alteraciones sobre peces y macroinvertebrados a causa de la presencia o alteración de los valores de parámetros fisicoquímicos de los sistemas acuáticos.

De acuerdo con esto, el criterio para delimitar el AI sobre la biota acuática a causa de la alteración en la calidad del agua será la **extensión de área desde el punto de descarga del efluente hasta el límite donde ya no es posible identificar alteraciones de cualquier tipo sobre la biota acuática, ya sean de carácter fisiológico o conductual**.

Particularmente, en lo que respecta a la definición de la sección del AI donde se presentan impactos significativos sobre la biota acuática, y tal como se indicó para el ejemplo anterior de calidad del agua, se debe señalar que ante la existencia de valores de referencia de calidad de agua con enfoque en la protección de la biota acuática, como es el caso de normas secundarias de calidad ambiental y normas internacionales de referencia, entre otras, los límites de dicha sección deben establecerse hasta la línea de dispersión donde ya no se superen los valores referenciales definidos en estas normas.

Reconociendo susceptibilidades diversas de cada especie para verse afectada por los cambios en la calidad de agua, es recomendable **definir y justificar especies bioindicadoras**, que, por su condición de mayor sensibilidad, estado de conservación, o representatividad de cierta categoría de biota circundante, permitan direccionar el análisis para hacerlo metodológicamente abordable. Por ejemplo, cambios en la calidad de las aguas pueden generar florecimientos algales nocivos, que pueden afectar el desarrollo de la biota acuática. La selección de especies bioindicadoras es relevante tanto para considerar impactos potenciales, como para incorporar en planes de seguimiento o compromisos voluntarios ambientales.

4.

4.1.3 Suelo hídrico

Los suelos albergan la zona de actividad biogeoquímica donde la vegetación, fauna y microorganismos interactúan con el agua mediante el ciclo hidrológico y otros ciclos elementales. Un suelo típico contiene materiales minerales y orgánicos, así como un espacio poroso adyacente lleno de agua y aire. Las propiedades físicas y químicas del suelo influyen en los procesos de formación de los humedales. Los procesos biogeoquímicos en suelos saturados estacionalmente pueden conducir a la acumulación de materia orgánica y la transformación de minerales en base a hierro, determinando el ciclo de nutrientes, la acidez del suelo y el color de este.

En la descripción del AI del suelo hídrico se deben caracterizar los siguientes atributos sin perjuicio de la adición de otras propiedades que podrían ser afectadas por los impactos del

proyecto, para lo cual se deben tener en cuenta los contenidos de la “Guía de evaluación ambiental recurso natural suelo”, elaborada por el (SAG, 2019).

- Porosidad.
- Potencial oxidación-reducción (redox).
- Salinidad y Conductividad Eléctrica (CE).
- pH.
- Densidad.
- Granulometría.
- Materia orgánica.
- Nutrientes (fosforo y nitrógeno).
- Régimen de saturación (permanente, intermitente, nivel freático en estación seca).
- Presencia de horizonte impermeable.
- Presencia de horizontes gley en los primeros 45 cm desde la superficie.
- Horizontes del suelo hasta 0,5 m de profundidad (de ser posible según su inundación). Indicar tipo de horizonte (O, A, B, C, R), color, textura, profundidad, presencia de horizontes gley, y rasgos redoximórficos (por ejemplo, moteados de óxidos e hidróxidos de fierro y manganeso)⁵².
- Olor característico de la presencia de ácido sulfídrico en la parte superior del suelo, si corresponde.

Para una adecuada descripción del suelo, el titular debe realizar una identificación de los impactos, en forma preliminar o básica que permita establecer cuáles serán las variables o propiedades que serán afectadas del suelo, para enfocar con ello su análisis.

A continuación, se presentan dos casos con el fin de explicar criterios de delimitación de AI. Se destaca que los FGI que afectan de manera estructural y funcional a los humedales poseen gran potencial de generar alteraciones e impactos sobre el suelo hídrico y su capacidad de sustentar biodiversidad.

⁵² Se recomienda la “Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile” (MMA y ONU, 2022) para comprender y describir esta característica de los suelos hídricos.

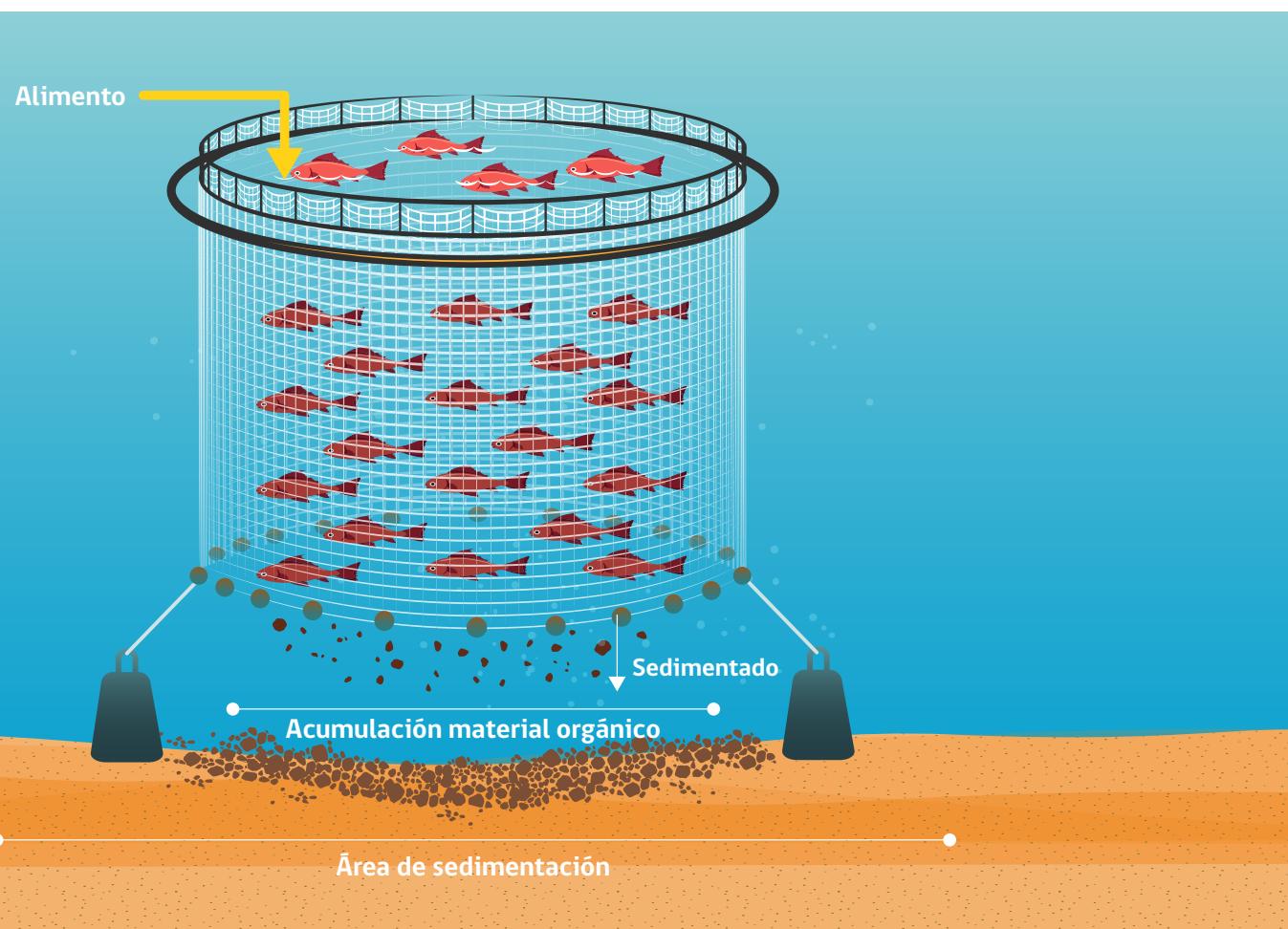
Caso 5. Delimitación de AI de OP suelo hídrico: impacto por depósito de residuos o sólidos en suspensión

Para determinar el AI del OP suelo hídrico a causa del depósito de residuos o sólidos en suspensión, materia orgánica, o la resuspensión de sedimento, se debe considerar el área de máxima extensión o alcance donde se producirá este fenómeno. Para ello es necesario considerar tanto la resuspensión de sólidos producto del movimiento del fondo para la ejecución de las obras o extracción de áridos, como por el vertido de residuos sedimentables por fuentes puntuales o difusas.

La delimitación del área afectada se debe realizar mediante un modelo de dispersión de partículas (lo que también se vincula al impacto o alteración de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua). Para este modelo se deben indicar los parámetros geométricos e hidrodinámicos de entrada, siguiendo como referencia lo dispuesto por (Jirka y Akar, 1991), permitiendo de esta forma levantar características físicas del efluente como densidad y capacidad de dilución, tanto en el campo cercano como lejano. Además, se debe indicar la dirección de la pluma del efluente y la frecuencia de la emisión (puntual, ocasional o continua a lo largo del tiempo).

Los resultados de esta modelación se pueden visualizar como plano de situación, plano de la superficie de dispersión de la pluma sobre el entorno en los casos hipotéticos, gráficos de la columna de dispersión y distribución del efluente, gráficos complementarios de las características del agua del humedal y del efluente, tablas de frecuencia e histogramas de intensidad y dirección para el caso de vientos y corrientes, entre otros. En la Figura 16 a modo de ejemplo, se esquematiza el depósito de materia orgánica en el suelo hídrico en un sistema de cultivo de salmonidos.

Figura 16. Depósito de materia orgánica en suelo hídrico



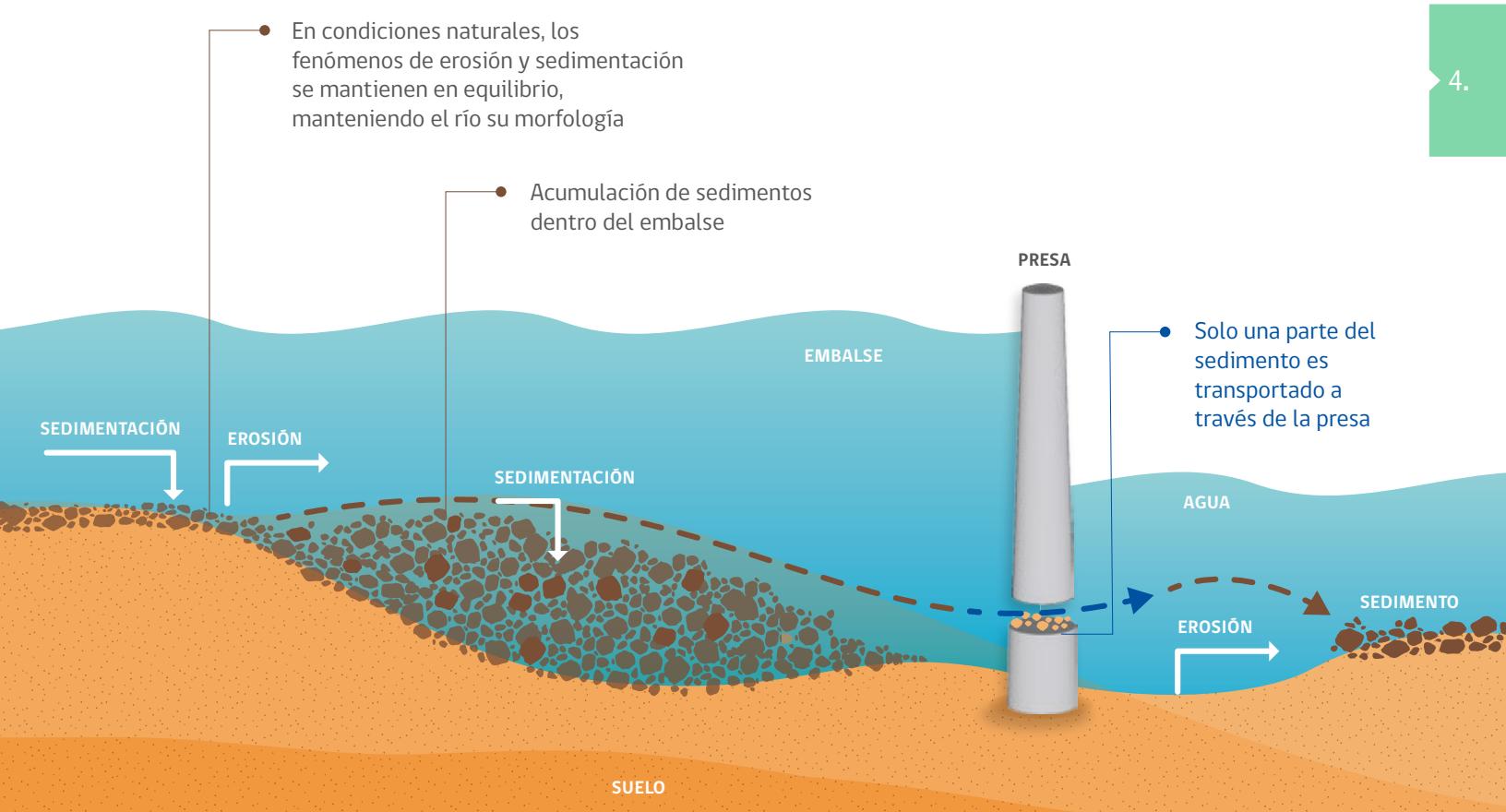
Fuente: elaboración propia, adaptada a partir de ilustración de Adobe Stock.

Debido a las interacciones que se producen entre el suelo hídrico y la biota asociada al mismo, por ejemplo, el uso del suelo como hábitat para especies bentónicas (macroinvertebrados, perifiton y macrófitas, entre otros), **toda afectación sobre este suelo también afectará a la biota acuática y la cadena trófica**, en consecuencia, es necesario tenerlo en consideración al momento de determinar el AI de la flora y vegetación y de la fauna.

Caso 6. Delimitación de AI de OP suelo hídrico: alteración del régimen sedimentológico en un cuerpo fluvial

Se plantea el caso de un proyecto que conlleva la instalación de barreras transversales en un río, con lo cual genera un descenso en los niveles de las aguas y la obstrucción del transporte de sedimentos aguas abajo del cuerpo fluvial, afectando la recarga natural, (ver Figura 17). Esto también podría ocurrir en proyectos de extracción de áridos u otros que impliquen alteraciones significativas sobre el régimen de caudales.

Figura 17. Acumulación y retención de sedimentos en un cuerpo fluvial debido a la obstrucción por barreras físicas



Fuente: elaboración propia

En este caso se debe realizar un análisis de la dinámica y comportamiento del cuerpo fluvial para la delimitación del AI vinculada al impacto sobre el sedimento. Para esto es necesario entender que los sistemas lóticos desaguan caudales y transportan sedimentos a escala de cuenca o de red hidrográfica, llevando sedimentos desde aguas arriba de la cuenca hasta el mar,

por medio de procesos de erosión y, transporte y deposición de sedimentos. Estos sedimentos pueden ser transportados en suspensión o arrastrados sobre el fondo del lecho, dependiendo del tamaño de las partículas y del esfuerzo cortante que la corriente puede ejercer en el lecho.

El fenómeno natural de transporte de sedimentos en cuerpos fluviales es esencial para modelar las formas de estos cuerpos, determinando la dimensión y la localización de pozas, barras, islas, y meandros, entre otras cosas, que constituyen los elementos que configuran las condiciones ecológico-hidráulicas de los sistemas lóticos y los mesohábitats que se generan en distintos tramos. De esta manera, se entiende que la forma de los ríos y otros sistemas fluviales responde al equilibrio entre la hidráulica (caudales líquidos), la dinámica del transporte de sedimentos (caudales sólidos) y la geomorfología (forma del río) de dichos sistemas, por lo que, cualquier cambio en uno de estos componentes va a afectar a los otros, determinando cambios morfológicos estructurales. Estas formas son cruciales para identificar la diversidad de hábitats fluviales, y por ende la biodiversidad potencial que un sistema fluvial puede albergar.

En virtud de lo anterior, la delimitación del AI de cualquier tipo de intervención en el cauce de un cuerpo fluvial que genere alteración del transporte de sedimentos y, por lo tanto, una alteración en la dinámica natural del transporte de sedimentos dentro del sistema fluvial, **estará determinada por el área hasta donde los cambios morfológicos del cauce en el largo plazo sean despreciables**, lo cual debe ser justificado técnicamente por el titular. Lo anterior, ya que la obstrucción en el cuerpo de agua, que genera una alteración del régimen de caudales y sedimentológicos, tendrá efectos sobre la morfología del cauce y la cantidad y distribución granulométrica del suelo hídrico a lo largo del sistema fluvial afectado. En estos casos el titular debe presentar una modelación numérica considerando lecho móvil.

Este último fenómeno se conoce como *hungry waters* (aguas hambrientas, en español), debido a que las aguas que salen de los sistemas donde se retienen sedimentos, como es el caso de embalses y presas, carecen de una carga de sedimentos, alterando el balance sedimentológico y generando procesos erosivos importantes aguas abajo de la alteración (Kondolf, 1997). Esto genera modificaciones en la morfología de estos cuerpos de agua por erosión vertical y lateral del lecho, acorazamientos, cambios de pendientes, modificación de mesohábitats, entre otros, modificando los hábitats de macroinvertebrados y peces y afectando las características naturales de los humedales.

4.1.4 Flora y vegetación

La delimitación del AI para flora y vegetación estará determinada por los impactos sobre sus atributos que pueden ser originados por medio de los FGI del proyecto, o bien debido a la alteración de otro componente que influya sobre el OP en estudio. Dicho esto, los principales FGI de los proyectos que producen alteraciones sobre los atributos del OP flora y vegetación (presentados en el capítulo 3 de esta Guía), son los que generan modificaciones en la morfología, calidad y estructura del terreno; modificación de la variabilidad, disponibilidad y calidad del

agua que sustenta a la vegetación, modificación de la cobertura vegetal, modificación de la sucesión vegetacional por introducción de especies exógenas y extracción de especies nativas, así como efectos de la sedimentación de material particulado que pueda afectar la actividad fotosintética de las especies, entre otros.

Por otro lado, cuando se realiza el acondicionamiento del terreno para la construcción de obras de captación, construcción de caminos, construcción de obras permanentes, mantención y conservación de las mismas, usualmente se utiliza el escarpe o extracción de la capa vegetal del suelo, seguido en algunos casos de corta de flora y vegetación, lo que ocasionará impactos en la cobertura vegetal, que conllevarán a modificaciones o pérdida de sustento, occasionando alteraciones en la abundancia de especies.

Para el caso del escarpe de la capa vegetal con corta de flora y vegetación, como criterio general, **el AI incluirá al menos los polígonos definidos por la extensión de dicha corta de vegetación**, no obstante, en algunos casos cuando se trate de formaciones vegetales sensibles, como la del bosque de galería, se debe considerar el "efecto borde"⁵³, lo que ampliaría el polígono del AI. Además, será necesario indicar que estos mismos polígonos podrían ser parte del AI de otros OP, como es el caso del OP fauna, puesto que la vegetación ribereña puede ser el hábitat para fauna (anfibios, avifauna, micromamíferos, entre otros), e incluso será necesario determinar si se genera una fragmentación de hábitat.

Una vez identificada la superficie donde se presentan los impactos de los FGI, es necesario describir el AI.

4.

• Descriptores del OP flora y vegetación

La descripción general del OP flora debe responder a la identificación de las especies que conforman el humedal, la riqueza específica de estas, el grado de endemismo que poseen y el estado de conservación en que se encuentran catalogadas al momento de la evaluación, así como la tipología a la que pertenecen, ya sea hidrófita, helófita o higrófita acorde a lo descrito en el numeral 2.3.3 de la presente Guía. El titular debe considerar la utilización de antecedentes bibliográficos y de terreno, que permitan evaluar de manera adecuada la variabilidad estacional de los componentes ambientales, aportando una nueva capa de información a la cartografía preliminar.

En la "Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile" (MMA y ONU, 2022) es posible encontrar un listado referencial de flora que indica la presencia de humedales en Chile⁵⁴, las cuales están clasificadas de acuerdo con sus hábitos de vida (ver Anexo 4). En dicho listado también se señala en qué zonas del país se distribuye cada especie.

⁵³ Murcia (1995) define el efecto borde como el resultado de la interacción entre dos ecosistemas adyacentes, cuando los dos están separados por una transición abrupta (borde).

⁵⁴ Disponible en el Anexo 1 de la "Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile" (MMA y ONU, 2022).

La utilización de antecedentes para la descripción general del OP vegetación podrá utilizar la superposición de coberturas de información geográfica, mapas de distribución de vegetación, modelos de distribución de especies u otras fuentes de información, como la clasificación biogeográfica de pisos vegetacionales (Luebert y Plisoff, 2017) u otras clasificaciones de más detalle. Entre ellos son relevantes los índices espectrales de imágenes satelitales, los que se deben estudiar a una escala adecuada.

Tanto el levantamiento de información en terreno como la utilización de antecedentes bibliográficos puede variar dependiendo de la metodología a utilizar para la evaluación ambiental, la que debe ser acorde a los tipos de impactos identificados.

Una descripción detallada del OP vegetación considerada para un EIA o para descartar impactos significativos, debe considerar los siguientes atributos:

- Composición de la vegetación.
- Abundancia.
- Densidad.
- Estado de desarrollo.
- Presencia de distintas formaciones vegetales con sus tipos de vegetación y subdivisiones.
- Cobertura vegetal.
- Estratificación con sus grupos funcionales.
- Distribución espacial de los tipos de vegetación.
- Evaluación de la sucesión vegetal (reclutamiento y propágulos).
- La presencia de singularidades ambientales de la vegetación afectada.
- Presencia de formaciones únicas, escasas o de baja representatividad.
- Presencia formaciones vegetales frágiles, reliquias o relictuales.

La recopilación de esta información indiscutiblemente requiere de una búsqueda exhaustiva de antecedentes bibliográficos y, de actividades de terreno que den cuenta de la relación temporal entre agua, suelo y flora y vegetación, lo que implica incluir la variabilidad estacional en dichas actividades. En la "Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile" (CEA, 2018b) se detallan algunos protocolos de muestreo de macrófitas y de fitoplancton.

En terreno la caracterización de la flora y vegetación en humedales debe considerar muestreos en épocas contrastadas incluyendo aquella cuando la vegetación se encuentra en su estado clímax, lo cual debe ser justificado sobre la base de antecedentes geográficos y meteorológicos del AI definido para este componente.

A continuación, se presentan dos casos en que se afecta la flora y vegetación, y se delimita el AI de acuerdo con el impacto.

Caso 7. Delimitación de AI de OP flora y vegetación: impacto por acondicionamiento del terreno e implementación de servidumbre

Entre los principales impactos generados por las partes, obras y acciones del proyecto, se encuentran los generados por el acondicionamiento del terreno y la implementación de franjas de servidumbres. Estos FGI se presentan generalmente en la fase de construcción de tipologías de proyectos hidroeléctricos, turísticos, inmobiliarios, agropecuarios, mineros, proyectos eléctricos que construyen líneas de alta tensión, atravesando humedales, parte de ellos o en sus cercanías. Estos pueden originar una alteración de los atributos de la flora y vegetación, a través de la pérdida de abundancia y cobertura o disminución de especies, alteración de la densidad o afectación de especies catalogadas en estado de conservación del parche vegetacional, pérdida de la sucesión vegetacional (reclutamiento y propágulos en humedales), entre otros efectos.

El criterio para delimitar en primera instancia el AI de la vegetación estará definido por el **polígono que delimita el área de acondicionamiento del terreno, no obstante, se recomienda considerar una zona de amortiguación o zona buffer⁵⁵** de la delimitación acorde a la estructura vegetacional presente (vegetación hidrófita, vegetación helófita, higrófitas y vegetación ribereña).

La zona de amortiguación se define de acuerdo con lo que se requiere conservar, en este caso para conservar la estructura funcional de la vegetación a pesar de estar intervenida, la zona de amortiguación debe contener parte de la densidad, abundancia y riqueza de especies que contenía el paño original.

Estos FGI pueden también perjudicar a otros componentes en forma indirecta, por ejemplo, el daño producido por la pérdida y fragmentación del hábitat. Este tipo de impacto genera una alteración de la fauna por disminución de la disponibilidad de refugio, pérdida de corredor biológico, disminución de alimento y alteraciones en el ciclo reproductivo, tanto para especies de avifauna como de reptiles, biota acuática (por ejemplo, ictiofauna, infauna) y anfibios, destacándose estos últimos por presentar un alto endemismo y una baja capacidad de desplazamiento.

De este modo, el **polígono del AI del OP flora y vegetación se debe ampliar por la conexión entre humedales y el mismo tipo de vegetación, considerando el enfoque de cuencas y la teoría del río continuo.**

⁵⁵ La "Guía de buenas prácticas ambientales en Humedales Costeros de Chile" (MMA-ONU Medio Ambiente, 2021) señala que para identificar un área de amortiguación apropiada en torno al humedal, se debe determinar un área sin desarrollo y sin perturbación de mínimo 36 metros, ya que esto beneficiará a las especies que alberga el humedal. Para humedales muy pequeños (<0,4 ha) una razón de 3:1 de hábitat terrestre sin perturbar en torno al hábitat acuático es recomendable (por ejemplo, una poza de 0,3 ha debería tener un área de amortiguación de 1 ha).

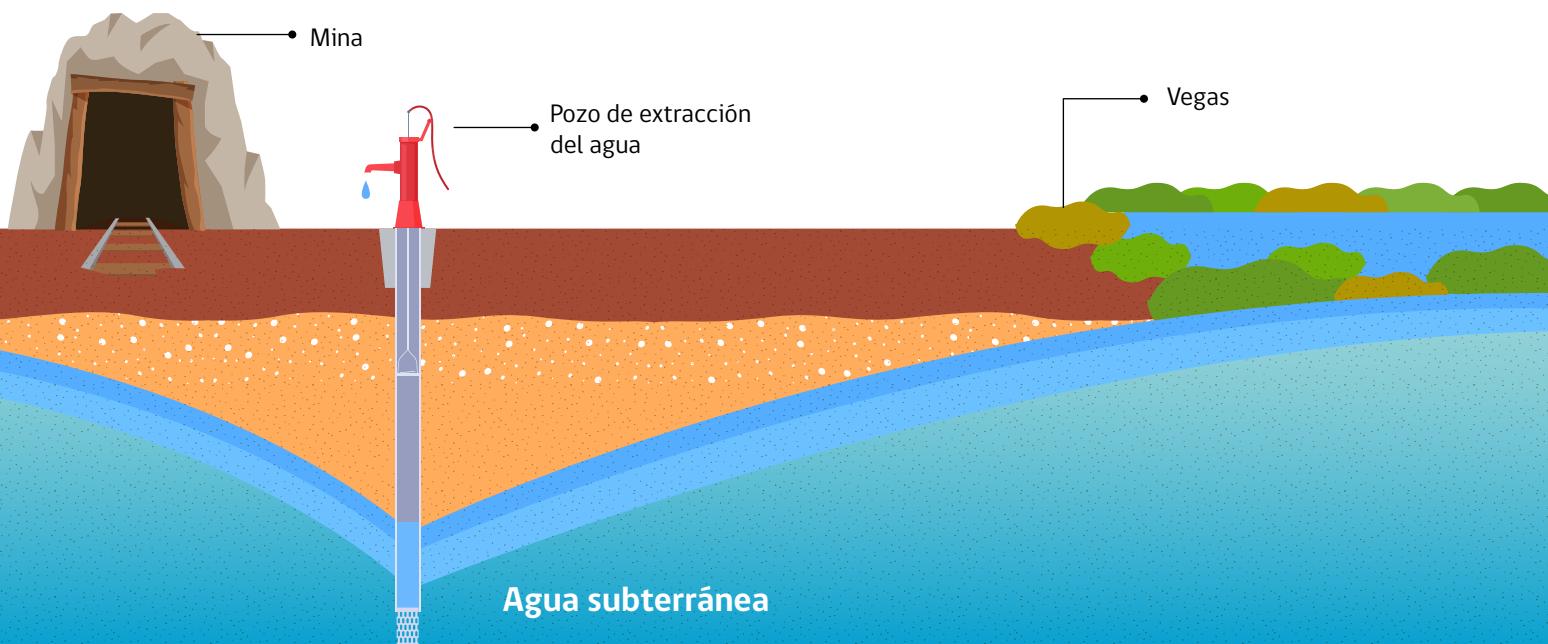
Caso 8. Delimitación del AI de OP flora y vegetación: impacto por descenso del nivel freático

Como se mencionó en el numeral 2.3.3 de esta Guía, la vegetación asociada a los humedales se caracteriza por depender de la disponibilidad de agua y, por lo tanto, la flora dominante (>50%) será de especies hidrófilas (plantas hidrófitas y helófitas), acompañadas en ocasiones por plantas asociadas a condiciones de humedad o higrófilas. Dado lo anterior, la disminución de la disponibilidad del agua las afectará negativamente.

En este caso se analizan los impactos de las actividades implicadas en la continuidad operacional de un proyecto minero que incluye la extracción y aducción de agua de un acuífero (ver Figura 18). La mayoría de las actividades que pueden generar impactos se localizan en el sector de la mina propiamente tal, y además se identifica otro sector donde se instalarán los pozos de extracción de agua.

A unos 30 km del sector de pozos de extracción se ubica una zona de lagunas y vegas con vegetación azonal. Para determinar si las vegas podrían ser afectadas por la actividad de extracción de agua se debe tener analizar el impacto en los niveles de agua subterránea.

Figura 18. Relación de la ubicación de ecosistemas de vegas y pozos de extracción en un proyecto minero



Fuente: elaboración propia, adaptada a partir de ilustración de Adobe Stock.

Si las formaciones de vegas dependen del agua subterránea, entonces, evidentemente se verán afectadas por su descenso. El AI del OP flora y vegetación debe considerar a lo menos el alcance del cono de depresión generado por el bombeo (ver Caso 1). Junto con eso, se debe considerar todos los factores que podrían implicar que el impacto se manifieste en una zona más extensa a esta.

Dado que la extensión del AI de OP flora y vegetación estaría en este caso relacionado a la predicción de la alteración de los niveles de agua subterránea, es relevante tener en consideración la **temporalidad de los efectos**, ya que el descenso en los niveles puede desarrollarse a mediano o largo plazo. De la misma manera, se debe considerar el escenario más conservador en relación con los modelos de variación del nivel freático, que están asociados a un grado de incertidumbre. También será relevante el seguimiento ambiental de los niveles de agua subterránea y la condición de las vegas, que podrá aportar información al modelo haciendo más preciso.

En este caso, si debido a la falta de agua se disminuye la cobertura vegetacional en el transcurso del tiempo, entonces es altamente probable que sea afectada la **permanencia** de la formación vegetal en su conjunto. Asimismo, se debe considerar los potenciales impactos sobre cada especie y los individuos presentes, determinando si hay especies endémicas, en categoría de amenaza o con otras singularidades.

Cabe señalar que, si bien en este ejemplo hipotético se vincula la afectación del OP flora y vegetación solo con el OP agua subterránea, esta relación también puede ocurrir con el OP agua superficial, dependiendo de la situación.

4.

4.1.5 Fauna

Dado que el Reglamento del SEIA indica que el AI se debe definir y justificar para cada elemento afectado del medio ambiente, cada OP presentará un AI específica de acuerdo con la naturaleza del impacto y de la actividad que lo genere.

.....
El AI para fauna acuática y semiacuática puede ser diferente debido a características biológicas, fisiológicas, de historia de vida y fenología, así como también la naturaleza y tipo de impacto.
.....

Para evaluar los posibles impactos de un proyecto sobre la fauna de un sistema humedal no es solo necesario registrar su abundancia, sino también construir modelos ecosistémicos concepcionales en torno a las relaciones entre los componentes clave del ecosistema y sus funciones.

Dentro de estos modelos se pueden identificar grupos o especies clave, atributos y procesos ecológicos. Luego, entre las distintas categorías representadas, se pueden definir distintos

tipos de interacciones entre los grupos, como interacciones tróficas o ecológicas. El grado de detalle para la elaboración de modelos conceptuales dependerá de si se presentan impactos significativos y de las características estructurales y funcionales del ecosistema que se verán impactadas.

Basado en las interacciones antes mencionadas, específicamente aquellas que pueden generar una discontinuidad en la distribución de las especies, se debe definir parches homogéneos que podrían ser ambientes para fauna (hábitat) para refugio, alimentación reproducción u otros.

La descripción general de la fauna debe considerar antecedentes bibliográficos y de terreno que expliquen de manera adecuada la **variabilidad estacional** de los componentes ambientales, por ejemplo, el comportamiento de especies migratorias, y con ello introducir una nueva capa de información a la cartografía preliminar. Esta descripción debe abarcar los posibles impactos referidos en la “Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA” (SEA, 2015b), o aquella que la reemplace, y el documento de “Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos” (SEA, 2022f), también se recomienda revisar la “Guía de evaluación ambiental componente fauna silvestre” (SAG, 2012a) y el “Manual para evaluación de línea base componente fauna silvestre” (SAG, 2012b).

Cabe destacar que el estudio progresivo del componente ambiental y de los impactos, generarán cada vez una mayor claridad respecto de la delimitación y justificación de las AI, en un proceso iterativo donde cada nuevo antecedente puede dar pie a la aplicación de nuevos métodos de levantamiento de información. El nivel de detalle que se alcance en este proceso debe estar enfocado en respaldar de forma completa y clara la significancia de los impactos o bien la inexistencia de estos.

De esta forma, se debe proporcionar información acerca de características poblacionales y comunitarias del componente faunístico dentro del ecosistema de humedal. En paralelo deben identificarse especies y comunidades únicas, raras, amenazadas o biogeográficamente importantes que puedan ser OP, considerando que debe ser posible identificar aquellos recursos escasos, únicos o representativos, de acuerdo con lo estipulado en la “Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables” (segunda edición) (SEA, 2023a). Para la descripción de estos OP, se debe tener en cuenta estos descriptores generales:

- Localización
- Riqueza de especies
- Clasificación según estado de conservación⁵⁶
- Endemismo
- Distribución
- Ambientes para fauna

⁵⁶ Referencia al Memorandum N°387, del 18 de agosto de 2008, de la División Jurídica de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Para la descripción detallada o según se requiera para el descarte de impactos significativos, se pueden incluir descriptores de las estructuras poblacionales y comunitarias tales como:

- Abundancia (cobertura, densidad, biomasa, número de individuos).
- Estructura de edad y sexo.
- Movimientos migratorios.
- Potencial reproductor (reclutamiento, fertilidad).
- Estado fisiológico de las poblaciones (peso, tamaño, movilidad, otros).
- Estado de las poblaciones a intervenir que incluya la categoría de conservación, y un estudio poblacional con al menos una descripción breve de su comportamiento en el ambiente descrito en términos de su alimentación, densidad, distribución, preferencias de hábitat, principales amenazas, y relaciones interespecíficas y ecosistémicas.

En la “Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile” (CEA, 2018b) se detallan protocolos de muestreo para zooplancton, perifiton, zoobentos e ictiofauna.

A continuación, se presentan dos casos en que se afecta la fauna de humedales y se delimita el AI de acuerdo con su impacto.

4.

Caso 9. Delimitación de AI de OP fauna: impacto por modificación de caudal

El FGI denominado modificación de caudal se refiere al cambio del nivel de agua de un sistema acuático, ya sea por la alteración del régimen de caudales o de la magnitud de las crecidas. Por ejemplo, puede haber disminuciones progresivas de caudal (extracciones) o aumentos bruscos del mismo (pulsos de agua). Estos podrían darse por la restitución de aguas de proyectos hidroeléctricos, que determinan un cambio en el régimen estacional de inundaciones en un tramo de un sistema fluvial o en las riberas de un sistema lacustre, y por ende en las características hidrodinámicas de estos, pudiendo incluso llegar a modificar las tasas de recambio de estos cuerpos de agua.

El cambio gradual o brusco en el caudal altera el transporte de sedimentos, luz, temperatura, gases disueltos y otros parámetros fisicoquímicos en un cuerpo fluvial, afectando por ello la recarga natural del río (recordar que los ríos también son humedales) y los sistemas ribereños o palustres asociados, incluyendo procesos ecológicos de intercambio de materia y energía.

La modificación del caudal altera de manera estructural y funcional los atributos del OP fauna. En el caso del componente faunístico acuático se afectan recursos y procesos ecológicos que involucran zonas de alimentación, reproducción, desove y refugio, con lo cual se puede occasionar la pérdida o modificación del hábitat. También se pueden alterar los procesos ecofisiológicos de cada individuo de la población presente al modificar propiedades del humedal como temperatura y cantidad de luz y agua, con la consecuente pérdida de individuos.

Este tipo de impacto además genera una alteración en la frecuencia de inundación de las formaciones vegetales, zonales y azonales, que forman los sistemas ribereños y palustres (ver Caso 8). La pérdida de cobertura vegetal ribereña e individuos de especies de flora acuática modifica los hábitats de fauna acuática asociada a estas formaciones, el ciclaje de materia orgánica y energía entre la ribera-cauce-sedimentos (Webster y Patten, 1979) o entre zonas aguas arriba-aguas abajo en el mismo cauce (Vannote *et al.*, 1980).

Asimismo, es necesario tener presente que la alteración del caudal puede tener como consecuencia la resuspensión y transporte del sedimento que forma parte del cauce o ribera, generando cambios en la calidad de la columna de agua, y, por consiguiente, es posible que la biota sea afectada aguas abajo del sitio intervenido, desde la base de la trama trófica.

También es importante señalar que la regulación del caudal de un río tiene un efecto directo sobre todo lo que se encuentra aguas abajo de este, por lo que al delimitar el AI, se deben considerar particularmente aquellos sistemas estuarinos o humedales costeros que presenten eventos periódicos de inundaciones o escorrentías estivales. Tal es el caso de los ríos del extremo norte del país donde ocurren eventos de fuertes crecidas debido a las lluvias del invierno altiplánico.

La alteración de los caudales, tasas de sedimentación y otras variables fisicoquímicas provocan cambios en el hábitat para especies bentónicas (macroinvertebrados, perifiton y macrófitas, entre otros) y peces, con potenciales efectos de carácter fisiológico o conductual.

A modo de resumen, respecto a la fauna acuática, el FGI modificación de caudal puede ocasionar los siguientes impactos:

- Pérdida de individuos y cambio en la composición taxonómica.
- Pérdida de hábitat para fauna acuática y semiacuática.
- Alteración de cauces y riberas, con impacto en la zona ribereña y procesos ecológicos de intercambio de materia y energía.
- Alteración del régimen de caudales, con modificación profunda de los hábitats disponibles y cambio en la estructura poblacional y comunitaria de fauna acuática.
- Cambio en la calidad del agua, con alteración de la temperatura, luz y otras características del humedal que afectan directamente procesos ecofisiológicos de la fauna acuática.

La descripción de OP fauna podrá requerir lo siguiente, con el nivel de detalle suficiente para descartar los impactos significativos:

- Caracterización de hábitat.
- Riqueza de especies.
- Abundancia total y específica (número de individuos).
- Índices ecológicos (diversidad y uniformidad/equidad).
- Ciclos de vida de especies bioindicadoras, y sus respuestas ecofisiológicas (índice de condición de Fulton, frecuencia de tallas, entre otros).

- Clasificación según estado de conservación.
- Endemismo.
- Relaciones ecológicas (migraciones, ciclos de vida, entre otras).
- Zonas de reproducción, desove, apareamiento o alimentación.
- Variabilidad estacional de las poblaciones asociadas a los ciclos de vida y ciclos reproductivos.

Todos estos descriptores en su conjunto poseen una representación espacial ya sea por especies o grupos taxonómicos que se presentan en el área de estudio o cartografía preliminar. Por lo tanto, **el criterio de delimitación del AI para fauna es el área geográfica hasta donde el impacto no genera ninguna alteración sobre el OP fauna receptora, ya sea de forma fisiológica o conductual.**

En el caso de la fauna acuática, se debe tener en cuenta las distintas relaciones de cada grupo, tanto entre organismos como con el medio físico. Se debe considerar todos los sitios donde se desenvuelven los individuos y su historia de vida: sitios de forrajeo, apareamiento, nidificación, rutas migratorias, entre otros. Es relevante establecer la variabilidad estacional de estos componentes ambientales (biológicos y no biológicos), dado que afectará la determinación del AI.

Se ha de tener presente no solo la naturaleza cuatri-dimensional de los sistemas acuáticos, sino también la alta movilidad de la fauna semiacuática. Tal es el caso de vertebrados superiores como aves y mamíferos que pueden ocupar en distintas temporalidades zonas para refugio, nidificación y crianza. No solo las especies locales deben tenerse en consideración, sino también especies migratorias que se pueden ver afectadas por las actividades del proyecto.

De igual manera cabe destacar que para conocer la real extensión de la afectación sobre la biota acuática será necesario conocer tanto las interacciones que se dan entre el proyecto o actividad con este OP, así como también las interrelaciones propias de la biota (relaciones ecológicas) y con el resto de los OP que son parte del humedal.

4.

Caso 10. Delimitación de AI de OP fauna: impacto por emisiones de ruido

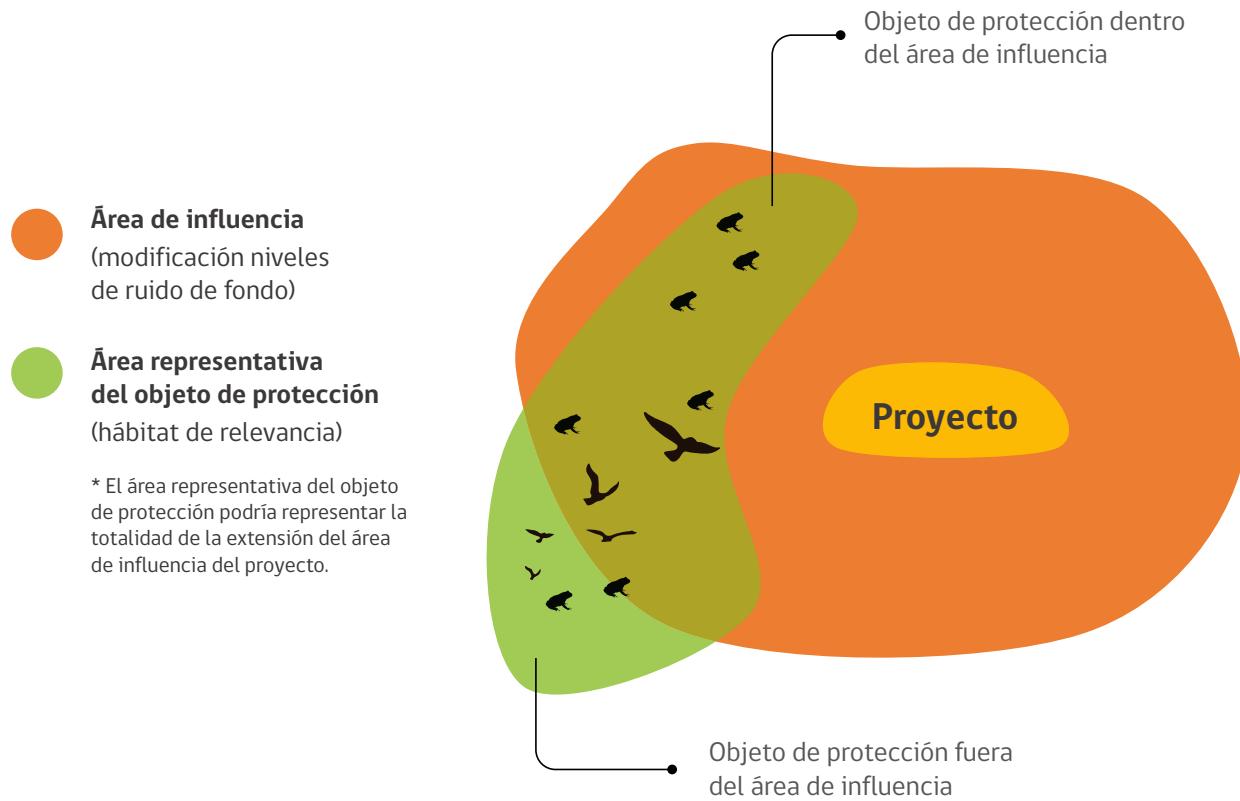
Para determinar el AI del OP fauna a partir del impacto producido por emisiones de ruido, se debe tener en cuenta lo indicado en el documento [Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa](#) (SEA, 2022d). Como se señala en este documento y con el objetivo de evaluar si se genera un efecto adverso significativo sobre la fauna, se debe considerar lo señalado en la letra e) del artículo 6º del Reglamento del SEIA:

e) *La diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación.*

El AI dependerá básicamente de dos factores: las emisiones de ruido del proyecto en su situación más desfavorable y los niveles de ruido de fondo característicos y representativos. En términos generales, **el AI estará determinada por el máximo alcance de las emisiones de ruido y su interacción con la fauna receptora.**

Se debe determinar en primera instancia la extensión geográfica en donde se identifique una diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación (ver Figura 19). Se debe analizar el escenario de mayor exposición a ruido, es decir, los períodos de mayor emisión de ruido, incluyendo pulsos únicos y explosiones, y las ubicaciones de fuentes más cercanas a las áreas potencialmente afectadas, lo que debe ser descrito de manera detallada según lo indicado en el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” (SEA, 2022d). Este criterio aplica en los ambientes acuáticos de los humedales, considerando la dimensión de la profundidad de la columna de agua, como las zonas terrestres y aéreas asociadas al ecosistema de humedal, de acuerdo con lo señalado en el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: Predicción y evaluación de impactos por ruido submarino” (SEA, 2022e).

Figura 19. Área de influencia de Fauna terrestre para ruido



Fuente: SEA, 2022d. “Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa”.

Se debe determinar el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno a partir de mediciones en el sitio. En caso de que no sea posible medir el menor nivel de ruido de fondo para ambientes aéreos se podrá considerar una condición basal de 25 dB(A), valor que asume un nivel de ruido típico de un entorno con baja actividad antrópica, mayores detalles en el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” (SEA, 2022d). Para ambientes acuáticos se debe justificar una referencia tal que permita representar las características propias del entorno.

Una vez delimitada el AI, esta se debe describir en función de los hábitats de relevancia identificados en su interior susceptibles de recibir las emisiones de ruido. **Se considerarán como receptoras aquellas** áreas en donde se concentren especies nativas o que puedan asociarse a sitios de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación, así como cualquier área con protección oficial o sitio reconocido por su valor ambiental, **dentro del AI**. Para caracterizar los hábitats de relevancia se sugiere revisar el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico” (SEA, 2022b).

4.

4.1.6 Ecosistema

Como se ha mencionado anteriormente, los humedales constituyen ecosistemas que se caracterizan por su complejidad y por proveer diversos SSEE. Al momento de delimitar y justificar el AI del ecosistema humedal es posible generar dos distinciones: las interacciones entre componentes y los SSEE que proveen los humedales. La diferencia radica en el enfoque utilizado para analizar el ecosistema humedal. El enfoque de SSEE descritos en el capítulo 2 de la presente Guía reconoce el factor antrópico como receptor de beneficios del ecosistema. Entonces, si las interacciones ecológicas se ven alteradas se producirá una reducción, modificación o pérdida de los beneficios que estos humedales proveen a la comunidad y la sociedad.

Dicho esto, es importante incorporar como criterio para la delimitación y justificación del AI del ecosistema criterios del orden teórico metodológico que permitan desarrollar el análisis de manera coherente y que sean capaces de mostrar la relación de causa-efecto entre la interacción de un FGI, el receptor u OP y la significancia de dicho impacto generado. A continuación se presentan enfoques como posibles herramientas para la delimitación y justificación del AI del ecosistema:

- Flujo de materia y energía por medio de cadenas tróficas, identificando cada componente involucrado y sus interacciones.
- Análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de ecotipos (Conama y CEA, 2006).
- La dimensionalidad de los sistemas acuáticos lénticos y lóticos a través de la teoría del río como un continuo y la cuadri-dimensionalidad de los ecosistemas acuáticos.
- Localización de los humedales en función del orden del río, el tipo de zonificación (crenón, rítrón, potamón) y su localización dentro de la cuenca.

La revisión bibliográfica constituye un paso fundamental para definir tanto el enfoque teórico metodológico a utilizar, así como para identificar las relaciones y la localización de estas relaciones en el espacio. En ese sentido, es importante reconocer espacialmente los alcances del impacto, los que pueden abarcar todo el humedal o una sección de este.

Cuando las características del proyecto hagan necesario delimitar el ecosistema de humedal, por ejemplo, para distinguir claramente los límites respecto a ecosistemas terrestres circundantes, se debe utilizar la metodología propuesta en la “Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile” (MMA y ONU, 2022). Tal metodología es aplicable tanto para humedales emplazados en zonas urbanas como rurales, y considera criterios basados en la hidrología, la vegetación y suelos hídricos.

Asimismo, la revisión bibliográfica o juicio de expertos debe ser liderada con un abordaje interdisciplinario capaz de combinar y superponer los resultados de las AI previamente delimitadas y justificadas para cada OP impactado. En este sentido, las singularidades de los humedales juegan un rol preponderante en el momento de decidir si la sobreposición de las AI constituye el AI del ecosistema humedal y si la suma de dichas AI constituyen impactos acumulativos. Este criterio se presenta a través de un caso en el numeral 4.1.6 de la presente Guía.

• **Interacciones entre componentes**

Existe una relación directa entre los humedales y el entorno que los rodea, por lo que la afectación de ecosistemas terrestres o marinos que influencian el humedal podrían derivar en la afectación del ecosistema de humedal y sus componentes.

Un ejemplo de esta relación corresponde al impacto “pérdida de cobertura vegetal”, cuyo factor generador puede ser el despeje de terreno para su acondicionamiento. En este caso, el impacto directo ocurre sobre la flora y vegetación, debido a la eliminación de una superficie de cobertura vegetal (ver Caso 7). No obstante, esta actividad puede afectar la cantidad de recarga hacia el acuífero ya que el despeje y eliminación de la cobertura vegetal puede alterar la tasa de retención de agua en el suelo. Esto incluso puede afectar la red de humedales en cualquier localización de la cuenca hidrológica, incluso en la cuenca hidrográfica contigua (ver Caso 3). En este caso la delimitación de AI del OP humedal estaría vinculada al AI generada por todo el polígono de vegetación que ha sido despejada y el AI del OP cantidad de agua. Incluso puede ser relevante considerar el AI del OP suelo, toda vez que en este se identifique potencial erosión la cual pueda llegar al humedal.

De igual forma, un proyecto o actividad puede generar impactos que modifiquen, obstruyan o eliminen determinadas funciones que un componente ambiental desempeña en el ecosistema del que forma parte. Esto puede ser determinante en la generación de impactos en las relaciones comunitarias de la vegetación y fauna, alterando su composición y estructura y, por lo tanto, el funcionamiento del ecosistema en su conjunto. Esto último es tratado en detalle en el numeral 3.3 “Impacto en un recurso natural renovable que causa impacto

en el ecosistema" de la "Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables" (segunda edición) (SEA, 2023a).

Frente a los ejemplos planteados es posible indicar consideraciones generales que se requieren para delimitar el AI del ecosistema resultante de las interacciones de sus componentes:

- Revisión de antecedentes bibliográficos disponibles que permita establecer la dinámica del humedal.
- Juicio de expertos, especialmente en casos de humedales con escasa información disponible.
- Considerar que el humedal no es solamente la superficie inundada, sino que de acuerdo a los criterios señalados en el numeral 2.2 de esta Guía, también pueden ser superficies con presencia de especies predominantemente hidrófila o un sustrato de suelo hídrico.

Los impactos identificados y su relación o interacción con los humedales no corresponden necesariamente a impactos significativos. La significancia de los impactos debe ser analizada considerando lo indicado por la "Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA" (SEA, 2023c).

4.

• **Servicios ecosistémicos**

Si bien, los SSEE no son un OP como tal, su interpretación y valoración es fundamental para comprender la interrelación de los diferentes componentes presentes en el territorio, así como el valor ambiental de este. Su relevancia debe ser entendida e interpretada como un atributo dentro de los ecosistemas, que subyace como resultado de las múltiples interacciones de comunidades biológicas de las cuales los grupos humanos pueden percibir algún beneficio tangible e intangible.

A partir de revisión bibliográfica es posible identificar los SSEE como primera aproximación, donde la descripción funcional de ecotipos desarrollada por Conama y CEA (2006) se ajusta a la identificación de SSEE debido a su enfoque ecosistémico. Luego se debe localizar las personas beneficiarias de los SSEE y demostrar la contribución de los humedales a la economía local, nacional y de ser relevante, mundial. La localización espacial del lugar donde las personas se benefician de los SSEE, acompañada de su descripción, constituye un criterio fundamental para determinar el AI de la provisión de estos servicios, donde el desafío siguiente es la descripción de los atributos del ecosistema.

El primer criterio para la descripción de los SSEE radica en que debe ser valorado por las comunidades humanas, enfocando los esfuerzos en describir a los/las beneficiarios/as directos e indirectos, destacando además la cantidad de personas que perciben la contribución de los SSEE, su localización, la frecuencia y la periodicidad con que perciben esos beneficios, y las actividades económicas desarrolladas a partir de ellas, entre otras.

A continuación es posible describir los servicios de soporte o sustento mediante los descriptores asociados al agua, suelo, vegetación y fauna, de tal modo que constituyen

descriptores con doble propósito, ya que son capaces de describir un componente del medio ambiente, así como también las interacciones entre componentes ambientales. Cabe destacar que estos atributos, por ejemplo, la escorrentía, la hidrogeología del lugar, la cantidad de materia orgánica del suelo, la cobertura de vegetación hidrófila, y la estructura poblacional de la ictiofauna, por sí solos no explican el SSEE sino que dependen de herramientas como los modelos conceptuales que permiten identificar las funciones ecosistémicas de modo integrado.

Es necesario también incorporar otros descriptores para los SSEE. Como se mencionó anteriormente, los servicios de provisión y culturales pueden ser identificados y descritos en función de la letra c) del artículo 11 de la Ley N°19.300, y utilizando como complemento la "Guía área de influencia de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en el SEIA" (SEA, 2020). Los servicios de regulación para humedales requieren de descriptores adicionales a los mencionados en esta Guía y asociados a cada OP del humedal.

En este sentido se requiere de una revisión y recopilación de antecedentes en donde primero se centre la atención sobre los grupos humanos y las contribuciones de los ecosistemas a su bienestar en términos de los procesos que regulan su conectividad con el medio. Este constituiría un descriptor general, el cual puede ser detallado obteniendo información directamente de las comunidades involucradas, lo cual se recomienda sea representado cartográficamente.

Para tratar este tema en mayor profundidad se recomienda revisar la metodología entregada por la CICES para la identificación de los SSEE de los humedales. Se recomienda poner énfasis en la hoja de cálculo presentada, donde se indican los descriptores simples y las cláusulas ecológicas. Esta se encuentra disponible para descargar en la [página web de la iniciativa](#).

Un criterio sociológico para la delimitación del AI de los servicios sistémicos es el mapeo de los/las usuarios/as y beneficiarios/as de los servicios de los humedales, AI que debiese coincidir con aquella referida a impactos ambientales clasificables en el artículo 7º sobre los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos y el artículo 9º referido al valor turístico, ambos del Reglamento del SEIA.

Por ejemplo, un humedal tipo turbera puede regular la disponibilidad de agua en una microcuenca y además generar turba para su explotación. Los/las beneficiarios/as pueden ser tanto turistas, que disfrutan de visitar y apreciar el paisaje en dicho sector, como también grupos humanos locales que se benefician de la provisión de agua y de turba. **Los turistas provendrán de otras localidades de la región o el país, por lo que el AI del o de los SSEE identificados estarán únicamente circunscrito a la turbera, puesto que metodológicamente es inabordable incluir en el AI el lugar de origen de los turistas. Por otra parte, para los usos que realicen grupos humanos locales el AI incluirá tanto el área de turbera como la localidad donde viva el grupo humano beneficiario del o de**

los SSEE⁵⁷, por lo tanto, el AI podría estar cercana al humedal sin necesariamente estar dentro de este. Cabe recordar que el AI puede ser representada por diferentes polígonos, no siendo necesario englobarlos todos en uno solo.

Dado que los SSEE incorporan la variable social, las fuentes de información podrían ser las siguientes:

- Revisión bibliográfica.
- Inventario de los servicios de los humedales.
- Mapeo de los/las usuarios/as y beneficiarios/as de los SSEE de los humedales.
- Localización de los/las usuarios/as y beneficiarios/as de los servicios de los humedales.
- Aporte a la economía local regional o a otra escala territorial.
- Fuentes primarias para describir la percepción o valoración de los SSEE por parte de los/las usuarios/as y beneficiarios/as como cuestionarios, entrevistas, trazado de mapas de política, grupos focales, análisis de interesados/as directos/as, mapas mentales, entre otros.

La descripción y delimitación detallada del AI de los servicios de los humedales requerirán criterios que permitan lograr efectuar la evaluación de impactos significativos (paso 7 de la Figura 6) por medio de los siguientes criterios (De Groot *et al.*, 2007):

- Lista exhaustiva de servicios que pueden posteriormente cuantificarse en unidades apropiadas biofísicas o de otro tipo para determinar el beneficio para la sociedad humana.
- Identificación de las normativas y sistema de gobernanza del humedal. Esto para comprender el proceso de política y percepciones de los/las usuarios/as y beneficiarios/as directos/as de los SSEE.
- Levantamiento de la percepción o valor del humedal por parte de los/las usuarios/as y beneficiarios/as directos/as de los SSEE previamente mapeados, incluyendo análisis de compromisos que resultan de la gestión de los diversos SSEE, con el fin de establecer prioridades en el escenario con proyecto.

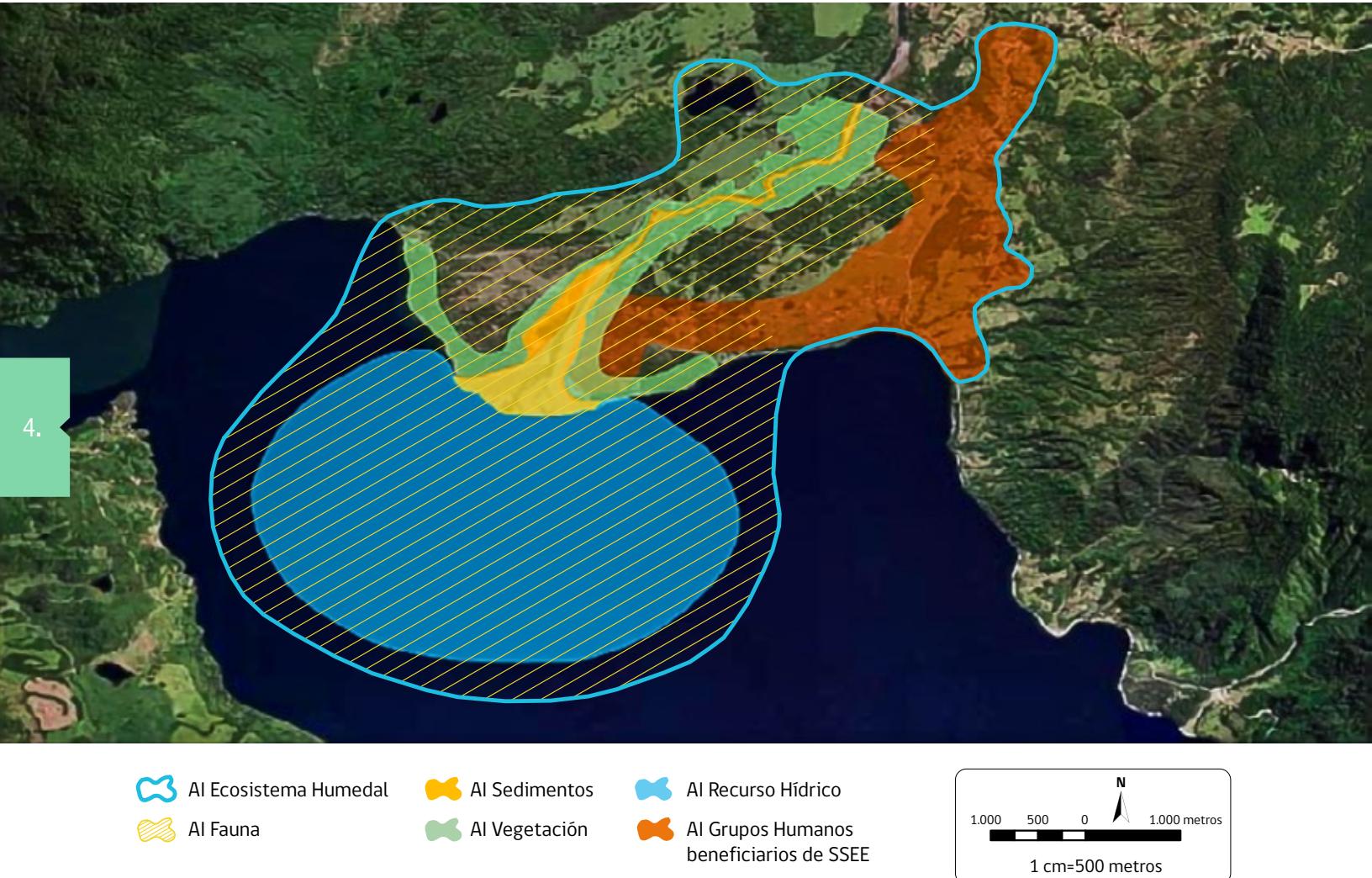
Por otro lado y, a modo general, un criterio a utilizar para la delimitación del AI ecosistema es definir un área a partir de la **sumatoria espacial de las AI de cada uno de los OP impactados** (ver Figura 20). Este polígono más grande debe posteriormente ser corroborado por los/las especialistas para verificar necesidades de ajustes, teniendo presente los elementos funcionales y estructurales del ecosistema en evaluación, la interconectividad hídrica y biológica, y la incidencia del impacto sobre el ecosistema sobre eventuales SSEE que preste. Esta AI debe poder representar la totalidad del área que sufrirá alteraciones directas sobre un OP, así como también las alteraciones indirectas que deriven sobre otros OP, integrando los afectos parciales en un AI más amplia.

4.

⁵⁷ Otro ejemplo de este criterio se puede leer en la "Guía área de influencia de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en el SEIA" (SEA, 2020).

Figura 20. Criterio de delimitación del AI del ecosistema humedal a partir de las AI de los OP impactados

4.



Fuente: elaboración propia

Caso 11. Impactos sobre la pérdida de resiliencia del humedal ante eventos extremos

Para ejemplificar a nivel de ecosistema en el presente caso se complementa lo presentado en el Caso 3 sobre delimitación de AI para el OP aguas superficiales a causa del FGI “acondicionamiento del terreno” que causa una alteración de la cantidad de agua. Este FGI es capaz de impactar varios componentes, entre ellos el agua superficial, agua subterránea, flora y vegetación, fauna, y suelo, lo que en términos de SSEE podría conducir a la siguiente lista de impactos:

- Pérdida de la capacidad para regular el microclima.
- Pérdida de la capacidad de capturar gases de efecto invernadero (carácter de sumidero).

- Pérdida de capacidad para adaptarse a los cambios o disminución de la resiliencia del sistema (adaptación a cambios globales).
- Modificación en el régimen recarga y descarga de acuíferos.
- Cambios en los procesos de ciclaje de nutrientes en el agua.
- Pérdida de resiliencia del sistema ante agentes contaminantes.
- Pérdida de resiliencia del sistema ante eventos extremos, especialmente asociados a *tsunamis* y temporales.
- Pérdida de la capacidad de controlar eventos extremos para los/las beneficiarios/as.
- Pérdida de la capacidad para retener suelos y sedimentos, aumentando los procesos erosivos.

En este caso el proyecto requiere acondicionar el terreno para las obras, lo que incluye la construcción de un puente, terraplén u otro tipo de atravieso del humedal. En el caso de la construcción de un puente, será necesario analizar si la construcción genera alguna alteración sobre la calidad, cantidad y variabilidad del agua superficial del estero, ya que los procesos constructivos involucran al menos la intervención del cauce con obras de soporte en la zona de ribera para conectarlo con las obras viales. Así, una intervención en la ribera puede provocar una alteración en la estructura del suelo o su pérdida, y por consiguiente una modificación de la sección del río, lo que a su vez conlleva una alteración de los parámetros hidrodinámicos en dicha sección (velocidad, profundidad del cuerpo de agua). De este modo, se alterará la disponibilidad de sedimento y los patrones de erosión y depósito del mismo. Las modificaciones en una sección natural del río, junto con su capacidad de arrastre de sedimento, pueden provocar un estrechamiento o ampliación en el cauce, alterando la velocidad y altura de escurrimiento aguas abajo de la intervención. También se producirán alteraciones de este tipo al generar un estrechamiento del cauce para la estabilización de taludes que sostengan el puente o atravieso.

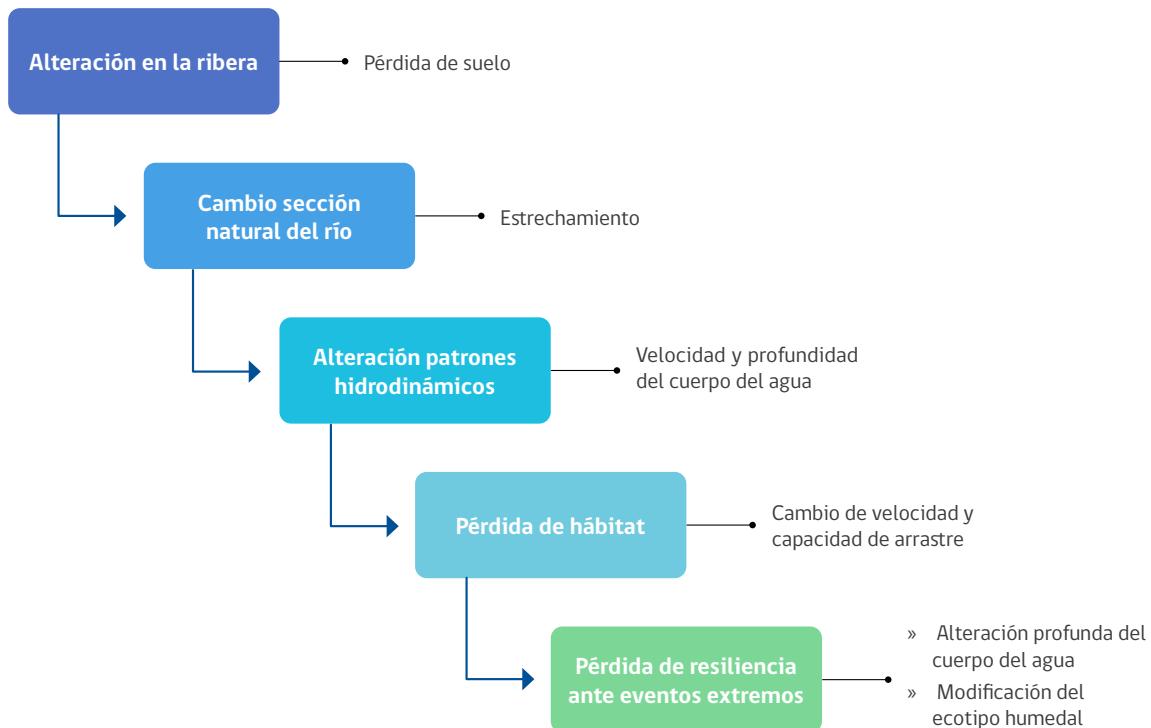
4.

Si se considera el uso de un terraplén, al ser una estructura compacta, se dificulta e impide la libre circulación de las aguas a ambos lados, provocando procesos de eutrofización acelerados. En estos casos se requiere del análisis respecto al requerimiento de vías de comunicación adecuadas que permitan la circulación de las aguas entre ambos lados, tales como cajones o drenajes de comunicación. Debido a esto, se requieren parámetros biológicos, fisicoquímicos y de escorrentía para poder determinar adecuadamente cuál es la tasa de recambio mínima y la tasa de recambio normal de las aguas, para que la medida en cuestión se encuentre entre estos valores con tendencia al valor normal por sobre el valor mínimo.

A partir de la alteración del agua en su calidad, cantidad y variabilidad, los componentes ambientales del río también cambian (ver Figura 21). Por ejemplo, puede ocurrir pérdida de hábitat al modificar el patrón de transporte de sedimentos debido a la alteración en la cantidad y variabilidad. Al cambiar la cantidad de agua, en este caso, la profundidad del cuerpo de agua en la sección intervenida en el estero, pueden cambiar sus condiciones como la capacidad

que posee el humedal de resistir frente a eventos extremos y, por consecuencia, habrá una potencial afectación a áreas pobladas en sus alrededores.

Figura 21. Consecuencias a nivel ecosistémico producto de obra vial en el humedal



Fuente: elaboración propia

Esto conducirá a que el humedal de forma plana, alimentado por el humedal de canal (escurreimiento-río), a lo largo de la vida útil del proyecto se vaya transformando en otro tipo de humedal, perdiendo su capacidad de resiliencia frente a eventos extremos. En este caso sí se debe describir el SSEE de regulación frente a eventos extremos basado en datos estadísticos sobre ellos, por ejemplo, las precipitaciones. En este sentido, se torna relevante la vida útil del proyecto y, por lo tanto, también se debe describir la evolución del impacto durante toda la vida útil de este.

El criterio que permitirá delimitar el AI, basada en la descripción anterior, **considera toda el área donde el humedal de escorrentía modificará su forma y debe incluir la superficie funcional que era inundada por eventos extremos incluyendo las poblaciones aledañas que allí habitan.**

Actualmente es relevante **incorporar la variante de cambio climático en la predicción y evaluación del impacto ambiental sobre los SSEE de regulación de humedales.** Lo anterior considerando que existen proyectos cuya vida útil es de décadas y son posibles de estudiar con los actuales Modelos de Circulación General (MCG) y los modelos locales (*downscaling*).

ANEXOS



ANEXO 1. GLOSARIO

Acuífero: formación geológica que contiene o ha contenido agua bajo la superficie de la tierra posee la capacidad de almacenar y trasmitir agua.

Agua superficial: corresponde al agua que se encuentran naturalmente a la vista y que pueden corrientes o detenidas.

Área de drenaje: corresponde al área aportante al caudal en cierto punto de salida de una cuenca por escorrentía proveniente de los eventos de precipitación.

Área de Influencia (AI)⁵⁸: área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los Efectos, Características o Circunstancias (ECC) del artículo 11 de la Ley N°19.300, o bien para justificar la inexistencia de dichos ECC.

Balance hídrico: corresponde al almacenamiento de agua producto de la suma y resta de entradas y salidas de agua al sistema. Las entradas corresponden a la precipitación y flujos desde otras cuencas o fuentes, mientras que las salidas corresponden a la infiltración, evapotranspiración y extracciones.

Bentónicos: organismos marinos que viven asociados al sustrato del fondo, ya sea enterrados, sobre él, o que se desplazan o habitan en sus inmediaciones.

Biodiversidad o diversidad biológica⁵⁹: se refiere a la variabilidad de organismos vivos que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas.

Bofedal: es una formación de vegetación altiplánica de distribución azonal en zonas de altura donde dominan las plantas con crecimiento en forma de cojín compacto semigloboso. Se ubican en sectores en los que hay niveles de humedad permanente en el suelo y pueden ser de tipo salino o no salino.

Calidad del agua: corresponde a la caracterización de los parámetros físico, químicos y microbiológicos, teniendo en cuenta que la calidad del agua es requisito para la mantención de diferentes Servicios Ecosistémicos (SSEE) y la supervivencia y el sostenimiento de los ecosistemas.

Cantidad de agua: corresponde a la masa o el volumen de agua presente en cierto dominio espacial y para cierto periodo de tiempo. Puede ser expresada de forma intensiva o extensiva, es decir, en forma de flujos o en forma de cantidad total.

⁵⁸ Referencia literal a) del artículo 2º, del Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

⁵⁹ Referencia artículo 2º, de Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

Ciénaga: son depósitos de aguas no corrientes (ecosistemas léticos), con algún grado de conexión con el río, del cual depende la renovación de sus aguas e intercambio de materiales –sedimentos, solutos, coloides– y organismos –plancton, bentos, propágulos y plantas vasculares, juveniles y adultos de invertebrados y peces.

Componente ambiental: elemento del medio ambiente con características físicas, químicas, biológicas o socioculturales, que puede tener un origen natural o artificial, y que cambia e interactúa, condicionando la vida de los ecosistemas. Para efectos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) estos componentes permiten describir el Área de Influencia (AI) de un proyecto, los cuales se encuentran listados en la letra e) del artículo 18 del Reglamento del SEIA, exceptuando la letra e.11).

Conductividad hidráulica saturada (K_s): que en términos cualitativos es la habilidad del suelo para conducir el agua, es un parámetro esencial para describir el movimiento del agua en el suelo (Klute, 1965).

Cuenca arreica: son aquellas cuencas que no desembocan a ninguna masa de agua, como mar o un lago. Sus aguas se evaporan o infiltran antes de llegar a una red de drenaje establecida.

Cuencas endorreicas: son aquellas cuencas cuyos ríos desembocan en lagos, pantanos y son cerradas. Solo tienen salida por infiltración o evaporación.

Cuencas exorreicas: son aquellas cuencas cuyo curso de agua desemboca en el mar, como el río Loa o el río Palena.

Declaración de Impacto Ambiental (DIA)⁶⁰: documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

Delta: depósito aluvial formado en la desembocadura de un río entre los brazos en que este se divide. Tiene forma triangular, aunque sufre modificaciones debido a la acción de las mareas.

Densidad del suelo: se refiere al peso por volumen del suelo. Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Existen dos tipos de densidad: real y aparente. La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y, en general, está alrededor de 2,65 gr/cm³. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas.

⁶⁰ Referencia literal f) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

Ecosistema⁶¹: complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional.

Ecotipo: familia de humedales que comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

Ecotono: zona natural de transición entre dos sistemas ecológicos diferentes y adyacentes, es decir, es el límite ecológico entre ellos.

Embalse: obra artificial donde se acopian aguas, en estos se puede acumular el agua durante los períodos de alta afluencia y bajo consumo.

Estuario: tramo de un río de gran anchura y caudal que ha sido invadido por el mar debido a la influencia de las mareas y al hundimiento de las riberas. En algunos se acumulan extensos depósitos de fango mientras que otros se conservan relativamente libres por el efecto del retroceso de la marea.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA)⁶²: documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

Evaluación de Impacto Ambiental⁶³: el procedimiento, a cargo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), que en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental (EIA o DIA, respectivamente) determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.

Factores Generadores de Impacto (FGI): aquellos capaces de generar impactos ambientales tales como las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad, en consideración a su localización y temporalidad, así como sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos y servicios generados, según correspondan.

Flujo base: corresponde al flujo que mantienen los cuerpos de agua durante gran parte de su escurrimiento e interactúa directamente con las aguas subterráneas ya que todo el suelo circundante se encuentra saturado, es decir, con sus espacios llenos de agua.

Hualve: también conocidos como bosques pantanosos. Son un tipo de humedal caracterizado por una densa formación boscosa única de Chile, que habita suelos inundados por agua dulce

⁶¹ Referencia artículo 2º, Convención sobre la Diversidad Biológica.

⁶² Referencia literal i) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

⁶³ Referencia literal j) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

de forma permanente o temporal y compuesto por arboles de la familia de las Mirtáceas, tales como luma, patagua, arrayán, tepú y también canelo.

Humedal⁶⁴: acorde lo planteado por la Convención Ramsar en 1971, se definen como las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluida las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Humedal protegido: aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la lista a que se refiere la Convención relativa a las zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitat de las aves acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N° 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Humedal urbano⁶⁵: todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros y que se encuentren total o parcialmente dentro del límite urbano.

Ictiofauna: conjunto de peces de una zona acuática específica.

Impacto ambiental⁶⁶: alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

Impactos ambientales significativos⁶⁷: aquellos impactos ambientales que generen o presenten alguno de los Efectos, Características o Circunstancias (ECC) del artículo 11 de la Ley N°19.300, conforme a lo establecido en el Título II del Reglamento del SEIA.

Infrafauna: fauna o conjunto de organismos que viven entre las partículas del sedimento en el medio acuático.

Infiltración⁶⁸: flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.

Medio ambiente⁶⁹: el sistema global constituido por elementos naturales o artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente

⁶⁴ Decreto N°771, de 1981, que promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitat de las aves acuáticas, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

⁶⁵ Referencia artículo 1º, de la Ley N°21.202, del 2020, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente.

⁶⁶ Referencia literal k), del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

⁶⁷ Referencia literal e), del artículo 2º, del Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

⁶⁸ OMM/UNESCO (2012). Término equivalente N°795.

⁶⁹ Referencia literal ll), del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Mallín: es un tipo de humedal que puede encontrarse en regiones áridas y semiáridas de la Patagonia dado que se desarrolla en zonas bajas del relieve donde se acumula el agua de precipitación y de escurrimiento superficial y subsuperficial. La inundación o saturación del suelo se produce de manera periódica, por lo cual se dice que los mallines son humedales de tipo semipermanente.

Marisma: corresponden a humedales frecuente o continuamente inundados con agua, caracterizados por vegetación emergente de tallo suave adaptada a condiciones de suelo saturado.

Normativa ambiental aplicable: son aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación ambiental, y durante toda la ejecución del proyecto.

En términos generales, se refiere a la normativa que aplica a todo tipo de proyecto o actividad presentado al SEIA, por ejemplo, la Ley N°19.300 y el Reglamento del SEIA, normativa nacional o local (normativa municipal). Asimismo, esta puede clasificarse por materia, es decir, aplica exclusivamente a algún tipo de componente ambiental (aire, agua, suelo, flora, fauna, arqueología, entre otros) o a alguna tipología de proyecto (proyectos eólicos, mineros, inmobiliarios, entre otros).

Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)⁷⁰: aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

Ñadi: terreno plano con vegetación palustre que se anega durante la temporada de lluvias por existir una capa impermeable de fierrillo bajo el suelo.

Objeto de Protección (OP): elemento o componente del medio ambiente que el legislador busca proteger, ya sea a través de una norma de carácter ambiental, un permiso ambiental sectorial o la creación de un área protegida, y que para efectos del SEIA se pretende proteger de los impactos ambientales que pueda generar la ejecución de un proyecto o actividad. Los componentes ambientales que configuran objeto de protección del SEIA se desprenden del artículo 11 de la Ley N°19.300.

Organismos autótrofos: aquellos capaces de sintetizar materia orgánica a partir de las sustancias minerales.

⁷⁰ Referencia literal ñ), del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente.

Piezometría: se refiere a la medición del nivel piezométrico, que corresponde en los acuíferos libres a la altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar, y en los acuíferos confinados, corresponde a la presión existente y la altura que alcanzaría el agua sobre un punto del acuífero en el cual está se encuentra o un pozo o un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

Pitranto: bosque de pitras o agrupación de varios individuos de esta especie. Suele ser un área húmeda, pantanosa e incluso inundada.

Pomponales: humedales de origen reciente, formados luego de la quema o tala rasa de bosques característicos de sitios con drenaje pobre. También los llaman turberas antropogénicas o formaciones secundarias de musgo *Sphagnum*, donde algunas de ellas presentan acumulación de turba.

Porosidad: se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macroporos no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua, parte de la cual está disponible para las plantas.

Precipitación: corresponde a la entrada de agua en el sistema desde la atmósfera en forma líquida.

Red de drenaje: consiste en los caminos preferenciales que escoge el agua líquida al momento de escurrir hacia aguas abajo. Esta es consecuencia de procesos naturales (por ejemplo, escurrimiento previo, crecidas, geomorfología) y actividades antrópicas.

Salar: depresión en la superficie terrestre en la cual se han depositado sales cristalizadas productos de la evaporación de agua salada⁷¹. Se refiere a una cuenca hidrográfica endorreica con una evaporación mayor que la escorrentía, donde llegan aguas con alta concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT) (por ejemplo, boratos, cloruros, nitratos, sulfatos). Al evaporarse el agua, aumenta la concentración de las sales en el lugar.

Servicios Ecosistémicos (SSEE)⁷²: contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano.

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA): instrumento regulado por Ley N°19.300 y administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) para prevenir el deterioro ambiental al introducir esta dimensión en el diseño y ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país. A través de él se evalúa y certifica que las actividades y proyectos

⁷¹ Referencia glosario de términos geográficos, disponible en la Biblioteca del Congreso Nacional. http://www.bcn.cl/siit/glosario/index_html.

⁷² Referencia literal r), del artículo 2º, del Reglamento de la Ley N°21.202, del 2020, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente.

estén en condiciones de cumplir los requisitos ambientales que le son aplicables de acuerdo con la legislación.

Suelo hídrico: suelo formado en condiciones de saturación o inundación prolongada durante la estación de crecimiento de las plantas.

Suelo mineral: aquel cuyo contenido de material orgánico es inferior a 20%. Los componentes principales de dichos suelos son la arena, el limo y la arcilla, y cantidades variables de fragmentos de mayor granulometría. Este tipo de suelo se forma a partir de materiales transportados por el viento y el agua.

Suelo orgánico: aquel compuesto por elementos minerales y materia vegetal en proceso de descomposición como resultado de las condiciones de escasez de oxígeno.

Tapetes microbianos: hábitat acuático interfacial en el que muchos microorganismos están comprimidos lateralmente, interactuando fisicoquímicamente unos con otros en estrechos límites temporales y espaciales. Se encuentran en ambientes extremos como zonas polares, fuentes termales, desiertos y lagos hipersalinos, entre otros, donde la acumulación de biomasa se ve favorecida por la baja presencia de organismos consumidores.

Textura (de suelo): se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad relevante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

Tranque: reservorios de agua para irrigación o consumo humano, con un patrón de vaciado gradual y estacional.

Turbera: corresponde al área donde la turba está siendo producida y acumulada. Se entiende por turba a una acumulación biológica natural constituida por restos de plantas y partículas de humus en forma sedentaria, es decir, la materia orgánica se produce a mayor velocidad que la que se descompone, en un ambiente anaeróbico saturado de agua.

Vega: corresponde a una llanura aluvial, llanura de inundación o valle de inundación, terreno bajo y llano que puede ser inundado ante una eventual crecida de las aguas de una corriente fluvial cercana. En la ecorregión altiplánica, se diferencia de las formaciones de bofedales en cuanto estos últimos presentan un crecimiento en forma de cojín.

Vegetación azonal: formación vegetal que presenta una forma de distribución que responde a condiciones locales, normalmente asociadas a características del suelo o sustrato, o humedad, sin observarse un patrón continuo de distribución.

Vegetación halófila: plantas adaptadas para vivir en condiciones de alta salinidad.

Vegetación hidrófita: plantas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie del agua (Den Hartog y Segal, 1964 y Cirujano *et al.*, 2002), es decir, tienen toda su estructura vegetativa en el agua.

Vegetación higrófita: las especies higrófitas no forman parte de la flora hidrófita, en ocasiones suelen acompañar la flora de humedales. Para humedales de la zona sur Chile, donde existe mayores precipitaciones y la humedad ambiental, es común una zona de transición entre la vegetación hidrófila y aquella terrícola más propia de la ecorregión (MMA y ONU, 2022).

Vegetación ribereña (ripariana): plantas que en mayor o menor medida dependen del agua existente en cuerpos de agua, pudiendo ser vegetación que necesite estar en contacto directo con el agua presente en el subsuelo saturado de la ribera o en contacto con el agua que extrae del subsuelo mediante capilaridad.

Xerofítica: especie vegetal adaptada a un medio seco por su estructura, por su temperatura o por otras causas.

ANEXO 2. CLASIFICACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES

CATEGORÍA	DEFINICIÓN
1	Humedales marinos y costeros
1.1	Estuarinos
1.1.1	Intermareales
1.1.1.2	Planicies intermareales, salinas de barro y arena, con escasa vegetación
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
1.1.1.4	Humedales boscosos de entre mareas, incluyendo manglares y bosques inundados por agua dulce influenciados por las mareas
1.1.2	Submareales
1.1.2.1	Aguas estuarinas, aguas de estuario permanentes y sistemas de deltas estuarinos
1.2	Lago salado
1.2.1	Lago salado
1.2.1.1	Lagos, planicies o humedales, permanentes o temporales, salobres, salinos o alcalinos
1.3	Lagunar
1.3.1	Lagunar
1.3.1.1	Lagunas salobres o salinas conectadas estrechamente al mar
1.4	Marinos
1.4.1	intermareales
1.4.1.1	Costas marinas rocosas, incluyendo acantilados y playas rocosas

1.4.1.2	Sedimentos intermareales, cubiertos por vegetación, incluyendo marismas y manglares en costas protegidas
1.4.1.3	Playas con piedras y gravas redondeadas
1.4.1.4	Planicies intermareales inestables, sin vegetación, dunas, y salinas
1.4.2	Submareales
1.4.2.1	Arrecifes de coral
1.4.2.2	Aguas someras desprovistas de vegetación, con menos de 6 m de profundidad en marea baja. Incluye bahías y estrechos marinos
1.4.2.3	Vegetación acuática submarina, incluyendo bancos de algas, pastos marinos y praderas marinas tropicales
2	Humedales continentales
2.1	Lacustres
2.1.1	Estacionales
2.1.1.1	Lagos de agua dulce estacionales (de más de 8 ha), incluyendo lagos de llanuras de inundación
2.1.2	Permanentes
2.1.2.1	Lagos de agua dulce permanentes (de más de 8 ha), incluyendo las orillas sujetas a inundaciones estacionales o irregulares
2.1.2.2	Lagunas de agua dulce permanente (de menos de 8 ha)
2.1.2.3	Salares
2.2	Palustres
2.2.1	Boscosos
2.2.1.1	Humedales de arbustos de agua dulce sobre suelos inorgánicos (hualves, pitrantes)
2.2.1.2	bosques pantanosos de agua dulce de inundación estacional sobre suelos inorgánicos (hualves, pitrantes)
2.2.1.3	Turberas boscosas

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
2.2.2.2	Humedales de agua dulce que generan turba (mallines)
2.2.2.3	Humedales de agua dulce estacionales sobre suelos inorgánicos, incluyendo praderas de inundación estacional y juncales
2.2.2.4	Turberas, incluyendo suelos ácidos, ombrogénicos o histosoles cubiertos por musgo, hierbas o vegetación arbustiva enana
2.2.2.5	Humedales andinos incluyendo praderas de inundación estacional alimentadas por aguas temporales provenientes del deshielo
2.2.2.5.1	Bofedal
2.2.2.5.1.1	No salino
2.2.2.5.1.2	Salino
2.2.2.5.2	Pajonal hídrico
2.2.2.5.2.1	No salino
2.2.2.5.2.2	Salino
2.2.2.5.3	Vega
2.2.2.5.3.1	No salino
2.2.2.5.3.2	Salino
2.2.2.6	Vertientes de agua dulce y oasis con vegetación circundante
2.2.2.7	Fumarolas volcánicas humedecidas por vapor de agua emergente o condensado
2.3	Ribereños
2.3.1	Permanentes
2.3.1.1	Deltas interiores
2.3.1.2	Ríos y esteros permanentes incluyendo cascadas

2.3.2	Temporales
2.3.2.1	Ríos y esteros estacionales o irregulares
2.3.2.2	Llanuras ribereñas de inundación, incluyendo planicies de ríos, cuencas hidrográficas inundadas, praderas de inundación estacional
3	Humedales artificiales
3.1	Áreas de almacenamiento de agua
3.1.1	Tranque
3.1.2	Embalse
3.2	Explotación de sal
3.2.1	Salinas

Fuente: modificado de Edáfica⁷³, 2020

⁷³ Disponible en <https://humedaleschile.mma.gob.cl/inventario-humedales/>.

ANEXO 3. CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS AL OBJETO DE PROTECCIÓN AGUA

a) Ciclo hidrológico

En su conceptualización más básica, el ciclo hidrológico es un conjunto de procesos, constituido por flujos y almacenamientos que sufre el agua y que se desarrollan en un entorno geográfico determinado. El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología, estudio que implica la comprensión del ciclo donde el agua se evapora desde los cuerpos de agua (por ejemplo, ríos, lagos, océanos) y pasa a ser parte de la atmósfera como vapor de agua, hasta que se condensa y cae como precipitación a la superficie terrestre o cuerpos de agua. El agua que precipita sobre la superficie terrestre alcanza el suelo donde puede infiltrar, escurrir superficialmente o evaporarse, siendo una fracción interceptada por la vegetación.

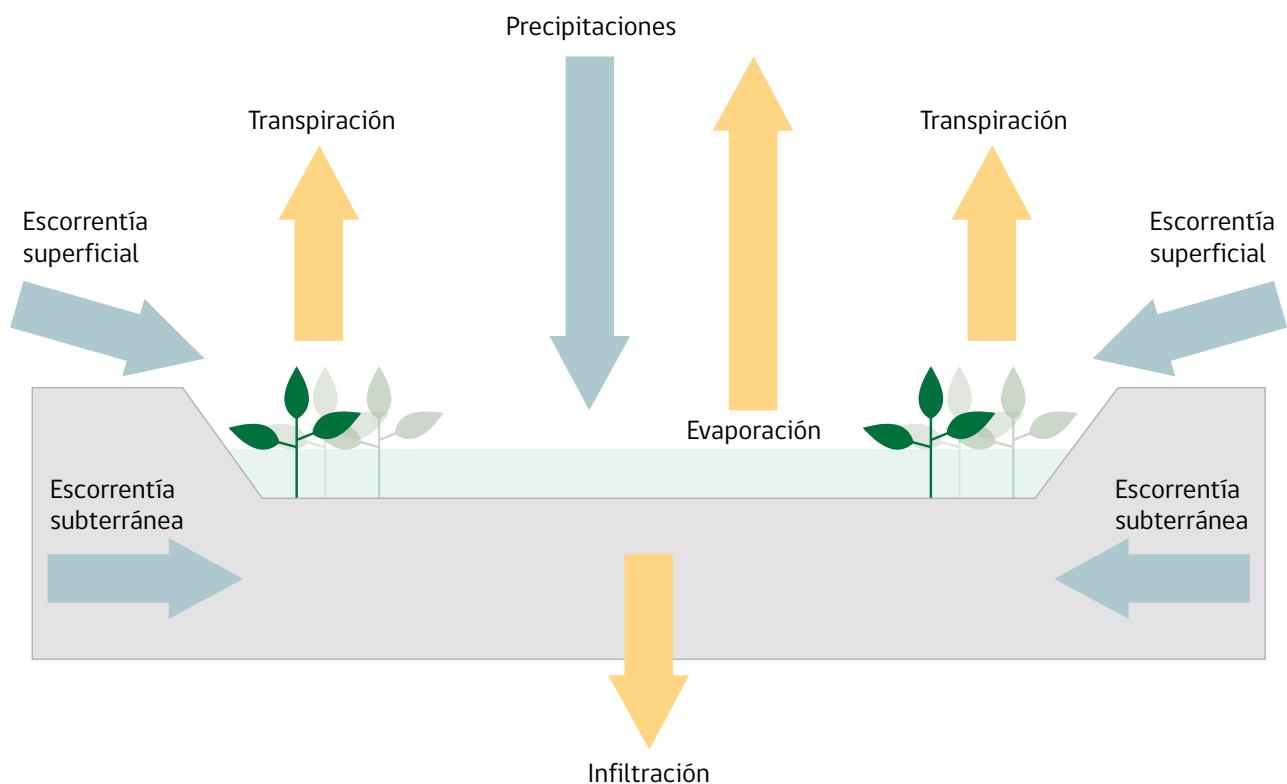
El agua que infiltra puede penetrar hacia las capas de suelo más profundas (percolación o recarga del acuífero) o fluir a través del suelo como escorrentía subsuperficial. La recarga al acuífero, su dinámica y relación con los cuerpos de agua superficiales generan un flujo base, representado por el escurrimiento o nivel de agua que observamos la mayor parte del tiempo, por ejemplo en ríos. El agua que escurre en la cuenca puede fluir hacia un punto común o al mar, o bien evaporarse, continuando así con el ciclo hidrológico nuevamente.

Este ciclo (ver Figura 22) está determinado por procesos o flujos (cantidad de agua en una unidad de tiempo) y almacenamientos (cantidad de agua expresada en unidades de volumen) **relacionados entre sí y con el medio físico donde ocurren**, es decir, la cuenca y los ecosistemas acuáticos y terrestres presentes. Dentro de estos se considera:

- **Precipitación:** cantidad de agua que entra al sistema (cuenca) desde la atmósfera en estado sólido o líquido.
- **Evaporación:** fenómeno físico en el que el agua se transforma en vapor.
- **Transpiración:** fenómeno físico-biológico por el cual el agua cambia del estado líquido a gaseoso mediante el metabolismo de las plantas.
- **Evapotranspiración:** evaporación más transpiración es la cantidad de agua que se pierde del sistema (cuenca) debido a la radiación solar, ya sea por sublimación o evaporación, más la transpiración desde la vegetación, en caso de que esté presente.
- **Infiltración:** cantidad de agua proveniente de precipitación o riego que entra al suelo superficial. Este flujo de entrada depende de las características físicas del suelo, la humedad en este, la precipitación caída y la evaporación.
- **Percolación:** cantidad de agua proveniente de la infiltración y que penetra al acuífero, constituyendo la recarga.

- **Escorrentía:** cantidad de agua que circula por los cauces de los ríos y se conceptualiza como la sumatoria de tres componentes: escorrentía superficial (escurre sobre el suelo), subsuperficial (escurre en el subsuelo), y flujo base (aporte desde el acuífero).

Figura 22. Diagrama conceptual del ciclo hidrológico

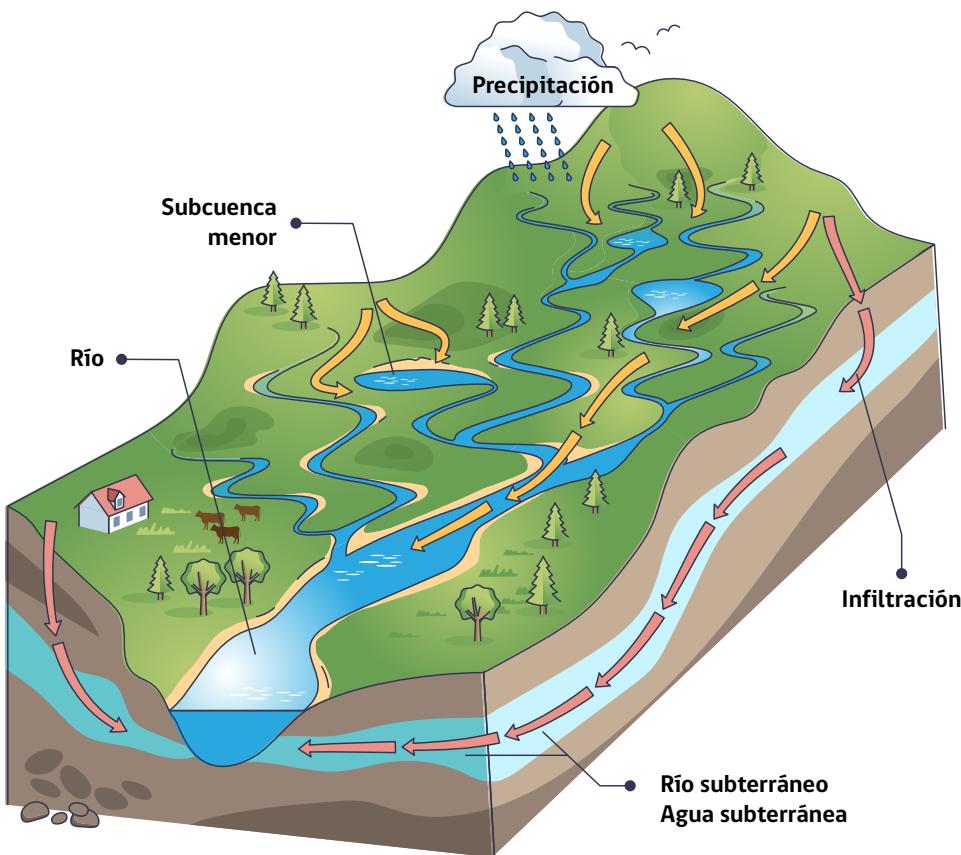


Fuente: Adaptado de Correa Araneda *et al.* 2011 por Rodríguez-Jorquera, *et al.*, 2020

b) Cuenca

La cuenca se define como el lugar geográfico en donde todas las aguas precipitadas sobre esta son drenadas o acumuladas en un mismo punto (ver Figura 23).

Figura 23. Esquema de una cuenca hidrográfica



Fuente: Adaptado de imagen de Adobe Stock

Según la forma de drenaje, las cuencas pueden ser clasificadas como:

- **Cuencas endorreicas:** aquellas cuyos ríos desembocan en lagos, pantanos y son cerradas, es decir, solo tienen salida por infiltración o evaporación. Por ejemplo, el lago Chungará y el salar de Atacama.
- **Cuencas exorreicas:** aquellas cuyo curso de agua desemboca en el mar. Por ejemplo, el río Loa y el río Palena.

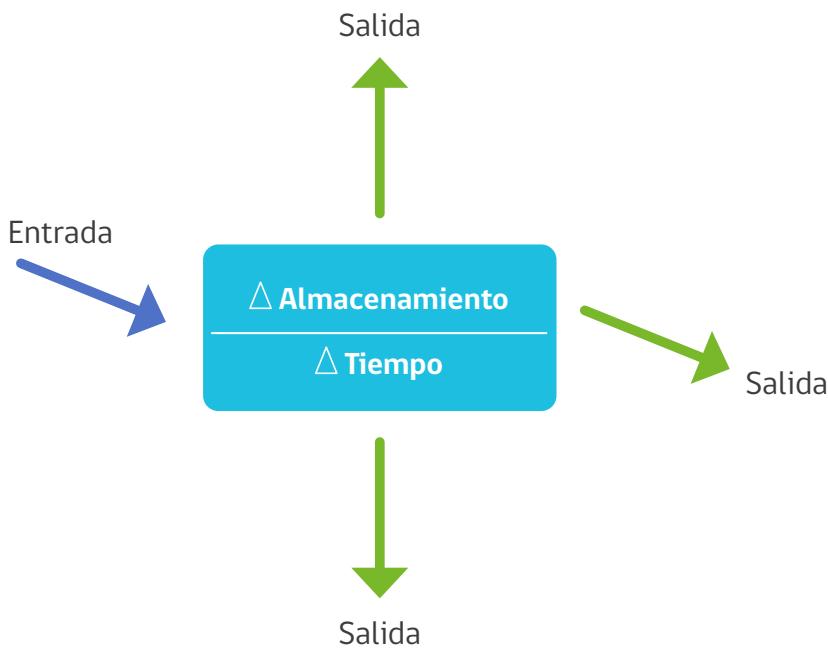
- **Cuencas arreicas:** aquellas que no desembocan a ninguna masa de agua, ni mar ni lagos. Por ejemplo, sus aguas se evaporan o infiltran antes de llegar a una red de drenaje establecida.

c) Balance hídrico

El balance hídrico es una metodología cuyo objetivo es conocer el almacenamiento en un cuerpo de agua o sistema en una unidad de tiempo determinada. Para esto es necesario definir el lugar físico donde se requiere realizar el balance, que puede ser, por ejemplo, el humedal, la cuenca o el suelo superficial; e identificar las entradas y las salidas de agua al sistema, así como la ecuación de balance.

En la Figura 24 se presenta un esquema simplificado de balance hídrico en un humedal, donde las entradas podrían ser por precipitación o drenaje desde otro cuerpo de agua, por ejemplo, mientras que las salidas pueden ser por evaporación, evapotranspiración, infiltración o conexión con otro cuerpo de agua. También cabe considerar que tanto los flujos de entradas o salidas también podrían deberse a intervenciones antrópicas. Una de las formas en que el agua superficial se relaciona con el suelo es mediante la infiltración o la conexión del flujo de agua con otros cuerpos de agua, por ejemplo, un acuífero. Además, la interacción entre estos OP determina el tipo de vegetación y fauna, adaptándose a la dinámica espacial y temporal de disponibilidad de agua.

Figura 24. Esquema de balance hídrico en un humedal



Fuente: elaboración propia

ANEXO 4. CLASIFICACIÓN DE LA FLORA HIDRÓFILA

CLASIFICACIÓN		EJEMPLO		
Hidrófitas o plantas acuáticas	Flotantes	Arraigadas (natantes)	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	
		De vida libre	<i>Lemna valdiviana</i>	
	Sumergidas	Arraigadas	<i>Elodea potamogeton</i>	
		De vida libre	<i>Ceratophyllum demersum</i>	
		Herbáceas glicófilas		
		Halófilas		
		Anfibias		
		Leñosas		
Helófitas o plantas palustres (emergentes)		<i>Anagallis alternifolia</i>		
		<i>Sarcocornia neei</i>		
		<i>Cyperus reflexus</i>		
		<i>Amomyrtus luma</i>		

Fuente: MMA y ONU, 2022

El reconocimiento de las especies hidrófilas y sus formas de vida es relevante en el estudio de los humedales, ya que como se mencionó en el numeral 2.2 de esta Guía, un criterio para reconocer un humedal es que al menos de forma periódica, la tierra soporta vegetación predominantemente hidrófila (Cowardin *et al.*, 1979), lo que incluye las plantas acuáticas y palustres. A modo referencial, se han identificado 274 especies de plantas acuáticas y palustres indicadoras de humedales en Chile, que incluyen especies nativas e introducidas (MMA y ONU, 2022).

Desde un punto de vista de la evaluación ambiental, es más precisa la comprensión de los impactos sobre la flora y vegetación si se conocen en detalle las formas de vida de las especies presentes en el humedal. Por ejemplo, la alteración de la cantidad y calidad del agua puede afectar de manera distinta a las especies de plantas de acuerdo con sus requerimientos hídricos o de salinidad.

ANEXO 5. CATEGORÍAS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SU RELACIÓN CON HUMEDALES

a) Servicios de aprovisionamiento

Los SSEE de aprovisionamiento corresponden a todos los productos tangibles de los ecosistemas y que son utilizados por los seres humanos, ya sea para nutrición, obtención de materias primas, generación de energía, entre otros (por ejemplo, madera, frutos silvestres, fibras naturales). Estos suelen ser comercializados y consumidos directamente (De Groot *et al.*, 2002). Estos SSEE están directamente relacionados con el OP señalado en la letra c) del artículo 11 de la Ley N°19.300, especificado en la letra a) del artículo 7º de Reglamento del SEIA⁷⁴.

Los humedales desempeñan un papel crucial en el abastecimiento de agua dulce para el uso doméstico, el riego y la industria. Por lo tanto, el acceso y extracción de agua para diferentes usos permite describir este SSEE de aprovisionamiento de agua.

En este tipo de SSEE también se consideran los alimentos que se generan, la acuicultura y la pesca, así que por medio de las descripciones de estas actividades es posible reconocer la importancia y valoración económica de los humedales.

El servicio de provisión de alimentos está impulsado por grupos de especies más que por procesos, porque los grupos de especies contribuyen a este servicio como bienes que se pueden pescar o recolectar para consumo humano. Los alimentos proporcionados por los ecosistemas de humedales consisten principalmente en peces y mariscos comerciales (crustáceos y moluscos), pero también, en cierta medida, por macrófitas y macroalgas, estas últimas asociadas a sistemas de humedales salinos o de intrusión salina, ya sean estos natural o artificiales.

b) Servicios de regulación y mantenimiento

Los SSEE de regulación y mantenimiento, hacen referencia a los beneficios o contribuciones de los ecosistemas al bienestar de los humanos mediante la **regulación de procesos naturales, tales como purificación del agua, el control de la erosión, la captura de carbono** (Kandziora *et al.*, 2013). En esta definición general, se observa que el agua aporta a la regulación como componente estructurante y a través de los patrones de caudales. Los humedales retienen, liberan e intercambian agua, lo que influye en el control de las inundaciones, y en las altas mareas en los humedales costeros.

⁷⁴ Referente a la intervención, uso o restricción al acceso de los recursos naturales utilizados como sustento económico del grupo o para cualquier otro uso tradicional, tales como uso medicinal, espiritual o cultural.

En el marco de la evaluación ambiental, el control de riesgos naturales se vincula y aborda a través de los planes de prevención de riesgos y planes de contingencia de la DIA o el EIA.

Los descriptores asociados al OP agua y sus atributos hidrología e hidrogeología (tales como los patrones de caudales, los flujos máximos y mínimos a lo largo del tiempo, la dinámica de la intrusión salina, entre otros) constituyen atributos que permiten describir los SSEE de regulación y mantenimiento.

Otro de los SSEE de regulación de gran relevancia a nivel global por parte de los humedales es el **almacenamiento y secuestro de gases de efecto invernadero** como el dióxido de carbono, desempeñando un papel en la regulación del clima mundial. Las turberas (humedal continental de tipo infiltración saturado) y los humedales costeros constituyen grandes sumideros de carbono secuestrando casi tanto carbono como los bosques del mundo, aunque los humedales de agua dulce también representan la mayor fuente natural de metano (Moomaw *et al.*, 2018). También los humedales regulan el microclima, por ejemplo, en los entornos urbanos, donde pueden controlar las “islas de calor” (Grant, 2012).

Otro ejemplo de SSEE de regulación es el **servicio de biorremediación**, el cual involucra a muchos grupos de organismos bentónicos, por los procesos que llevan a cabo como la alimentación por filtración o la bioturbación que forman parte del ciclo de nutrientes a través del ecosistema (Gray y Elliott, 2009 y Queirós *et al.*, 2013). Los filtradores eliminan nutrientes y también algunas partículas de la columna de agua mediante el uso de energía derivada del fitoplancton, ingerido para el crecimiento y la reproducción, o excretan el fitoplancton digerido en gránulos fecales que se hunden en el lecho marino (Lindahl *et al.*, 2005 y Riisgård *et al.*, 2011). La infauna, que corresponde a los organismos que se desarrollan en el sedimento blando en el medio acuático, puede contribuir a este servicio a través de bioirrigación y bioturbación ayudando a extraer materia orgánica, como plancton muerto y gránulos fecales en el sedimento y esto temporalmente o, a veces permanentemente, elimina exceso de nutrientes del ecosistema (Gray y Elliott, 2009).

El **control biológico** es un servicio que se puede definir como la contribución de los ecosistemas de humedales al mantenimiento de la dinámica poblacional, resiliencia a través de la dinámica de la trama trófica, enfermedades y control de plagas. Estas especies pueden modificar el ecosistema y afectar los servicios de manera negativa cuando ocurren en alta abundancia. Las Floraciones de Algas Nocivas (FAN) pueden reducir la calidad del agua, reduciendo tanto la recreación y el esparcimiento como los servicios de producción de alimentos (Fleming *et al.*, 2006 y Fleming *et al.*, 2009). La filtración que realizan los bivalvos y otros invertebrados bentónicos puede controlar especies oportunistas, evitando la proliferación de algas nocivas. La depredación de las especies nocivas por aves, peces y mamíferos puede reducir o controlar la abundancia de tales especies, lo que ayuda a mantener el balance ecosistémico.

Mediante los ejemplos planteados anteriormente para los SSEE de regulación, es posible notar que todos los OP interactúan, desde el agua, pasando por el suelo y los procesos que permiten y se desarrollan gracias a la biota presente en los humedales.

c) Servicios culturales

Los SSEE culturales son los beneficios no materiales que las personas pueden obtener desde los ecosistemas a través de actividades espirituales, desarrollo cognitivo, reflexión y recreación, incluyendo el desarrollo de conocimiento, relaciones sociales y valores estéticos (MEA, 2005). En esta tipología se agrupan diversos tipos de servicios: patrimoniales, culturales y recreacionales, como se señala en la Tabla 3.

Las características naturales de los humedales y otros ecosistemas a menudo revisten una importancia cultural y espiritual, incluyendo su relación a la identidad regional. En esta descripción se debe sumar las características creadas por el ser humano, así como accesos viales, marítimos y aéreos, para acceder a los sitios donde se desarrollan actividades recreacionales asociadas a los humedales. Los seres humanos pueden disfrutar de los ecosistemas en beneficio del ocio y recreación de varias formas, como natación, pesca y observación de la vida silvestre (observaciones desde embarcaciones o desde la costa o en el agua a través del buceo). En los humedales, el servicio de esparcimiento y recreación está ligado muchas veces a la presencia de fauna que se puede observar participando en paseos en barco o visitando colonias de anidación y reproducción. Además, este servicio incluye la provisión de recursos para la pesca deportiva y el buceo, por ejemplo, especies de peces e invertebrados. La provisión de agua limpia también se incluye para la natación y, por lo tanto, el ocio y la recreación están vinculados a la biorremediación y control biológico por parte de la fauna presente (Broszeit et al., 2019). Otro ejemplo es el de la cestería de las comunidades Kawésqar gracias a la técnica ancestral y la vegetación presente en los humedales, o en el caso de cultura mapuche, la recolección de plantas de uso medicinal o *lawen* asociada a lugares húmedos como pozas, manantiales o pantanos, denominados *menokos* (Becerra y Llanquinao, 2017).

d) Servicios de sustento o soporte

Si bien este tipo de SSEE se reconoce en el MEA (2005), en la actualidad se reconoce como base o sustento para la generación de los otros tres tipos de servicios. De acuerdo con Haines-Young y Potschin (2018), los SSEE de soporte se constituyen como servicios intermedios y soportan a los de una mayor escala. Ejemplos de SSEE de soporte en humedales son el ciclo hidrológico, ciclos de nutrientes y la formación de suelos. Se destaca que estos ciclos son evidentemente relacionados al agua, tanto aguas superficiales como subterráneas, el suelo y la interacción entre ellos. Además, en el caso de la formación de suelos se incluyen organismos de flora y fauna que contribuyen a la formación del suelo y la integridad ecológica del mismo. Por lo tanto, se pone de manifiesto que los descriptores para cada uno de estos OP (agua, suelo, flora y vegetación) requieren ser analizados con la óptica de las interacciones entre componentes y el enfoque ecosistémico. Para dicho análisis son de utilidad los modelos conceptuales ecosistémicos.

ANEXO 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acreman, M. C., Fisher, J., Stratford, C. J., Mould, D. J., Mountford, J. O. 2007. Hydrological science and wetland restoration: Some case studies from Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(1), 158–169.
- Ahumada, M. y Faúndez, L. 2009. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.
- Balvanera, P., Basurto, X., Klain, S. C., Tam, J. 2013. Humans and Nature: How Knowing and Experiencing Nature Affect Well-Being. *Annual review of environment and resources*, 38, 6-1.
- Barrera, S. 2011. Análisis del nivel hídrico y las condiciones del humedal de la laguna de Batuco. Tesis de pregrado. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/>.
- Becerra, P., G. y Llanquinao. 2017. *Mapun Kimun. Relaciones mapunche entre persona tiempo y espacio*. Ocho Libros Editores.
- Blarasín, M. y A. Cabrera. 2005. *Agua subterránea y ambiente*. 30 páginas. Edición Agencia Córdoba Ciencia.
- Börger, T., Beaumont, N. J., Pendleton, L., Boyle, K. J., Cooper, P., Fletcher, S., Haab, T., Hanemann, M., Hooper, T. L., Hussain, S. S., Portela, R., Stithou, M., Stockill, J., Taylor, T., Austen, M.C. 2014. Incorporating Ecosystem Services in Marine Planning: The Role of Valuation. *Marine Policy* 46: 161- 170.
- Broszeit S., Beaumont N.J., Hooper T.L., Somerfield P.J., Austen M.C. 2019. Developing conceptual models that link multiple ecosystem services to ecological research to aid management and policy, the UK marine example. *Marine Pollution Bulletin*. 141: 236–243.
- Campos H., Alay F., Ruiz V. H., Gavilán J. F. 1993. Antecedentes biológicos de la fauna íctica presente en la hoya hidrográfica del río Biobío. Seminario Limnología y Evaluación de Impacto Ambiental, Universidad de Concepción, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Centro EULA-Chile.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P.; Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D, y Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67.
- Cavanagh, R. D., Broszeit, S., Pilling, G. M., Grant, S. M., Murphy, E. J., Austen, M. C. 2016. *Valuing biodiversity and ecosystem services: a useful way to manage and conserve marine resources?* *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1844), 20161635.
- Centro de Ecología Aplicada (CEA). 2018a. Monitoreo estacional de variables bióticas y abióticas en los salares de Coposa y Michincha. Disponible en: <https://ssa.sma.gob.cl/>.

Centro de Ecología Aplicada (CEA) 2018b. Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile. Fondo de investigación Pesquera y de Acuicultura FIPA de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Disponible en: <https://www.subpesca.cl/>

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 2013. *Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país*. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/>.

Cirujano, S., Medina, I., Chirino, M. 2002. Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha. CSIC – Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo.

Corporación Nacional Forestal (Conaf). 2018. Plan de Manejo Reserva Nacional el Yali. Disponible en: <https://www.conaf.cl/>.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama). 2009. Humedales. Espacios para la conservación de la biodiversidad en la región de la Araucanía, Chile. Disponible en: <http://bdrnap.mma.gob.cl/>

Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) y Centro de Ecología Aplicada (CEA). 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Disponible en: <http://biblioteca.cehum.org/>.

Contreras, M. y Farías M. E. 2017. Guía para la conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos: tapetes microbianos, microbialitos y endoevaporitas.

Convención Ramsar sobre los humedales. 2007. Documento informativo Ramsar N°1. ¿Qué son los humedales?. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland (Suiza) 2 pp. Disponible en www.ramsar.org.

Convención Ramsar sobre los humedales. 2016. Manual de la Convención Ramsar 5a Edición. Introducción a la convención sobre los humedales. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland (Suiza) 118 pp. Disponible en www.ramsar.org.

Convención Ramsar sobre los humedales. 2018. Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Gland (Suiza). Secretaría de la Convención Ramsar.

Correa, C. y Méndez, M. 2018. Anfibios. En: Ministerio del Medio Ambiente. *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos*. Tercera edición. Tomo II, pp. 143-151.

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* (28): 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.

Cowardin, L., Carter, V., Golet, F., Laroe, E. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.

Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., Ricketts, T. H., Salzman, J., Shallenberger, R. 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7, 21-28.

- De Groot, R. S. 1994. Environmental functions and the economic value of natural ecosystems. In *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*, pp. 151–168.
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393–408.
- De Groot, R., Stuip, M. A. M., Finlayson, C. M., Davidson, N. 2007. Valoración de humedales: Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales, Informe Técnico de Ramsar núm. 3/núm. 27 de la serie de publicaciones técnicas del CDB. Secretaría de la Convención Ramsar. Gland (Suiza) y Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal (Canadá).
- Den Hartog, C. y Segal, S. 1964. A new classification of the water-plants communities. *Acta botanica Neerlandica* 13(3): 367–393.
- Dyer, B. S. 2000. Revisión sistemática biogeográfica de los peces dulceacuícolas de Chile. *Estudios Oceanológicos*. 19: 77 – 98.
- Edáfica. 2020. Inventario de humedales urbanos y actualización catastro nacional de humedales. Informe etapa III. Licitación 608897-16-LE19370-AGA-18-4-203
- Fierro, P., Valdovinos, C., Vargas-Chacoff, L., Bertrán, C., Arismendi, I. 2017. Macroinvertebrates and fishes as bioindicators of stream water pollution. *Water Quality*. Intechopen, Rijeka, 23–38.
- Fleming, L. E., Broad, K., Clement, A., Dewailly, E., Elmir, S., Knap, A., Pomponi, S.A., Smith, S., Solo Gabriele, H., Walsh, P. 2006. Oceans and human health: emerging public health risks in the marine environment. *Marine pollution bulletin*. 53, 545–560.
- Fleming, L. E., Bean, J. A., Kirkpatrick, B., Cheng, Y. S., Pierce, R., Naar, J., Nierenberg, K., Backer, L. C., Wanner, A., Reich, A., Zhou, Y., Watkins, S., Henry, M., Zaias, J., William M. A., W.M., Benson, J. Cassedy, A., Hollenbeck, J., Kir kpatick, G., Clarke, T. & Baden, D. G. 2009. Exposure and effect assessment of aerosolized red tide toxins (brevetoxins) and asthma. *Environmental health perspectives*, 117(7), 1095–1100.
- Grant, G. 2012. *Ecosystem services come to town: greening cities by working with nature*. John Wiley & Sons.
- Gray, J. y Elliott, M. 2009. *Ecology of Marine Sediments: From Science to Management*. Oxford University Press.
- Gutiérrez, M. F., Gagneten, A. M. 2011. Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce: Avances metodológicos y potencialidad de cladóceros y copépodos como organismos test. *Revista peruana de biología*, 18(3), 389–396.
- Habit E., Dyer B.S., Vila, I. 2006. Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*. 70(1): 100–113.
- Habit, E., Górski, K., Alò, D., Ascencio, E., Astorga, A., Colin, N., Contador, T., de los Ríos, P., Delgado, V., Dorador, C., Fierro, P., García, K., Parra, O., Quezada- Romegialli C., Ried, B., Rivera, P., Soto-Azat, C., Valdovinos, C., Vera-Escalona, I., Woelfl, S. 2019. Biodiversidad de ecosistemas de agua dulce. En Marquet *et al.* (editores), *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia*

- científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Haines-Young, R. y Potschin, M. B. 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Disponible en www.cices.eu.
- Horton R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- Hyder, K., Rossberg, A. G., Allen, J. I., Austen, M. C., Barciela, R. M., Bannister, H. J., Blackwell, P. G., Blanchard, J.L., Burrows, M.T., Defriez, E., Dorrington, T., Edwards, K., Garcia-Carreras, B., Heath, M.R., Hembury, D.J., Heymans, J.J., Holt, J., Houle, J., Jennings, S., Mackinson, S., Malcom, S., McPike, R., Mee, L., Mills, D.K., Montgomery, C., Pearson, D., Pinnegar, J.K., Pollicino, M., Popova, E.E., Rae, L., Rogers, S.I., Speirs, D., Spence, M.A., Thorpe, R., Turnes, K., van der Molen, J., Yool, A., Paterson, D. M. 2015. Making modelling count-increasing the contribution of shelf-seas community and ecosystem models to policy development and management. *Marine Policy*, 61, 291-302.
- Illies, J. y Botosaneanu, L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen*, 12(1), 1-57.
- Jara, C. G., Rudolph, E. H., González, E. R. 2006. Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 40-49.
- Jirka, G. H. y Akar, P. J. 1991. Hydrodynamic classification of submerged multiport-diffuser discharges. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117(9), 1113-1128.
- Kandziora, M., Burkhard, B., Müller, F. 2013. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. *Ecosystem Services*, 4, 47-5.
- King, R. T. 1966. *Wildlife and man*. New York State Conservation Department.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. Pp.210 - 221. In: Black, B.C. A. (Editor). *Methods of Soil Analysis. Agronomy 9: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling*, 9, 210-221.
- Kondolf, G. M. 1997. PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management*, 21(4), 533-551.
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L.-O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A. S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, U. 2005. Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish society. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(2), 131-138.
- Lobos, G., Vidal, M., Correa, C., Labra, A., Díaz - Páez, H., Charrier, A., Rabanal, F., Díaz, S., Tala, C. 2013. *Anfibios de Chile, un desafío para la conservación*. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. Santiago. 104 p.
- Luebert, F. y Pliscoff, P. 2017. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile* (Vol. 2). Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

- Mach, M. E., Martone, R. G., Chan, K. M. 2015. Human impacts and ecosystem services: Insufficient research for trade-off evaluation. *Ecosystem services*, 16, 112-120.
- Millenium Ecosystem Assesment (MEA). 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. World Resources Institute.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2012. Decreto Supremo N°40, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en el centro de documentación de la Biblioteca del Congreso Nacional de su sitio web, www.bcn.cl.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2018. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo I, 4 páginas. Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2018. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030. Santiago, Chile. Disponible en <https://mma.gob.cl/>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2021. Guía de buenas prácticas ambientales en Humedales Costeros de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile". Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 104 p
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2022. Guía de delimitación y caracterización de humedales urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile" por Edáfica Suelos y Medio Ambiente. Santiago, Chile. 200 p.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 1994. Ley N°19.300, Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Disponible en el centro de documentación de la Biblioteca del Congreso Nacional de su sitio web, www.bcn.cl.
- Mitchell, M. G., Bennett, E. M., Gonzalez, A. 2015. Strong and nonlinear effects of fragmentation on ecosystem service provision at multiple scales. *Environmental Research Letters*, 10(9), 094014.
- Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Natali, S. M., ... Sutton-Grier, A. E. 2018. Wetlands in a changing climate: science, policy and management. *Wetlands*, 38(2), 183-205.
- Muñoz-Pedreros A., Quintana, J. 2010. Evaluación de fauna silvestre para uso ecoturístico en humedales del río Cruces, sitio Ramsar de Chile.
- Muñoz-Pedreros A. 2018. Diversidad de fauna silvestre presente en los humedales. En: Hernández, M., Bejcek, A., Muñoz-Pedreros, A. (eds.) *Humedales. La importancia de su valorización y conservación en la Región de La Araucanía*: 27-30. Ministerio del Medio Ambiente. CEA Ediciones, Valdivia.
- Murcia C. 1995. *Edge effects in fragmented forests: implications for conservation*. Trends Ecology Evolution, 10(2), 62.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*, 3rd ed. WB. Saunders, Philadelphia.

- Odum E. P. y Odum H. T. 1972. Natural areas as necessary components of man's total environment. Washington, DC: Wildlife Management Institute, *North American Wildlife and Natural Resources Conference*, Proceedings 37.
- Oscoz, J., Campos Sánchez-Bordona, F., Escala, M. D. C. 2006. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25(3), 683-692.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325, 419-422.
- Parada, E. y Peredo, S. 2006. Estado de conocimiento de los bivalvos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 82-87.
- Parra-Coloma, L., Urrea, M., Aguayo-Molina, M. F. 2014. Aves en un humedal boscoso costero de la región de la Araucanía: Humedal de Mahuidanche. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 2(3):67-73.
- Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience*, 47(11), 747-757.
- Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegaard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E., Stromberg, J. C. 1997. The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience* 47(11): 769-784.
- Potschin-Young, M., Haines-Young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K., Schleyer, C. 2018. Understanding the role of conceptual frameworks: reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services*, 29, 428-440.
- Queirós, A. M., Birchenough, S. N., Bremner, J., Godbold, J. A., Parker, R. E., Romero-Ramirez, A., Reiss, H., Solan, M., Somerfield, P. J., Colen, C. 2013. A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. *Ecology and evolution*, 3(11), 3958-3985.
- Ramírez, C. y San Martín, C. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. En: Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., Ramírez, C. (eds.) *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp 21-61.
- Rodríguez-Jorquera, I., Rivera-Bravo, D., Sciaraffia, F., Márquez-García, M., Tomasevic, J.A., Mellado, C., & Möller, P. 2020. "Propuesta de criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos en Chile". Informe Final. Centro de Humedales Río Cruces de la Universidad Austral de Chile, Centro de Derecho y Gestión de Aguas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, GeoAdaptive LLC y Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile. Disponible en: <https://gefhumedales.mma.gob.cl/>
- Riisgård, H. U., Egede, P. P., Barreiro Saavedra, I. 2011. Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: new observations, with a minireview of current knowledge. *J. Journal of Marine Biology*.

Rueda-Jasso, R. A., los Santos-Bailón, D., Fuentes-Farias, A. L., Gutierrez-Ospina, G. 2014. Toxicidad letal y subletal del fosfato de sodio dibásico y efectos en branquias y conducta de las crías del pez goodeido *Skiffia multipunctata*. *Hidrobiológica*, 24(3), 207-214.

Ruiz, V. H. y Berra, T. M. 1994. Fishes of the high Biobío river of south-central Chile with notes on diet and speculations on the origin of the ichthyofauna. *Ichthyological exploration of freshwaters*. Munchen, 5(1), 5-18.

Schandl, H., Hatfield-Dodds, S., Wiedmann, T., Geschke, A., Cai, Y., West, J., Newth, D., Baynes, T., Lenzen, M., Owen, A. 2016. Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 132, 45-56.

Schlatter, R y Sielfeld, W. 2006. Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales de Chile. En: Vila I, Veloso A, Schlatter R, Ramírez C (Eds.) *Macrófitas y Vertebrados de los Sistemas Límnicos de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 141-187.

Servicio Agrícola Ganadero (SAG). 2012a. Guía de evaluación ambiental componente fauna silvestre. Disponible en <http://www.sag.cl/>.

Servicio Agrícola Ganadero (SAG). 2012b. Manual para evaluación de línea base componente fauna silvestre. Disponible en <http://www.sag.cl/>.

Servicio Agrícola Ganadero (SAG). 2019. Guía de evaluación ambiental: Recurso natural suelo. Disponible en <http://www.sag.cl/>.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2015. Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2015. Guía calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2016. Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2017. Guía área de influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2020. Guía área de influencia de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2021. Guía para la descripción de proyectos de explotación de litio y otras sustancias minerales desde salares en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022a. Criterio de evaluación en el SEIA: Objetos de protección. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022b. Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022c. Guía metodológica para compensación de la biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022d. Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022e. Criterio de evaluación en el SEIA: Predicción y evaluación de impactos por ruido submarino. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022f. Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2023a. Guía de evaluación de efectos adversos sobre recursos naturales renovables (segunda edición). Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Servicio de Evaluación Ambiental, 2023b. Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental, 2023c. Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl.

Sutherland, W. J., Freckleton, R. P., Godfray, H. C. J., Beissinger, S. R., Benton, T., Cameron, D. D., Wiegand, T. 2013. Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of ecology*, 101(1), 58-67.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). 2010. Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington.

Valdovinos, C. 2006. Estado de conocimiento de los gastrópodos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 88-95.

- Van Wensem, J., Calow, P., Dollacker, A., Maltby, L., Olander, L., Tuvendal, M., Van Houtven, G. 2017. Identifying and assessing the application of ecosystem services approaches in environmental policies and decision making. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(1), 41-51.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1), 130-137.
- Ward, J. V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 8(1), 2-8.
- Webster J. R. y Patten B. C. 1979. Effects of watershed perturbation on stream potassium and calcium dynamics. *Ecological Monographs* 49(1), 51-72.
- White, E. y Kaplan, D. 2017. Restore or retreat? saltwater intrusion and water management in coastal wetlands. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(1), e01258.

