



Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica (V.2)



Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica



**Centro de Ecología Aplicada Ltda.
Comisión Nacional de Medio Ambiente
Gobierno de Chile**

**Informe Final
Diciembre 2006**

CONTRATO CONAMA N°31-22-001/05



ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
Resumen Ejecutivo	3
1 Introducción.....	5
1.1 Definición de humedales.....	5
1.2 Sistemas de clasificación humedales	7
1.3 Humedales en Chile	11
2 Objetivos.....	17
2.1 Objetivo general.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 Metodología	17
3.1 Definición ecotipos.....	19
3.2 Identificación espacial de ecotipos mediante SIG	19
3.3 Definición de atributos por ecotipos.....	23
3.4 Definición de funciones ecosistémicas por ecotipo.....	23
3.5 Definición de amenazas por ecotipos.....	23
3.6 Calibración de los ecotipos.....	23
4 Resultados	24
4.1 Definición de ecotipos	24
4.2 Ecotipos por región de Chile	29
4.3 Atributos por ecotipos: estructura y funcionamiento	56
4.4 Amenazas por ecotipos.....	73
4.5 Calibración y validación de ecotipos.....	76
4.6 Matriz de valoración.....	78
4.7 Plan de manejo por ecotipo.....	81
4.8 Bienes y servicios ecosistémicos	84
5 Conclusiones	88
5.1 Sistema clasificación ecotipos	88
5.2 Condición ambiental de ecotipos	88
5.3 Manejo de ecotipos.....	89
6 Recomendaciones	89
7 Referencias	91
8 Equipo de trabajo	95
9 Agradecimientos.....	95
10 Glosario	96
ANEXO 1	98



Resumen Ejecutivo

Los humedales son considerados dentro de los ecosistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Una herramienta importante que facilita el manejo y la conservación de humedales es el desarrollo de un sistema que clasifique estos sistemas en distintos ecotipos. Los ecotipos pueden ser asociados a distintas funciones y amenazas; estos atributos, cuando son evaluados en una perspectiva ecosistémica, pueden ser usados para identificar una jerarquía de sitios a conservar.

En Chile, existe una necesidad de enfocar la protección de humedales en una manera “concertada, adecuada y eficiente” (CONAMA, 2005). El año pasado, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) publicó una estrategia destinada a la conservación de humedales. Uno de sus objetivos es “incrementar el conocimiento sobre los humedales”. Para lograr este objetivo, CONAMA decidió crear un sistema de clasificación para los humedales chilenos, de acuerdo a sus características funcionales y estructurales, como una manera de definir distintos ecotipos de humedales. Para determinar las prioridades de conservación de humedales basados en la cuenca hidrográfica, a cada ecotipo se le asocian sus respectivas funciones y amenazas. En base a esta información, también es posible desarrollar planes de manejo generales para cada ecotipo. En este trabajo se elaboró una metodología para la conservación de humedales integrados a cuenca hidrográfica, a través del manejo sostenible, lo cual permita replicar la metodología a otros humedales, incluidos en las prioridades regionales y nacionales, donde la conservación sea relevante a nivel ecológico y social.

En este estudio se propone una estrategia basada en el uso de la visión ecosistémica, para realizar el sistema de clasificación. La unidad de análisis es el ecotipo, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

El sistema de clasificación permitió identificar 3 grandes familias de humedales (marinos, costeros y continentales) y diferentes clases. En enfoque propuesto en este estudio es complementario con la información disponible en la actualidad, ya que permite contextualizar e integrar estudios específicos con una visión global de los humedales. El sistema de clasificación se implementó en un Sistema de Información Geográfica, para disponer de una herramienta útil para la evaluación de la condición ambiental de los humedales. Sistema que fue calibrado y validado mediante visitas a diferentes humedales a lo largo del país.

En términos generales, es posible señalar que los humedales menos representados dentro de los sitios prioritarios y sistema de áreas protegidas, corresponden a los humedales costeros de la clase intrusión salina. Los cuales se encuentran con el



mayor grado de amenaza, situación que fue verificada durante las diferentes campañas a terreno realizadas entre la III y XI Región.

El sistema de clasificación basado en ecotipos vincula las propiedades de los humedales con sus amenazas, a través de un análisis jerárquico. Los resultados obtenidos en este estudio permitieron establecer que las amenazas son específicas a los humedales. Esta propiedad constituye una importante herramienta para el manejo de los humedales. Una de las amenazas que es importante destacar, es el drenaje de humedales, ya que esta actividad es apoyada e incentivada financieramente por el Gobierno de Chile a través del decreto Ley 701 sobre fomento forestal de 1974 y de la ley 18.450 de fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje de 1985. Esta última consiste en un programa de subsidios, en el cuál el estado puede llegar a financiar hasta el 75% de una obra de transformación de un humedal a un área apta para la agricultura. El decreto de Ley 701 fomenta la destrucción de ñadis a cambio de una bonificación del estado si es que esas tierras son transformadas en predios forestales.

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones para avanzar en la conservación efectiva de los humedales: a) realizar un catastro de humedales a nivel nacional, mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales de tipo Landsat. Catastro que permitiría evaluar la representatividad y validez de los sitios prioritarios y áreas protegidas respecto de la conservación humedales; y b) realizar una experiencia piloto que permita escalar los resultados obtenidos a una escala 1:50.000.

Los resultados logrados en este estudio se deben en gran medida, a la valiosa colaboración de cada uno de los integrantes del Comité Nacional de Humedales. Así como también a los integrantes de las CONAMA regionales, técnicos de los diferentes Servicios del Estado, académicos y representantes de las comunidades locales.



1 Introducción

Los humedales son considerados dentro de los ecosistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Estos sistemas tienen diversas funciones, tales como el ciclaje de nutrientes, la retención de sedimentos, control de inundaciones, y proveer hábitat para vida silvestre. Muchas de estas funciones son importantes para los humanos, por lo tanto son valoradas como servicios ecosistémicos. Las actividades antrópicas que amenazan estas funciones incluyen, entre otras, la extracción de agua para usos mineros, la contaminación por vertido de residuos domiciliarios e industriales, y el drenaje para la agricultura, todas las cuáles han hecho desaparecer los humedales, en altas tasas, en todo el mundo.

Una herramienta importante que facilita el manejo y la conservación de humedales es el desarrollo de un sistema que clasifique estos sistemas en distintos ecotipos. Los ecotipos pueden ser asociados a distintas funciones y amenazas; estos atributos, cuando son evaluados en una perspectiva ecosistémica, pueden ser usados para identificar una jerarquía de sitios a conservar.

En Chile, existe una necesidad de enfocar la protección de humedales en una manera “concertada, adecuada y eficiente” (CONAMA, 2005). El año pasado, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) publicó una estrategia destinada a la conservación de humedales. Uno de sus objetivos es “incrementar el conocimiento sobre los humedales”. Para lograr este objetivo, CONAMA decidió crear un sistema de clasificación para los humedales chilenos, de acuerdo a sus características funcionales y estructurales, como una manera de definir distintos ecotipos de humedales. Para determinar las prioridades de conservación de humedales basados en la cuenca hidrográfica, a cada ecotipo se le asocian sus respectivas funciones y amenazas. En base a esta información, también es posible desarrollar planes de manejo generales para cada ecotipo.

1.1 Definición de humedales

En la literatura existen diferentes formas de definir los humedales, y esto depende principalmente del enfoque y del uso que se le vaya a dar a esta definición. La mayoría incluye referencias a la hidrología, suelos y biota. A continuación presentamos algunas de éstas definiciones.

Ramsar: Para la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) los humedales se definen como: " las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así



como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal".

Cowardin et al., 1979: Esta definición es utilizada en el sistema de clasificación de los humedales de Estados Unidos: *"Los humedales son tierras de transición entre sistemas acuáticos y terrestres donde la columna de agua esta generalmente en o cerca de la superficie o la tierra esta cubierta por aguas superficiales. Los humedales deben tener uno o mas de los tres atributos siguientes: (1) al menos periódicamente, la tierra sostiene predominantemente hidrófitas, (2) el substrato es predominantemente tierra hídrica no drenada, y (3) el substrato no es suelo, y es saturado de agua o cubierto por agua superficial en algún momento durante la época de crecimiento de cada año"*

Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, 1995: Esta definición fue encargada por el congreso de Estados Unidos, para lo cual se creó un comité que tenía entre sus tareas crear una "definición de referencia" que estuviera "fuera del contexto de alguna agencia en particular, política o regulación". Cabe destacar que en esta definición los suelos hídricos y vegetación hidrofítica son características de diagnostico, en vez de necesidades absolutas para designar un humedal, al contrario de lo que hacen otras definiciones. En este caso los humedales quedan definidos como: *"Un ecosistema que depende de inundación superficial o saturación en o cerca de la superficie del substrato, constante o recurrente. La característica esencial mínima de un humedal es la inundación recurrente, sostenida, o la saturación en o cerca de la superficie y la presencia de atributos físicos, químicos y biológicos que reflejan inundación sostenida recurrente o saturación. Atributos de diagnostico comunes de los humedales son suelos hídricos y vegetación hidrofítica. Estos atributos estarán presentes excepto donde factores fisicoquímicos, bióticos o antropogénicos específicos los han removido o impedido su desarrollo."*

Ingenieros del ejército de Estados Unidos, 1999: Este organismo es el encargado de regular los permisos para drenaje y relleno de humedales en EE. UU. Ellos definen a los humedales como: *"Aquellas áreas que están inundadas o saturadas por agua superficial o subterránea en una frecuencia y duración suficiente para mantener, y en circunstancias normales mantiene, una prevalencia de vegetación típicamente adaptada para la vida en condiciones de suelo saturados. Los humedales generalmente incluyen pantanos, marismas, turberas, y áreas similares."*

Environmental Protection Agency (EPA), 1994: Esta definición se encuentra dentro de un glosario adjunto a un reporte sobre los ecosistemas de los grandes lagos de Estados Unidos: *"Un área que es regularmente saturada por agua superficial o subterránea, y que se caracteriza por la prevalencia de vegetación que esta adaptada a la vida en condiciones de suelos saturados (Ej., pantanos, turberas, marismas y estuarios)."*

Grupo de trabajo de humedales nacionales, Canadá, 1988: Esta definición es la oficialmente utilizada en Canadá, y es usada en el sistema de clasificación de los humedales canadienses (Warner & Rubec, 1997). *"Tierra que está saturada con*



agua el tiempo suficiente como para promover humedales o procesos indicados para suelos con poco drenaje, vegetación hidrófita y varios tipos de actividad biológica adaptados a ambientes húmedos”

Ley Orgánica del Ambiente, Costa Rica, 1995: Esta definición esta contenida el artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente número 7554: *“Los humedales son los ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia, hasta seis metros de profundidad en marea baja.”*

En nuestro país la definición establecida por Ramsar es oficial, en este estudio definiremos operacionalmente a los humedales como “ecosistemas asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los cuales permiten la existencia y desarrollo de biota acuática”.

1.2 Sistemas de clasificación humedales

Los sistemas de clasificación tienen como propósito agrupar e identificar distintos tipos de humedales para facilitar su inventario, manejo y conservación. A través del tiempo han existido diferentes aproximaciones para clasificar humedales, basados en las características físicas y/o biológicas de los sistemas. Las primeras evidencias de clasificaciones de humedales datan de los inicios del siglo XX, cuando se realizaron iniciativas para caracterizar turberas en Europa y Norteamérica. (Mitsch & Gosselink, 2000).

En 1979, Cowardin y colaboradores desarrollaron la “Clasificación de humedales y hábitats de aguas profundas de los Estados Unidos” para el Servicio de Pesca y Vida silvestre de Estados Unidos (Fish and Wildlife Service). Este sistema, tiene como objetivo crear una taxonomía ecológica que sirva para el manejo de recursos naturales, desarrollar unidades de mapeo, y que provea una uniformidad de conceptos y términos. En esta clasificación, los humedales se definen por las plantas (hidrófitas), suelos (suelos hídricos) y la frecuencia de inundaciones. En este caso existen 5 sistemas principales de humedales (marino, estuarino, rivereño, lacustre y palustre), y la división esta basada en factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos y biológicos. Los sistemas principales se dividen en subsistemas, los cuáles se basan en la hidrología y la ubicación en el paisaje. Los subsistemas se dividen en clases, las cuáles describen la vegetación dominante o el sustrato. Luego de la unidad Clase, es posible profundizar en la descripción usando Subclases, luego Tipos de dominio y por último Modificadores. Las subclases aportan información mas fina sobre las formas de vida, por ejemplo si los árboles presentes son de hojas deciduas o perennes. Los Tipos de dominio están basadas en los tipos de vida dominantes, y para nombrarlas se usa la(s) especies que se encuentran en mayor abundancia en el lugar. Los Modificadores son usados para describir más precisamente régimen de aguas, salinidad, pH, y suelos, pero a pesar de que



entregan información detallada del sistema, en algunos casos estos parámetros son difíciles de medir para inventarios a gran escala. Esta clasificación también es usada en países como México, Colombia y Costa Rica.

El sistema de “Clasificación de los humedales de Sudáfrica” (Dini, Cowan & Goodman, 1998) se basa en el de Cowardin *et al.* Aparte de los 5 sistemas propuestos por Cowardin (Marino, Estuarino, Fluvial, Lacustre y Palustre), le agrega un sexto sistema, el Endorreico, con el objetivo de adaptar la clasificación a las características de los sistemas presentes en ese país. Este último incluye humedales que hubieran sido clasificados como Palustres o Lacustres por Cowardin, pero que además tienen las siguientes características adicionales: a) forma circular a ovalada, algunas veces con forma de riñón u lobulada, b) cubeta plana, c) menos de 3 m de profundidad cuando esta completamente inundada, y d) drenaje cerrado (sin salidas).

Otro sistema de clasificación basado en el de Cowardin es la “Clasificación de los humedales mediterráneos MedWet (Costa et al., 1996). MedWet es un foro fundado en 1991, compuesto por 25 países mediterráneos, centros especializados en humedales, y organizaciones ambientales internacionales. Entre sus actividades, crearon una lista jerárquica de los hábitat de humedales basada en la clasificación de Cowardin et al., con modificaciones que ayudan a reflejar la variedad de hábitat de humedales del Mediterráneo.

La Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán) desarrolló una clasificación con el objetivo de aportar un marco amplio que facilite la identificación rápida de los principales hábitat de humedales a nivel mundial, por lo tanto, en el se describen ecotipos que otros sistemas, como el de Cowardin *et al.* no incluyen (e. g. oasis), a pesar de que esta clasificación esta basada en la del Servicio de Pesca y Vida silvestre de Estados Unidos. Aquí los humedales son clasificados de acuerdo a su ubicación en el paisaje y el tipo de vegetación presente, y se dividen en 3 grupos: marinos, continentales y artificiales.

Semeniuk & Semeniuk (1997) propusieron una revisión a la clasificación de Ramsar, basada en la geomorfología y el hidroperiodo. Ellos critican esta clasificación porque usa criterios mixtos para separar a los humedales, y además no toma en cuenta todos los humedales continentales existentes. Estos autores utilizan los términos usados en la clasificación de Ramsar, pero la reordena y le agrega características que agrupan los humedales en categoría mas amplias a nivel primario, usando factores geomórficos para la división principal y secundariamente el hidroperiodo. Fue creada para que “los humedales pudieran ser descritos, comparados y clasificados sistemáticamente”.

El “Sistema de Clasificación de humedales Canadiense” (Warner & Rubec, 1997) es un sistema jerárquico y consiste en 3 niveles: Clase, Forma y Tipo. Se incluye un sistema de clave para identificación. Las Clases están basadas en propiedades que reflejan el “origen genético” del sistema humedal y su naturaleza. Las Formas son subdivisiones de las clases, basadas en características como la morfología de la superficie, patrón de superficie, tipo de agua y morfología del suelo. Los Tipos son



subdivisiones de las formas y subformas, basados en características fisonómicas de las comunidades vegetales. Son comparables a los modificadores usados en la clasificación de Cowardin et al., y son útiles para la evaluación de valores y beneficios, manejo y conservación (Mitsch & Gosselink, 2000).

Brinson (1993) desarrolló una clasificación con un enfoque basado en la hidrología y morfología, factores relacionados con la funcionalidad del humedal. Uno de los objetivos de este sistema es agrupar humedales con funciones similares. Brinson explica que el foco en factores abióticos “lleva a un mejor entendimiento de las relaciones entre los organismos y el ambiente”. Esta clasificación tiene tres componentes principales: geomorfología, fuente de agua e hidrodinámica. El autor explica que, a pesar de que estos componentes son tratados independientemente, es aparente su interdependencia, y aclara que la redundancia puede ser útil para evitar errores en la interpretación, y para reforzar los principios que sostienen las funciones de los humedales. Esta clasificación puede ser adaptada a distintas regiones geográficas,

En la Tabla 1.1 se presenta un análisis comparativo de los diferentes criterios usados en los sistemas de clasificación de humedales usados mundialmente (Anexo 1).



Tabla 1.1. Criterios usados en los sistemas de clasificación de humedales usados mundialmente.

Clasificación	División 1	División 2	División 3	División 4	División 5	División 6
Cowardin et al.	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino
Semieniuk & Semieniuk	Geomórfico Ej. Emergente	Geomórfica Ej. Canal	Geomórfico e hydroperiodo Ej. Lago	Características de vegetación o sustrato Ej. Fondo rocoso	Especies dominantes Ej. <i>Helobdella</i>	Salinidad, pH Ej. Poikilosalino
Warner & Rubec	Origen genético Ej. Pantano	Geomórfico Ej. Plano	Vegetación Ej. Liqueen	_____	_____	_____
EUNIS	Geomórfico y vegetación Ej. Aguas de superficie continentales	Régimen de aguas, vegetación Ej. En movimiento	Velocidad, Origen Ej. Vertiente	Salinidad, vegetación Ej. Ríos de mareas de agua dulce	_____	_____
Dini, Cowan & Goodman	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino
Costa et al.	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino
Brinson	Geomorfología, fuente de agua e hidrodinámica Ej. Llanuras de inundación	_____	_____	_____	_____	_____



1.3 Humedales en Chile

En general, la información de humedales en Chile es dispersa, no sistemática, diversa, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones. Un catastro realizado el año 1999 (CONAMA-CONAF) reporta la existencia de aproximadamente 4,5 millones de hectáreas de humedales en el país, equivalentes al 6% del territorio de Chile. En este mismo estudio se contabiliza a los bosques como principal categoría de uso dentro del SNASPE, con un 28,1%, seguido de Humedales con un 24,8%, correspondiente principalmente a turberas ubicadas en las regiones XI y XII. Según estos cálculos, aproximadamente 3 millones y medio de hectáreas de humedales estarían protegidas dentro del SNASPE, correspondientes al 77% de la superficie total de humedales en el país. A pesar de esto, según este catastro, las regiones III, IV, V, VII y Metropolitana no contarían con humedales representados en el SNASPE.

Debido a la diversidad de bioclimas de Chile (Di Castri & Hajeck, 1976), en nuestro país encontramos una gran variedad de humedales. En el año 2002, Ramírez y colaboradores elaboraron una propuesta para la clasificación de los humedales chilenos. Ellos reconocen 15 tipos de humedales naturales: 5 salinos (litorales, estuarios, marismas, albuferas y salares) y 10 dulceacuícolas: 4 de aguas corrientes (ríos, arroyos, bañados y oasis), 3 de aguas sin corriente (lagos, lagunas y charcos) y 3 asociados a anegamientos del suelo (pantanos, turberas y ñadis). Esta clasificación se complementa con otra para la vegetación de humedales.

En el norte de Chile existen distintos tipos de humedales asociados a cuencas endorreicas, destacando entre ellos las turberas alpinas denominadas vegas y bofedales. Este tipo de turberas, a diferencia de las turberas ubicadas en el hemisferio norte y sur de Chile, no están dominadas por musgos del género *Sphagnum*, ni tampoco son exclusivamente ombrotrofitas. La similitud con otras turberas se encuentra en el patrón microtopográfico de pozas, praderas y cojines (Squeo *et al.*, 2006). Catastros realizados por Castro y colaboradores (1993, 2003), registran la presencia de 435 humedales ubicados sobre una altitud de 3000 msnm (aproximadamente), entre los 17° y 26° de latitud sur. Por su parte, la Dirección General de Aguas (2003) cartografió y elaboró un listado de 228 acuíferos que alimentan vegas y bofedales en la región de Antofagasta.

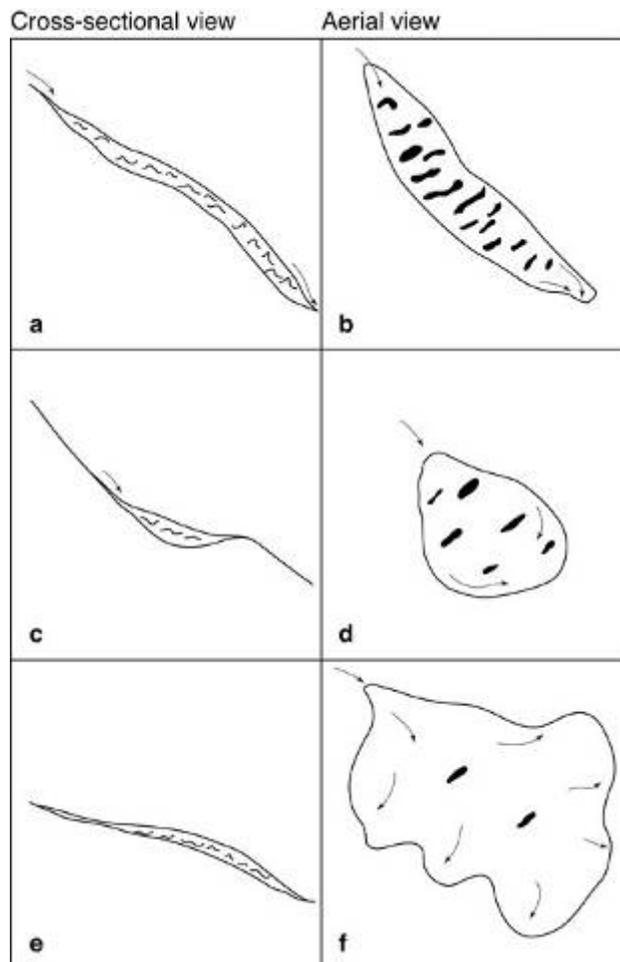
El nombre bofedal es utilizado principalmente por la población Aymará en la provincia de Parinacota, en cambio, en la segunda región, la población Atacameña utiliza el nombre de vegas para identificar la vegetación asociada a los humedales (Castro *et al.*, 1993). Estas grupos indígenas tienen una cultura relacionada con los humedales, poseen nombres vernáculos para un alto porcentaje de las especies presentes, consumen recursos como peces y algas, canalizan las aguas, y utilizan estas áreas para el forrajeo de ganado.

Las principales diferencias reportada entre las vegas y los bofedales son que, las primeras están dominadas por juncáceas en cojín (*Scirpus americanus*), en cambio,

los bofedales presentan una predominancia de gramíneas (*Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*). Además, las vegas se encuentran a una menor altitud que los bofedales (estos últimos se encuentran sobre los 2800 msnm), poseen mayor salinidad, se encuentran en zonas menos lluviosas y presentan un microrelieve más plano que los bofedales (Castro et al, 1993, 2003, Squeo et al., 2006).

Squeo y colaboradores (2006) reconocen tres grupos de bofedales en relación a su forma, hidrogeología y fuente de agua dominante (Fig 1.-1). El primer grupo es de “bofedales de ladera” que se presentan en fondos de valles inclinados y ríos. El agua se obtiene mayormente de forma subterránea. El pH reportado para las aguas de estos humedales es alto (8-9) y la conductividad es baja. El segundo grupo se denomina “bofedales de quebrada”, turberas que obtienen su fuente de agua tanto de descargas subterráneas como de arroyos provenientes de deshielos, y presentan mayores valores de conductividad que el primer grupo. El tercer grupo de “bofedales planos” obtienen su fuente de agua principalmente de manera superficial.

Fig. 1.1. Esquemas de secciones verticales (A, C, E) y vistas superficiales (B, D, F) de los tipos de bofedales presentes en los Andes del norte de Chile basado en la geomorfología y condiciones hidrológicas: (A, B) bofedal de ladera, (C, D) bofedal de quebrada, y (E, F) bofedal plano. Las flechas indican las direcciones del flujo del agua. Tomado de Squeo et al., 2006.





Un ejemplo de un sistema de humedales presentes en el altiplano del norte de Chile, es el bofedal de Parinacota, ubicado a una altura promedio de 4.300 msnm. La superficie de este humedal es de aproximadamente 21 km², y se encuentra en territorio de la Reserva de la Biosfera Lauca. Este humedal fue caracterizado por Muhlhauser (1996), reportando altos valores de pH, fósforo total y disuelto. Esto último se asocia a la fuerte influencia volcánica en la zona. Las especies herbáceas ocupan aproximadamente el 70% de la superficie total. Entre las especies vegetales destacadas se encuentran *Oxychloe andina*, *Festuca rigescens*, *Distichia muscoides*, *Werneria pigmea*, *Myriophyllum elantinooides* y *Elodea potamogeton*. La fauna presente en este sistema se encuentra asociada a la vegetación acuática y a los sedimentos. Los organismos más representados del bentos fueron los crustáceos, insectos y moluscos gastrópodos. Los vertebrados acuáticos presentes fueron peces, anfibios (*Pleuroderma*, *Telmatobius*, *Bufo*), dominando los bagres (*Trychomycterus*) en los sistemas lóticos y las orestias en los sistemas lénticos. Se reporta una abundante fauna de aves, siendo las especies más representadas la tagua gigante (*Fulica gigantea*), pato jergón chico (*Anas flavirostris*), Guallata (*Chloephaga malanoptera*), gaviota andina (*Larus serranus*) y pato puna (*Anas versicolor puna*). En los bordes del humedal son comunes roedores como las viscachas y el lauchón orejudo.

Avanzando hacia el sur del país, encontramos el sistema de humedales costeros de Coquimbo (IV región), ubicado aproximadamente entre los 29°-30° S y 71° W. Los humedales presentes en este sistema se pueden agrupar en humedales de playa y lagunares (CAACH, 2005). Estos humedales se localizan en bahías, y desembocaduras de ríos y esteros, y se alimentan tanto de aguas marinas como continentales. En estos sistemas se realizan esfuerzos de caracterización, conservación y educación ambiental. La CAACH realizó un catastro de estos humedales, detectando una amplia diversidad de flora y fauna. Se encontraron 63 especies de flora en el área, de las cuáles 17 son nativas, 19 endémicas y 5 están clasificadas como vulnerables. La forma de vida dominante fueron las hierbas perennes (12 especies). En cuanto a la fauna, se reporta la presencia de 173 especies (2 anfibios, 10 reptiles, 145 aves y 16 mamíferos), de las cuáles 15 son endémicas, 8 nativas, 4 se encuentran en peligro de extinción, 11 son vulnerables, y 1 es considerada rara. Todos los humedales catastrados por la CAACH son de propiedad privada o mixta (en este caso la franja costera es bien nacional de uso público y aguas arriba es privado).

En la Región Metropolitana se encuentra el humedal de Batuco, ubicado en la cuenca de Santiago (33°10'S, 70°53' W, 480 m). Su extensión varía entre las 250 a las 350 hectáreas, dependiendo del régimen de lluvias. Además del aporte de la pluviosidad, sus aguas también provienen de escorrentía superficial. Del Campo y colaboradores (2005) describen 7 asociaciones vegetales para este humedal, encontrándose presente en todas ellas *Frankenia salina*, especie que se caracteriza por su afinidad con ambientes salinos. Junto a ella se encuentran otras especies halófitas, tales como *Distichlis spicata*, *Cressa truxillensis*, *Puccinellia glaucescens* y *Heliotropium curassavicum*. Las asociaciones descritas de *Typha-Scirpus* y *Scirpus-Eleocharis*, corresponderían a ambientes del humedal que poseen menor salinidad.



En la VII Región del Maule, se encuentra el catastro de humedales más completo realizado a nivel regional, identificándose 183 humedales naturales y artificiales en la zona, que ocupan una superficie superior a las 27 mil hectáreas (CONAMA, 2000). En este estudio se agrupa a los humedales del Maule en 6 “complejos” (Vichuquén, Mataquito- Maule, Desembocadura río y laguna reloca, Ciénaga del Name, Colbún-Machicura y Laguna del Maule), y se aplica una diferenciación entre los humedales de la zona costera, del interior, y altoandinos. En base a atributos y funciones identificadas en este catastro y datos aportados por organismos tales como UNORCH, CONAF, SAG y CODEFF, en esta región existe un proyecto de “red de humedales bajo protección oficial”, que consiste en poner bajo alguna categoría de protección oficial 12 humedales identificados como de mayor “relevancia ecológica” y representativos de los 6 complejos presentes en la región (Olivares, 2007).

Según González & Victoriano (2005), la VIII región del Bio-Bío presenta aproximadamente 17 humedales de gran tamaño, y 30 de menor superficie. Alrededor de una decena están ubicados en las comunas de Concepción-Talcahuano-San Pedro, por ejemplo: laguna Redonda, laguna grande y chica de San Pedro, lagunas Lo Galindo, Lo Méndez, lo Custodio y lo Pineda, y humedales costeros como Roquant-Andalién. Todos los lagos de esta zona son de origen fluvial y presentan una mezcla de vegetación acuática emergente y espacios abiertos.

González y Victoriano cuantificaron y caracterizaron la avifauna y 9 variables ambientales (área del lago, área del espejo del agua, cobertura vegetal, heterogeneidad vegetal, área del lago con profundidades menores a 1 m, razón entre cobertura vegetal y área del espejo de agua, longitud de la línea de la costa, desarrollo de la línea de la costa y fluctuación del nivel de agua) en 8 lagos del sistema intercomunal de Concepción-Talcahuano-San Pedro, para luego relacionar la estructura del hábitat con las características de los ensambles de aves de humedales (62 especies en total). Se encontró que la riqueza de especies y la abundancia de aves aumentan a medida que incrementa la longitud de la línea de la costa, el área del lago y el área del espejo de agua. Existe una relación estacional entre las variables ambientales más importantes para las aves: en invierno, la diversidad específica se relaciona con el desarrollo de la línea de la costa, en cambio, en primavera y verano, las variables más importantes son el área del lago y área con profundidades menores a 1 m. La diversidad de gremios se relaciona con cuatro características distintas en cada estación: heterogeneidad vegetal (otoño), longitud de la línea de la costa (invierno), área con profundidades menores a 1 m (primavera), área del lago (verano).

La IX Región de la Araucanía, basándose en la clasificación de Ramsar, presenta distintos tipos de humedales, tales como marismas, lagunas costeras de agua dulce y saladas, ríos y arroyos permanentes, pantanos, esteros o charcas permanentes y estacionales de agua dulce y humedales boscosos de agua dulce (Haustein *et al.*, 2002, 2005). Entre ellos destacan los “hualves” o “pitrantos”, bosques pantanosos dominados por las especies arbóreas *Myrceugenia exsucca* (pitra), *Blepharocalyx cruckshanskii* (temo) y *Drimys winteri* (canelo) Estudios florísticos en los hualves



ubicados en el extremo noreste de Toltén, a orillas de los ríos Boldo y Boroa, detectan la presencia de 32 especies de plantas en esta comunidad, donde predominan las nativas, destacando un alto número de epifitas y trepadoras (Haustein *et al.*, 2002).

Para el total de humedales de la zona de Toltén, Haustein y colaboradores (2005) reportan la presencia de 176 especies de plantas vasculares y algas (69% nativas), 99 especies de vertebrados (74 aves, 15 mamíferos, 4 peces, 4 anfibios y 4 reptiles). De las especies presentes, la guiña, huillín y cuervo de pantano están clasificados como “en peligro de extinción”, y la torcaza y el quique como “vulnerables”.

Otro ejemplo de los humedales presentes en la IX región es el lago Budi. Valdovinos y colaboradores (2005) realizaron una sinopsis sobre los conocimientos de biodiversidad en esta laguna costera. Caracterizada como una laguna mixhoalina, este sistema se conecta al mar por el río Budi, el cuál se ubica en una cuenca de origen tectónico, conformada por rocas metamórficas, además de depósitos arcillosos estratificados. Mediciones de nutrientes, turbidez y productividad en el lago muestran una condición eutrófica, lo que se refleja en una ribera abundante en macrófitas acuáticas.

La biodiversidad del Budi es considerada alta por los autores de la revisión en comparación con otros ecosistemas similares del centro y sur de Chile, característica que ellos asocian a la alta productividad del sistema y la calidad particular físico-química de sus aguas. Los autores reconocen 107 especies vegetales para el área. Las principales asociaciones vegetales detectadas en la ribera corresponden al bosque de roble-laurel-lingue, bosque de olivillo y bosques pantanosos de temo y asociaciones juncal y totoral. En cuanto a los invertebrados, se reporta la presencia de los poliquetos Capitellidae y Spionidae, nemátodos, anfípodos gamáricos, los moluscos *Littoridina cumingi* y *Kingiella chilena*, cirripedios (*Elminius kingii*), briozoos incrustantes (*Conopeum sp.*) y decápodos (*Hemigrapsus crenulatus*). Los vertebrados reportados son 11 especies de peces y 132 de aves, entre ellas algunas con problemas de conservación como la fardela blanca, el guanay, y el cisne de cuello negro.

En la IX y X regiones otro tipo de humedal destacado son los “ñadis” (pantano de temporada en mapudungun), terrenos planos con suelo de origen volcánico, que presenta un particular horizonte impermeable ubicado entre el límite de la ceniza y la arena o grava denominado “fierillo”. La saturación de agua es temporal, durando entre cuatro y ocho meses (entre mayo y septiembre). Esto es debido al un lento drenaje horizontal y la limitada o nula percolación vertical. El espesor de la capa de cenizas varía entre los 20- 80 cm, es de origen holocénico y de sedimentación paulatina. Las condiciones de saturación de agua prolongada causan una alta acumulación de materia orgánica en el suelo superior, debido a que la hojarasca y los desechos orgánicos de la gran cantidad de vegetación que crece sobre ellos (*Sphagnum*, *Chusquea*, *Nothofagus*) se descompone lentamente, especialmente en la época cuando el suelo está saturado de agua y durante la cuál no se permite su oxigenación adecuada, limitando la actividad biológica. Estos suelos poseen gran



cantidad de aluminio, y un pH entre 5 y 7 (Haustein *et al.*, 2005; Schlatter & Schlatter, 2004).

La “turba magallánica” se encuentra desde el Golfo de Penas (48° S) hasta el extremo sur de América del Sur (56° S), con algunas representantes de este tipo de humedal ubicadas más al norte, como en la cordillera pelada de Valdivia y en la isla de Chiloé, siendo conocidas localmente como “campañas” (Díaz *et al.*, 2005; Valenzuela-Rojas & Schlatter, 2004). La vegetación es continua, herbácea, dominada principalmente por musgos del género sphagnum. Se describen especies de herpetofauna como los anfibios *Batrachyla taeniata*, *Eupsophus vittatus*, *Pleurodema thaul*, *Bufo arunco*; y los reptiles *Liolaemus cyanogaster* y *Liolaemus pictus* (Valenzuela-Rojas & Schlatter, 2004).

Otro humedal identificado en el extremo sur de Chile son los “mallines” (aguazal, bajos aguachentos en lenguaje mapundungum). Estos se originan en sectores hundidos, ya sea en terrenos planos o inclinados. En el invierno o en la época de lluvias, una acumulación de agua con impedimento de su salida en sentido horizontal y vertical, debido a un sustrato geológico impermeable en el subsuelo. Estos ambientes presentan una napa freática superficial en al menos una porción importante de su superficie. En general son originados por sedimentos eólicos o aluviales que se acumulan en estos terrenos hundidos. La condición de alta humedad en el subsuelo les impregna características de gley y se mantienen más húmedos que los suelos colindantes de mejor drenaje en verano. Esto permite que en ellos se desarrolle una gran cantidad de vegetación, con especies tolerantes a suelos saturados, dando origen a suelos muy ricos en materia orgánica. La vegetación asociada a este tipo de humedal varía de acuerdo a su ubicación geográfica y al grado de saturación de agua (Schlatter & Schlatter, 2004).

En el parque nacional Torres del Paine, Clausen y colaboradores (2006) realizaron una clasificación para los humedales presentes en esta zona (los autores identifican más de 300 humedales en la zona de estudio). Para esto, se basaron en datos de vegetación, calidad y profundidad del agua, tipo de sustrato e hidroperiodo. Se identifican cinco tipos de humedales en la zona, cuyos nombres son una mezcla entre la clasificación entregada por Ramsar (e.g. vegas, turberas) y asociaciones florísticas (e.g. *Carex-Nothofagus*, *Juncus-Glyceria*).



2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Elaborar una metodología para la conservación de humedales integrados a cuenca hidrográfica, a través del manejo sostenible, lo cual permita replicar la metodología a otros humedales, incluidos en las prioridades regionales y nacionales, donde la conservación sea relevante a nivel ecológico y social.

2.2 Objetivos específicos

- ? Identificar la información existente en humedales a nivel nacional, que permita la planificación a nivel nacional y regional, privilegiando los humedales descritos en las estrategias regionales de biodiversidad.
- ? Cuantificar y evaluar las posibles amenazas asociadas a los humedales, que permitan priorizar estrategias para la conservación de estos.
- ? Los resultados del proyecto serán un aporte para la implementación de un Sistema Nacional de Información (Georeferenciado) de humedales, que fortalezca la planificación y gestión eficiente de estos ecosistemas acuáticos.
- ? Realizar un diagnóstico de la condición ambiental de los humedales, complementando con un análisis jerarquizado de cada uno de los sitios seleccionados, en función de amenazas actuales y futuras para la conservación.
- ? Definir los objetivos de manejo de acuerdo a los usos actuales, potenciales y características biológicas, y abióticas (geomorfología, hidrología, calidad y volúmenes hídricos) de los humedales.

3 Metodología

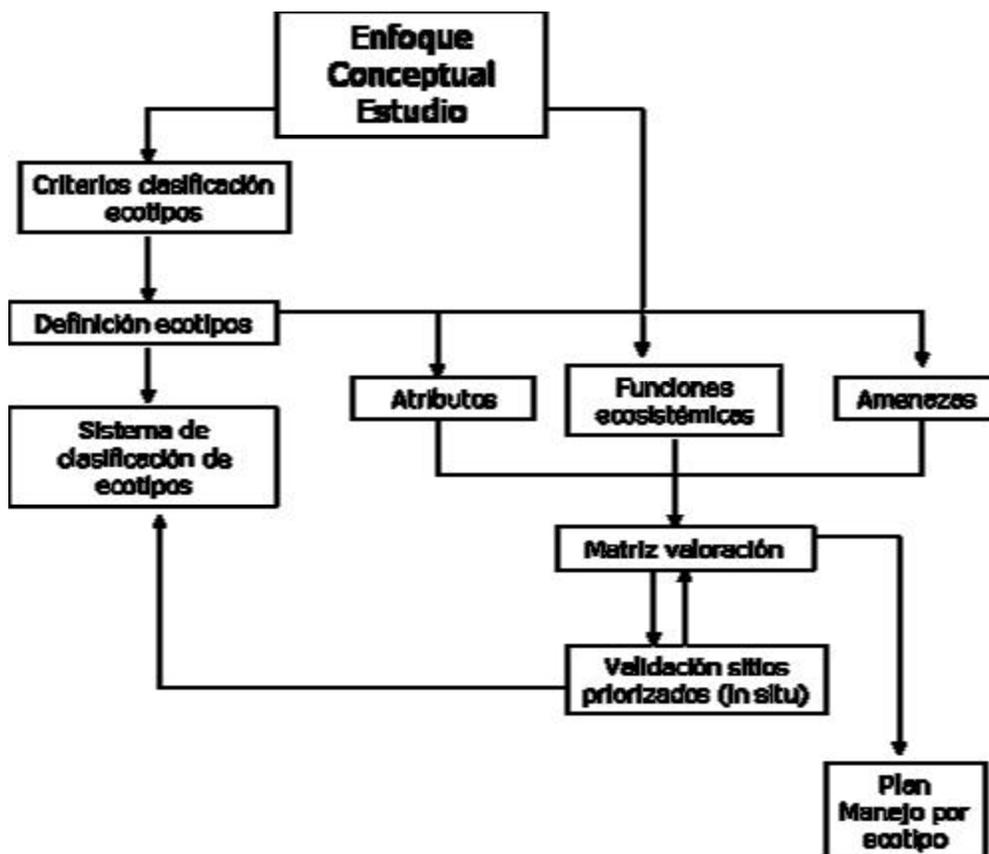
Los sistemas de clasificación de humedales que se aplican en diferentes países y ONG (ver punto 1.2), en su mayoría están basados en un catastro de los mismos. Sobre la base de catastro se realiza una ordenación y clasificación de los humedales para facilitar su inventario, manejo y conservación. En Chile no existe un catastro de humedales a nivel nacional (ver punto 1.3), la información disponible es acotada a algunos humedales y componentes específicos (ej. calidad de agua, avifauna). La falta de información limita la generación de un análisis ambiental integrado de los humedales a nivel nacional, utilizando una estrategia similar a la aplicada en otros países.

En este estudio se propone una estrategia alternativa, basada en el uso de la visión ecosistémica, para realizar el sistema de clasificación. La unidad de análisis es el ecotipo, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

El supuesto fundamental que sustenta el análisis es que los humedales, en términos de biodiversidad, son una expresión de los factores físico-químicos que regulan su estructura y funcionamiento. Por lo tanto, un análisis de los **factores forzantes**, permitirá establecer los patrones de funcionamiento de los ecotipos (condiciones basales).

Lo anterior permite establecer que a partir de información de factores forzantes como: clima, hidrología, topografía, suelos, es posible caracterizar al menos globalmente los humedales. Esta caracterización establece las bases para la elaboración de planes de manejo para humedales específicos a nivel nacional. En la Figura 3.1 se describe el enfoque conceptual propuesto para el desarrollo del sistema de clasificación de ecotipos.

Figura 3.1. Enfoque conceptual de un sistema de clasificación basado en ecotipos.





3.1 Definición ecotipos

La definición de los ecotipos se realizó mediante la metodología que se describe a continuación, utilizando como base la guía elaborada por el SAG durante el año 2006: “Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales”.

3.2 Identificación espacial de ecotipos mediante SIG

Para la clasificación se utilizaron datos de distintas fuentes cartográficas, diferentes sistemas de proyección, resoluciones y escalas de entrada de datos, dando como resultado desfases espaciales entre las diferentes capas de información utilizadas. Estas diferencias no afectan significativamente los resultados obtenidos debido a la escala de análisis del estudio.

Las capas de información se obtuvieron en grillas y formato shape, las que fueron llevados a formato de grilla. Todas las cubiertas de información fueron proyectadas al sistema coordinado UTM huso 18, Datum PSAD56. Todos los procedimientos se realizaron en el SIG ArcView 3.2.

La información de permeabilidad fue obtenida de la información de hidrogeología de la DGA, específicamente de la cobertura de ocurrencia de aguas subterráneas. De esta se seleccionó la permeabilidad y se generó una nueva cubierta del mismo nombre. Luego fue transformada a grilla con tamaño de celda de 100 metros por 100 metros. Una vez en este formato se reclasificaron los tipos de permeabilidad en 2 clases (Tabla 3.1). Los cuerpos de agua y los glaciares se identificaron para generar una máscara que los excluyera de la grilla de análisis.

Tabla 3.1. Definición de clases de permeabilidad

Permeabilidad	Clase
Alta a baja	1
Alta a media	2
Baja a nula	1
Sin información	1
Sin reconocer	1

La información de pendientes se obtuvo de la información de curvas de nivel del Catastro del Bosque Nativo. Primero se generó un TIN, de éste se derivó un DEM - de 100 metros de resolución- con el cual se calcularon las pendientes. Luego se reclasificaron las pendientes en 2 clases (Tabla 3.2).



Tabla 3.2. Definición de clases de pendiente

Pendiente	clase
< a 0.5	1
>= a 0.5	2

Para la generación del Índice de Aridez se utilizaron datos de temperatura y precipitación de la base de WorldClim (<http://www.worldclim.org>). Esta es una base de datos climática mundial en formato de grilla, con una resolución espacial de 1 km² en el Ecuador y de 830 por 830 metros para Chile. La información para la generación de la WorldClim fue obtenida de diferentes bases de datos mundiales: Global Historical Climatology Network ([GHCN](#)), [FAO](#), World Meteorological Organization ([WMO](#)), International Center for Tropical Agriculture ([CIAT](#)), [R-HYdronet](#), y otras bases de datos de diferentes países. El formato original de los datos de esta base es geográfico y su datum es el WGS84.

Para el cálculo del índice de Aridez se utilizó el Cociente Pluviométrico de Emberger (1930), modificado del utilizado por Di Castri (1976). Este considera la precipitación anual y temperaturas del mes más frío y el más cálido. El índice se obtuvo de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Q = (100 \cdot P) / (M_i^2 - m_i^2)$$

P = Precipitaciones (mm)

M_i = Temperaturas mes más cálido (enero) en °Kelvin

m_i = Temperaturas mes más frío (agosto) en °Kelvin

Antes de calcular el índice fue necesario transformar los datos de las grillas, que originalmente se encontraban en enteros, a flotante y las temperaturas de grados Celsius a Kelvin.

Una vez aplicada la fórmula se reclasificaron las grillas resultantes en 3 clases (Tabla 3.3)

Tabla 3.3. Definición de clases de aridez

Índice de Aridez		Clase
0 a 18	Periárido	1
18 a 27	Árido	1
27 a 55	Semiárido	1
55 a 95	Subhúmedo	2
95 a 196	Húmedo	2
196 y más	Perhúmedo	3



Para la frecuencia de precipitaciones se utilizaron las grillas mensuales, en ellas se seleccionó las precipitaciones igual a 0 y mayores a cero, finalmente se combinó la grilla resultante de cada mes y se calculó el coeficiente de variación (CV) para cada píxel en relación a los 12 meses de datos para cada punto (Figura 3.2).

El coeficiente de variación es la desviación estándar (S) partida por el promedio (promedio es el \bar{x} con la raya arriba). Se calcula:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

En donde la Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

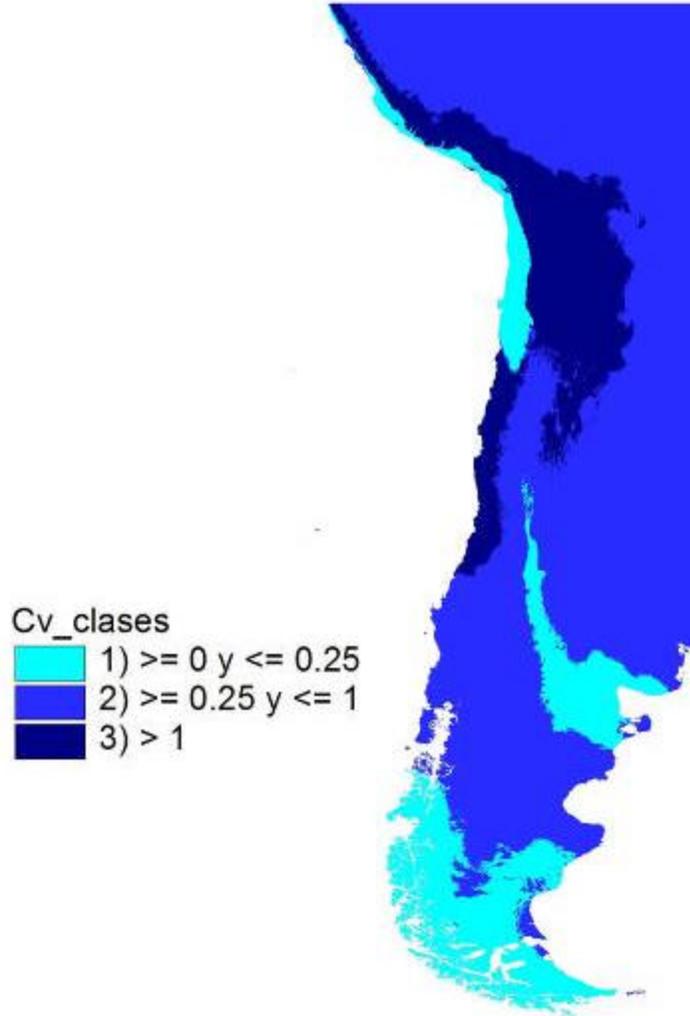
El promedio es el píxel en base a los 12 datos de pp que se tiene para ese punto. En este caso $n = 12$

Tabla 3.4. Definición de clases de distribución de precipitaciones

CV	Clase
0 a 0.25	1
0.25 a 1	2
Más de 1	3

En la Figura 3.2 se pueden observar zonas en el norte y sur de Chile, que presentan un coeficiente de variación entre 0 – 0.25. Lo anterior responde a que las precipitaciones en ambas zonas tienen un régimen predecible.

Figura 3.2. Coeficiente de variación de las precipitaciones a nivel nacional.





3.3 Definición de atributos por ecotipos

La definición de los atributos estructurales por ecotipo, se realizó en base a la guía elaborada por el SAG durante el año 2006: “Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales”. En donde se describen los componentes abióticos y bióticos característicos de cada tipo de humedal.

3.4 Definición de funciones ecosistémicas por ecotipo

La definición de los atributos funcionales por ecotipo, se realizó en base a la guía elaborada por el SAG durante el año 2006: “Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales”. En donde se describen los procesos ecosistémicos dominantes en cada tipo de humedal.

3.5 Definición de amenazas por ecotipos

La definición de las amenazas por ecotipo, se realizó en base a los estudios realizados por la Corporación Ambientes Acuáticos de Chile (2005); MOP (2000) y Tabilo-Valdivieso (2004).

3.6 Calibración de los ecotipos

La calibración de la clasificación y delimitación espacial de los ecotipos, fue realizada mediante campañas a humedales localizados entre la III y X región. Las campañas a terreno fueron realizadas por el equipo consultor, CONAMA, Servicios del Estado, representantes de la comunidad y especialistas locales.



4 Resultados

4.1 Definición de ecotipos

La definición de los ecotipos se realizó a partir de los procesos que determinan el balance hídrico específico de un área. Los procesos se describen a continuación:

- ? Evaporación: proceso que resulta de la interacción entre la precipitación y la temperatura del aire.
- ? Infiltración: proceso que resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas.
- ? Escorrentía: proceso que resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, precipitaciones y pendiente del terreno.
- ? Intrusión salina: proceso que determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales.
- ? Afloramientos subterráneos: alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas.

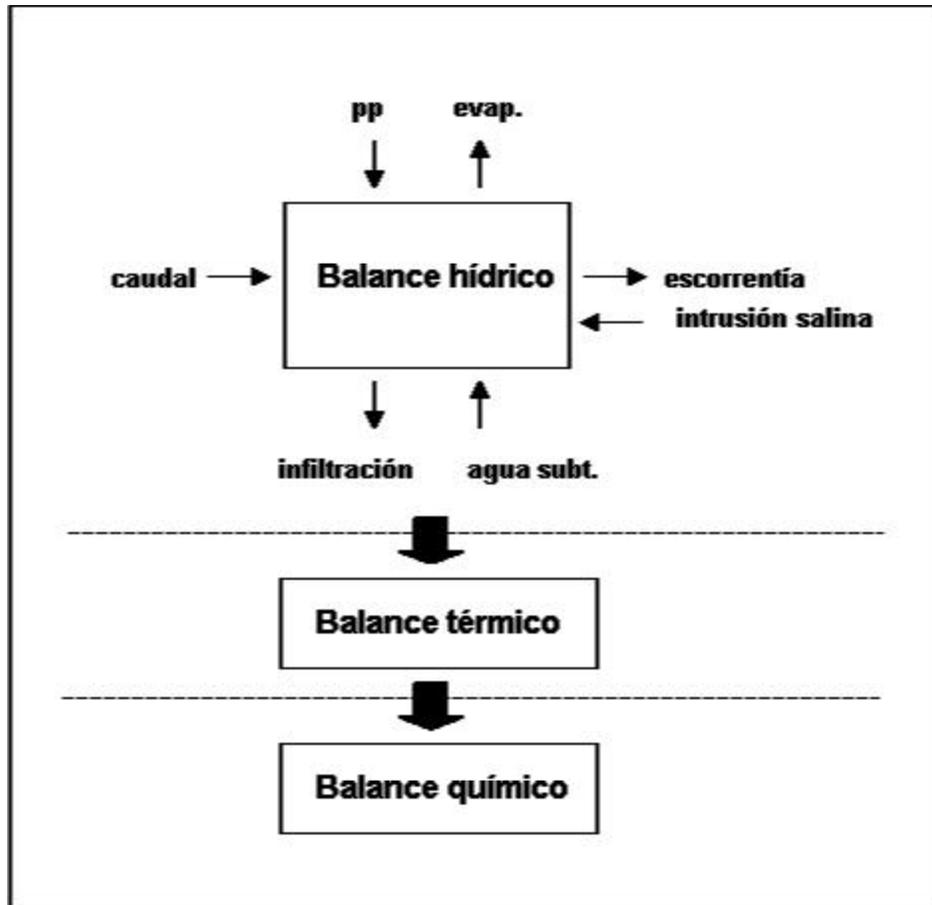
En forma adicional se incorporaron criterios relacionados con el balance térmico y químico:

- ? Aporte ácidos orgánicos: proceso que ingreso de ácidos húmicos y fúlvicos desde la cuenca de avenamiento.
- ? Isoterma 0° C: proceso que indica el congelamiento temporal del agua superficial.

Los procesos fueron jerarquizados sobre la base de la identificación de aquellos que determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas de los humedales. La Figura 4.1 describe la jerarquización de los procesos utilizada para la definición de los ecotipos.

En la Tabla 4.1 se describen la relación entre los atributos y propiedades de los diferentes humedales.

Figura 4.1. Jerarquización de procesos para la definición de ecotipos.



La definición de procesos y atributos ecosistémicos de los humedales, no considera a los humedales marinos, debido a que los factores que determinan su funcionamiento están ligados más bien a procesos oceanográficos que continentales.



Tabla 4.1. Relación entre procesos y atributos ecosistémicos de los humedales

PROCESOS				
	Estabilidad temporal	Calidad agua	Estructura	Funcionamiento
Intrusión salina	Ecosistemas permanentes, alimentados por aportes dulceacuícolas y marinos	Cambio de la calidad del agua en función del balance hídrico, desde aguas salinas a dulceacuícolas. Estado trófico depende del balance hídrico	Gradiente espacial desde comunidades dulceacuícolas a marinas	Producción primaria planctónica en ambiente salino y por vegetación terrestre hidrófila y acuática en ambiente dulceacuícola
Evaporación	Cuerpos de agua de bajo volumen o caudal en zonas áridas, pueden ser temporales durante periodo de mayor evaporación	Aumento de la salinidad	Transformación de los componentes abióticos y bióticos, desde ecosistemas dulceacuícolas a salinos	Transformación de procesos basados en producción columna de agua a sedimentos (umbral salinidad 13 g/l)
Infiltración	Áreas con precipitaciones concentradas en el tiempo, pueden resultar en ecosistemas temporales cuando la permeabilidad del suelo es alta	Aumento contenido materia orgánica y demanda de oxígeno durante fase infiltración	Comunidades planctónicas en fase inundación. Comunidad de vegetación hidrófila en fase infiltración dominio (ej. ciperáceas)	Producción primaria planctónica en fase inundación. Producción primaria por vegetación azonal en fase infiltración.
Escurrentía	Ecosistemas permanentes con variaciones hidrométricas, en función del régimen de recarga de la cuenca (pulsos de inundación)	Cambio de la concentración de sólidos suspendidos y disueltos en función del hidrograma	Comunidades bentónicas	Degradación de materia orgánica alóctona
Afloramiento aguas subterráneas	Ecosistemas permanentes	Cambio de la concentración de sólidos disueltos por aumento evaporación o disminución temperatura	Comunidades plantas acuáticas y vegetación hidrófila	Producción primaria autóctona por plantas acuáticas y vegetación hidrófila



Producción ácidos orgánicos	Ecosistemas permanentes por escurrimientos superficial y subsuperficial desde cuenca de avenamiento	Agua con baja transparencia por presencia de ácidos orgánicos (color té)	Comunidad planctónica y vegetación acuática	Producción primaria por microalgas planctónicas y plantas acuáticas
Isoterma 0 °C	Ecosistemas temporales por congelamiento aguas superficiales	Disminución de la concentración de sólidos suspendidos (STS), en periodos de baja temperatura. En periodo de alta temperatura, aumento de STS	Desarrollo microalgas y fauna bentónica, durante fase con bajo contenido STS (fase clara). Durante fase con alto contenido de STS, dominio fauna bentónica (fase turbia)	Producción primaria autóctona por plantas acuáticas, en fase clara. Degradación materia orgánica particulada en fase oscura



A partir de los antecedentes expuestos anteriormente se definieron ecotipos, clases, tipos y variedades (tabla 4.2), sobre la base de definir a los humedales como familias que comparten atributos estructurales y funcionales, en función del componente dominante del balance hídrico y las características del suelo (topografía y permeabilidad).

La identificación espacial de los ecotipos esta en función de la escala utilizada en las bases de datos (1:250.000), sin embargo, al aumentar la resolución espacial se requiere un escalamiento de los mismos criterios utilizados en este sistema clasificación.

El uso de información primaria 1:250.000 para generar el sistema de clasificación de ecotipos a nivel nacional, responde a las bases de datos disponibles en nuestro país. Lo cual establece una importante limitación para el manejo de los humedales, éstos no pueden ser individualizados específicamente a esta escala (“no podemos identificar territorialmente los humedales”). Por lo tanto, el sistema de clasificación de ecotipos tiene como principal resultado el identificar las condiciones estructurales y funcionales naturales esperadas para cada clase y tipo de humedal. Lo anterior constituye una hipótesis nula de las condiciones esperadas en los humedales sin presencia de perturbaciones de tipo antrópico.

Tabla 4.2. Clasificación de ecotipos definidos en función de los procesos que determinan la expresión biológica de los humedales

ECOTIPOS	CLASE	TIPO	VARIEDAD
Humedal marino	--	--	--
Humedal costero	intrusión salina	cubeta, canal, plano	--
Humedal continental	evaporación	cubeta, canal, plano	ácidos orgánicos, isoterma 0°C
	Infiltración (A) y infiltración saturado (B)	cubeta, canal, plano	
	escorrentía	cubeta, canal, plano	
	Afloramiento agua subterránea	cubeta, canal, plano	

4.2 Ecotipos por región de Chile

Para la determinación de los ecotipos se utilizaron diferentes coberturas de información ambiental disponibles a escala nacional (ej. pendiente, permeabilidad, temperatura), las cuales fueron reclasificadas utilizando los criterios indicados en la Tabla 4.3.

Las Figuras 4.2 a 4.14 describen la información utilizada para cada una de las regiones.

Figura 4.2. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la I Región.

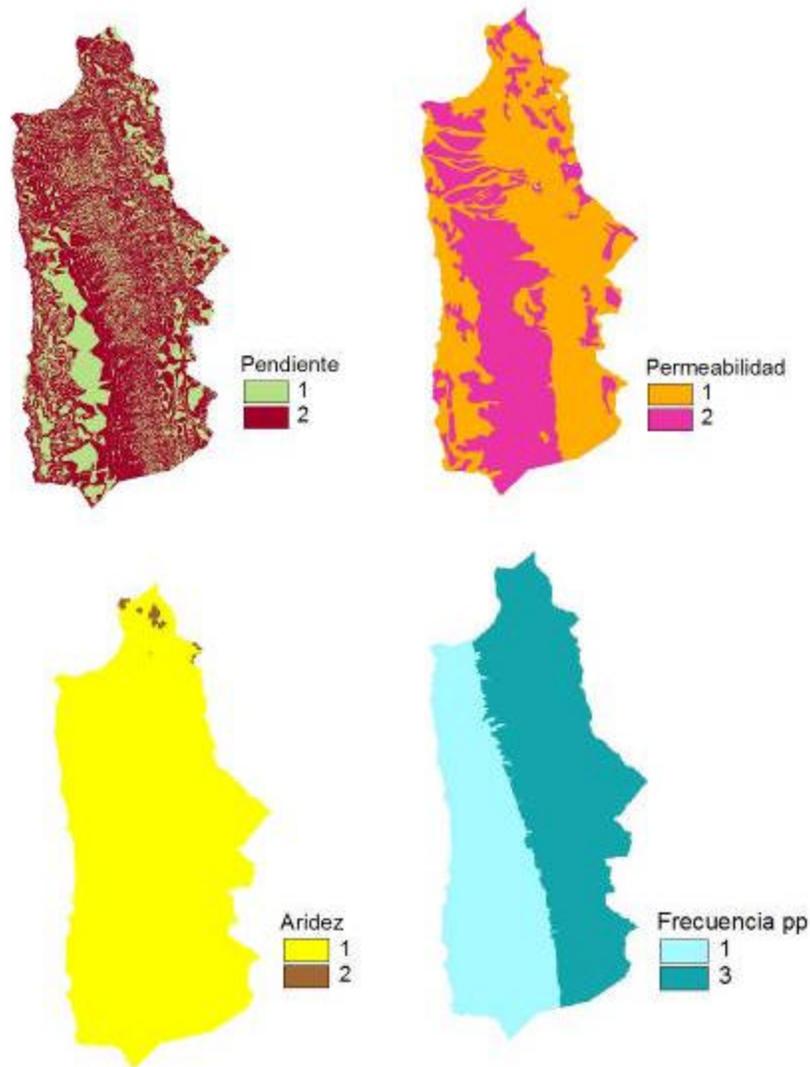


Figura 4.3. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la II Región.

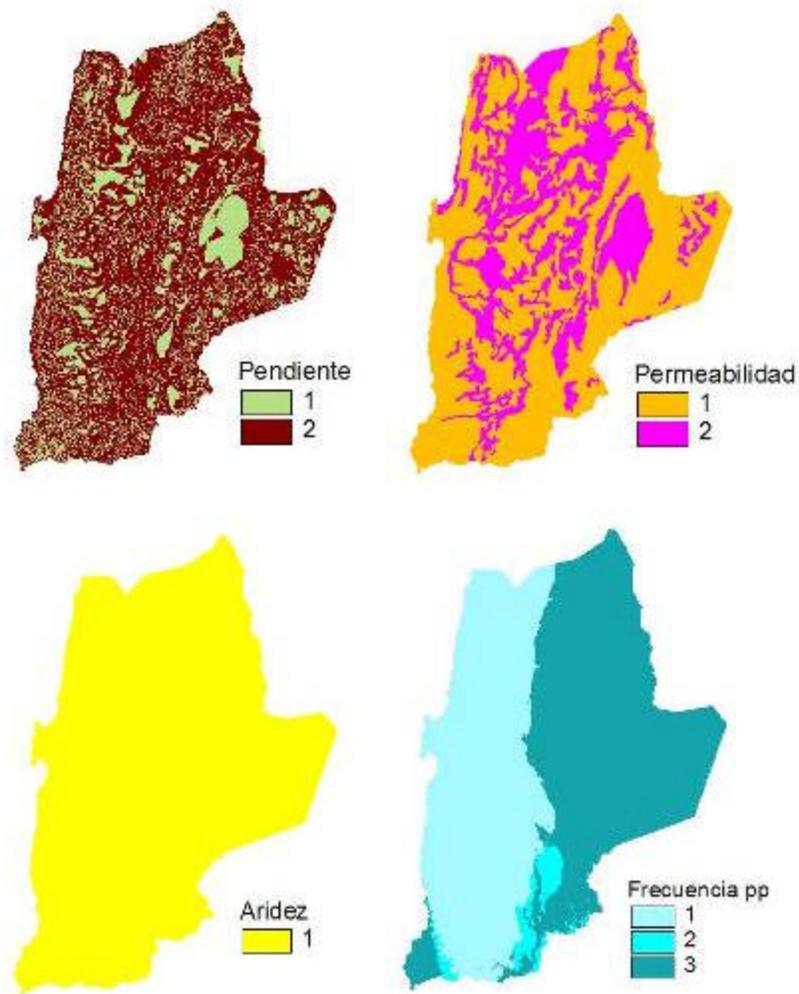


Figura 4.4. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la III Región.

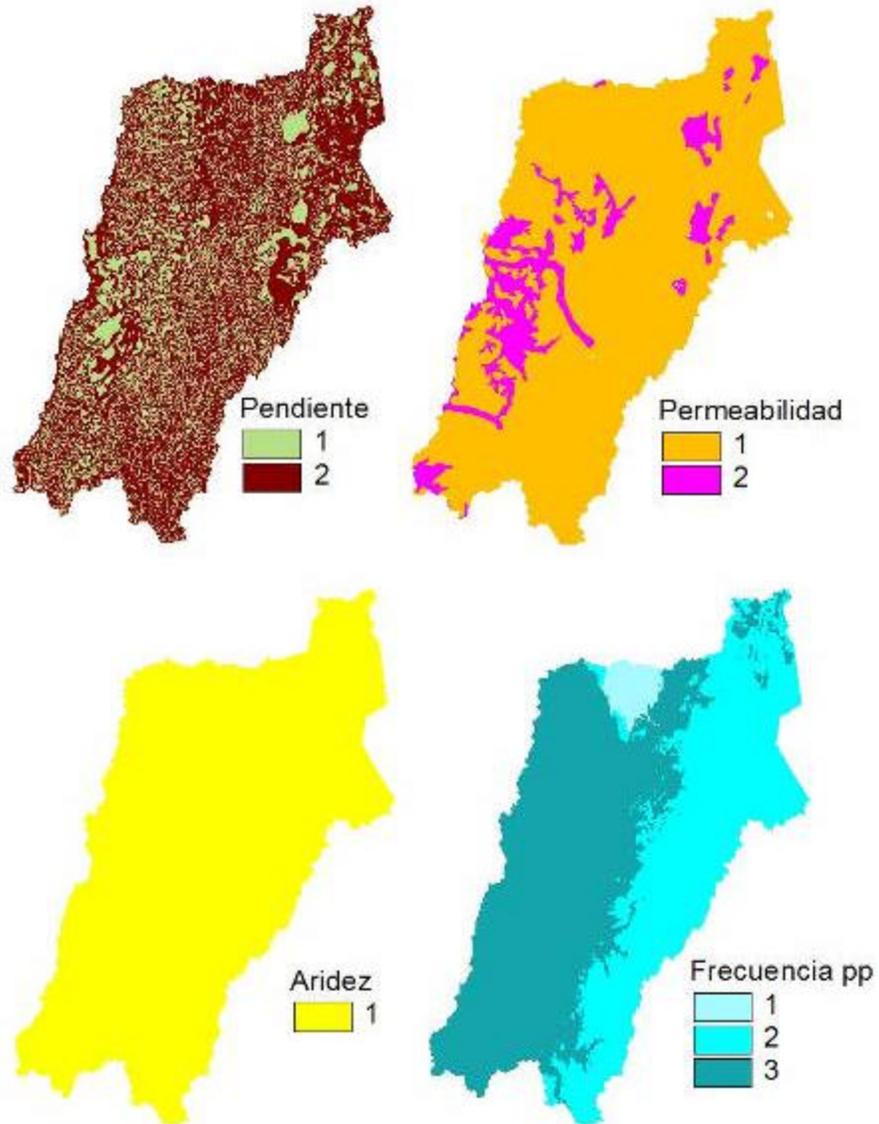


Figura 4.5. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la IV Región.

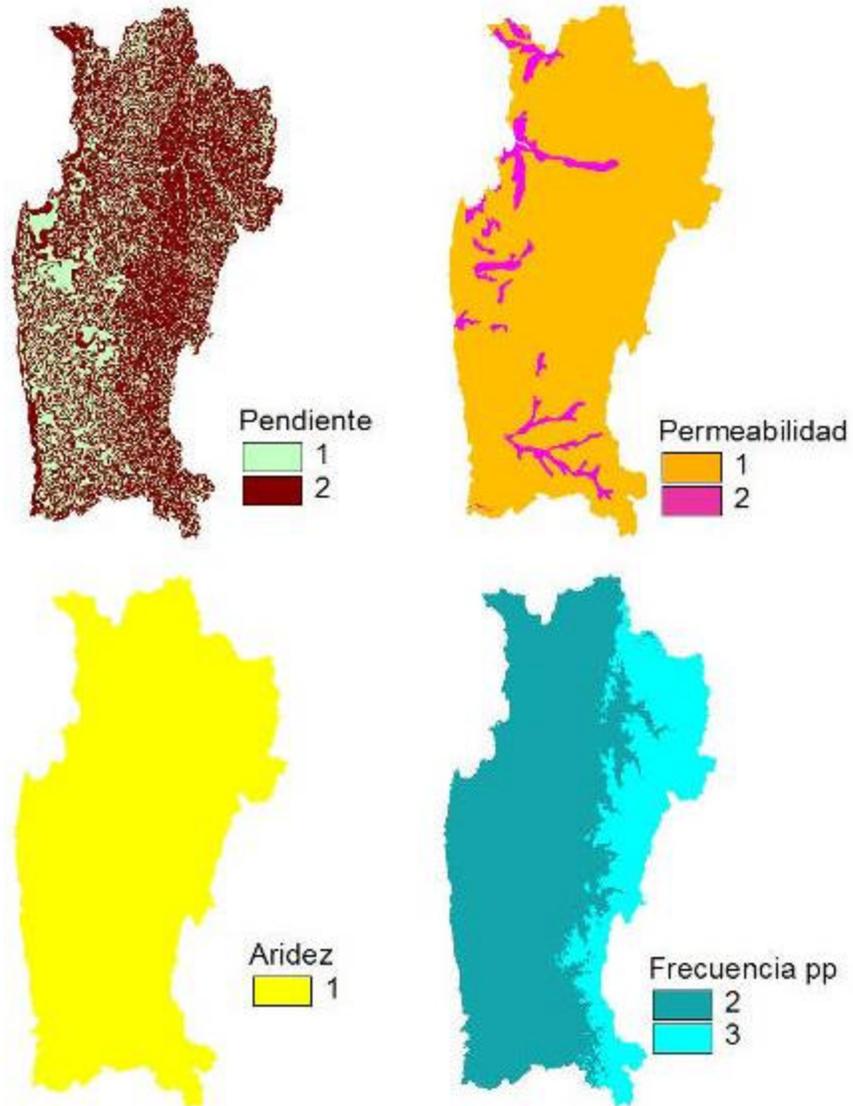


Figura 4.6. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la V Región.

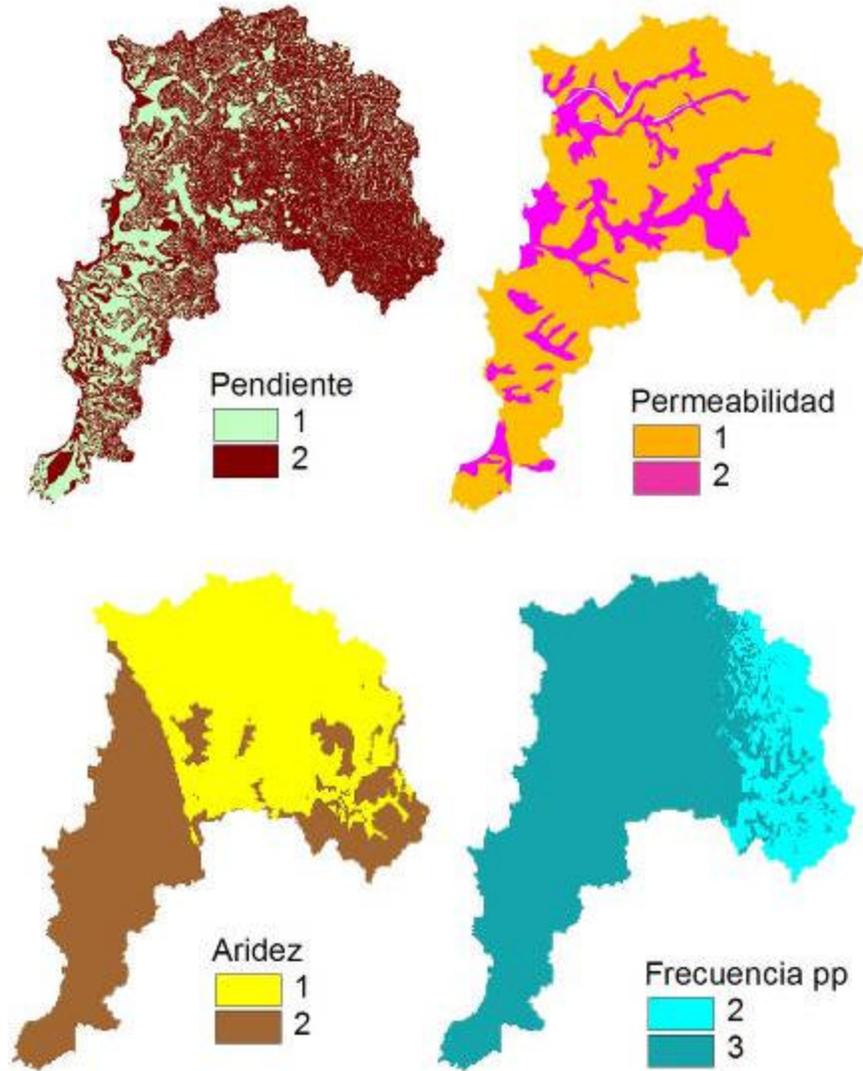


Figura 4.7. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la VI Región.

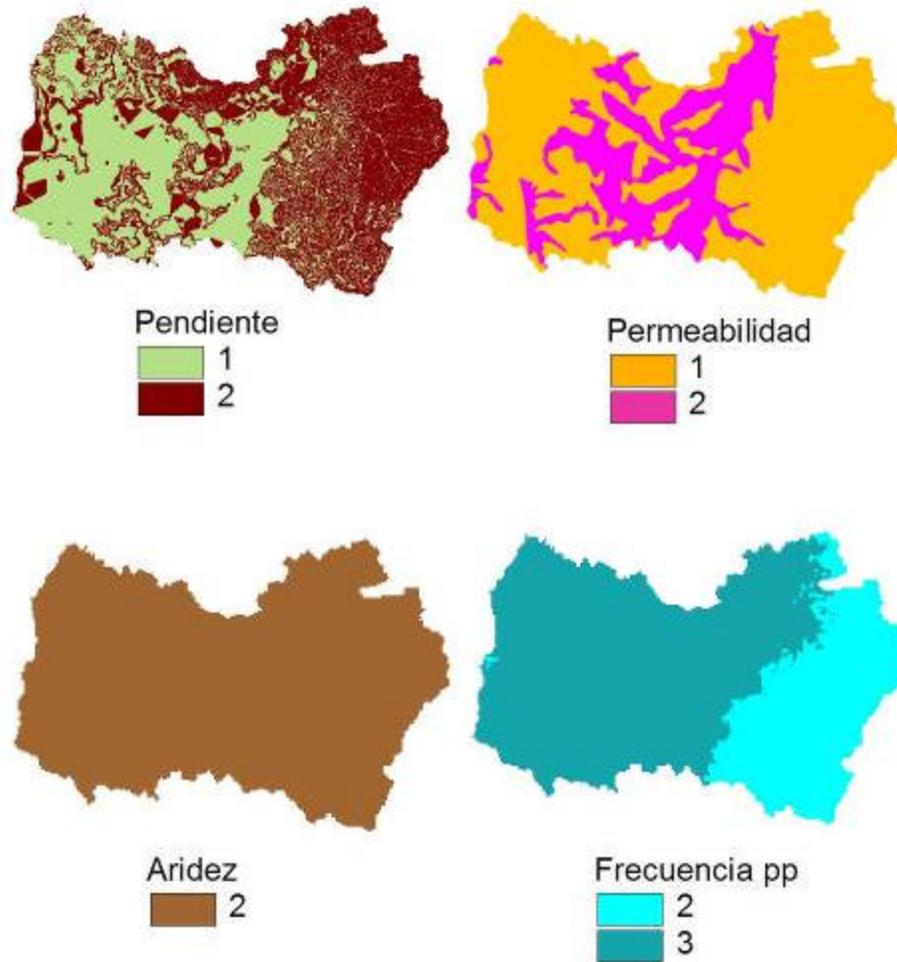


Figura 4.8. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la VII Región.

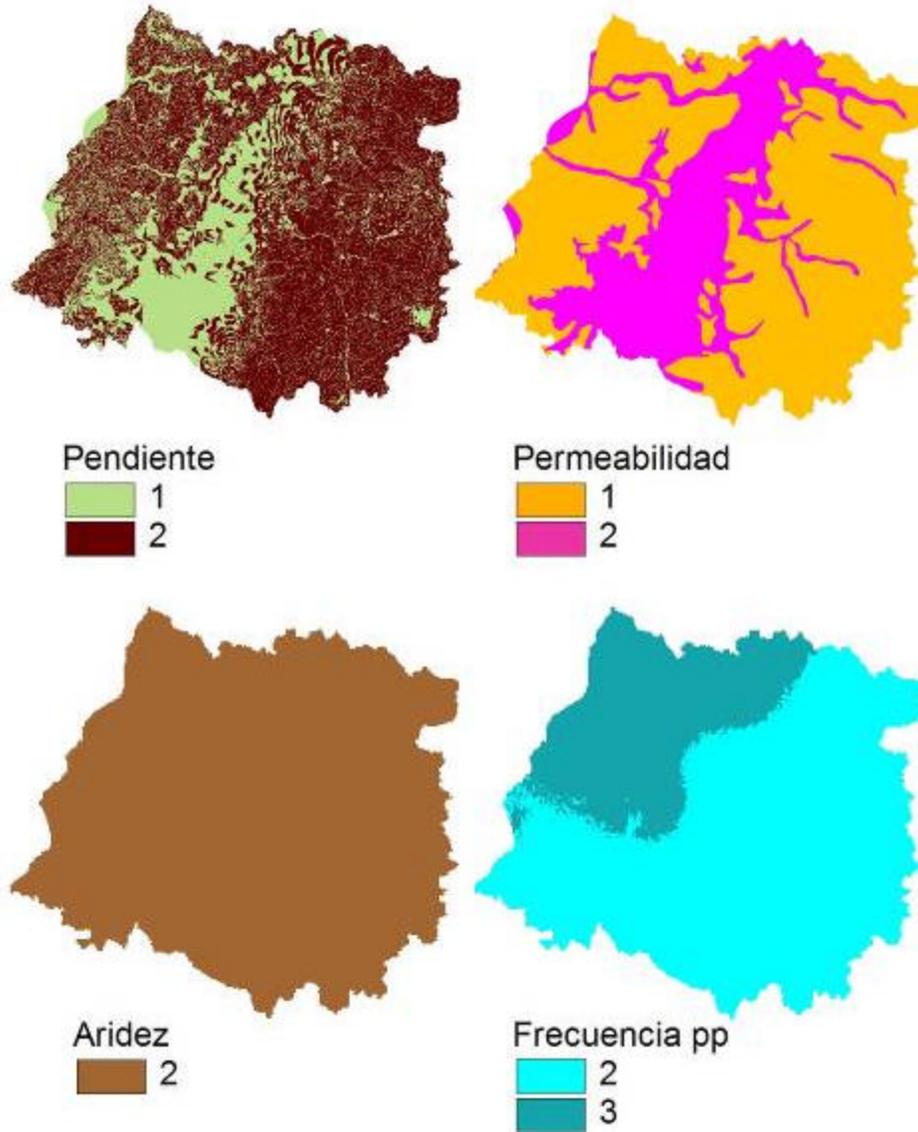


Figura 4.9. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la VIII Región.

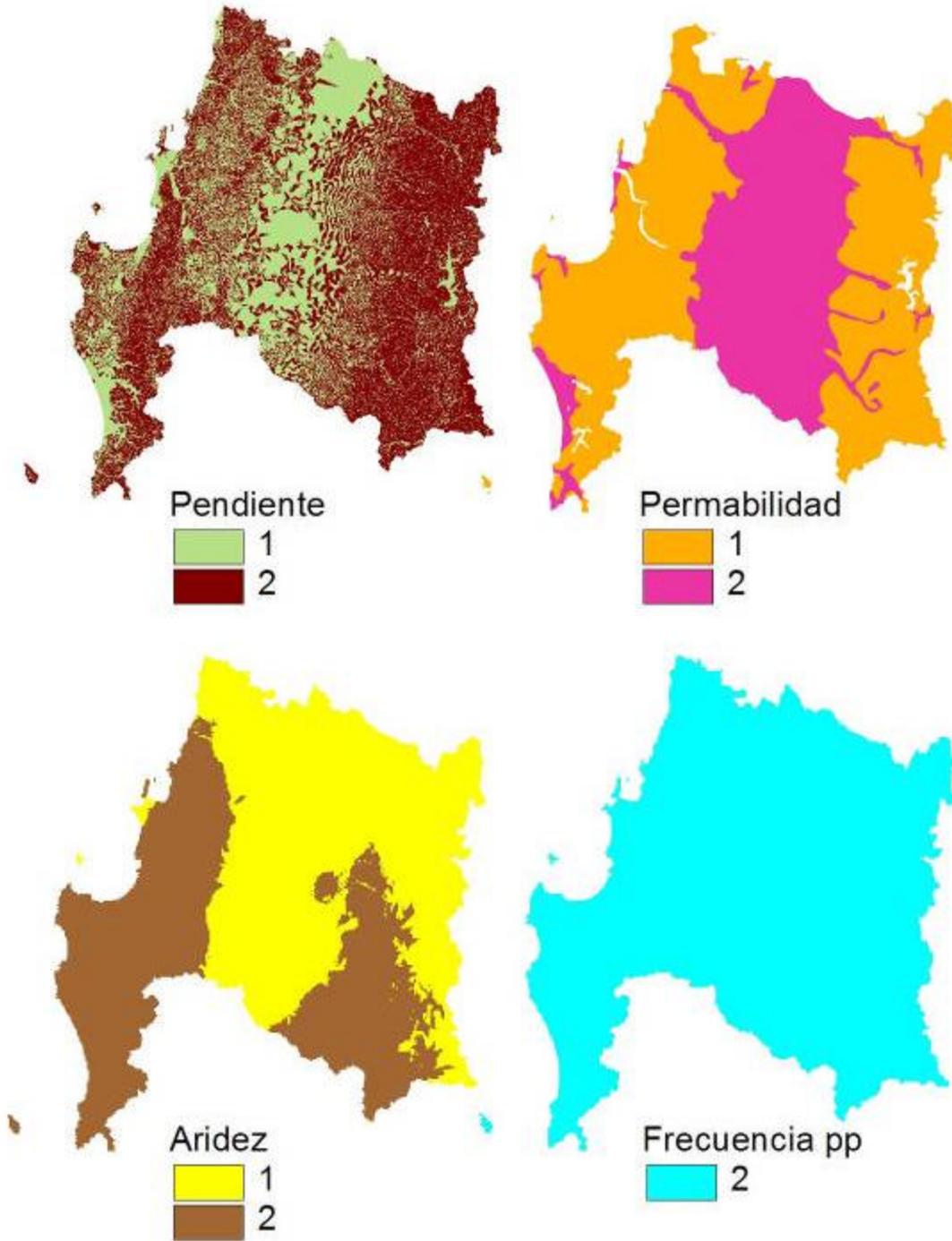


Figura 4.10. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la IX Región.

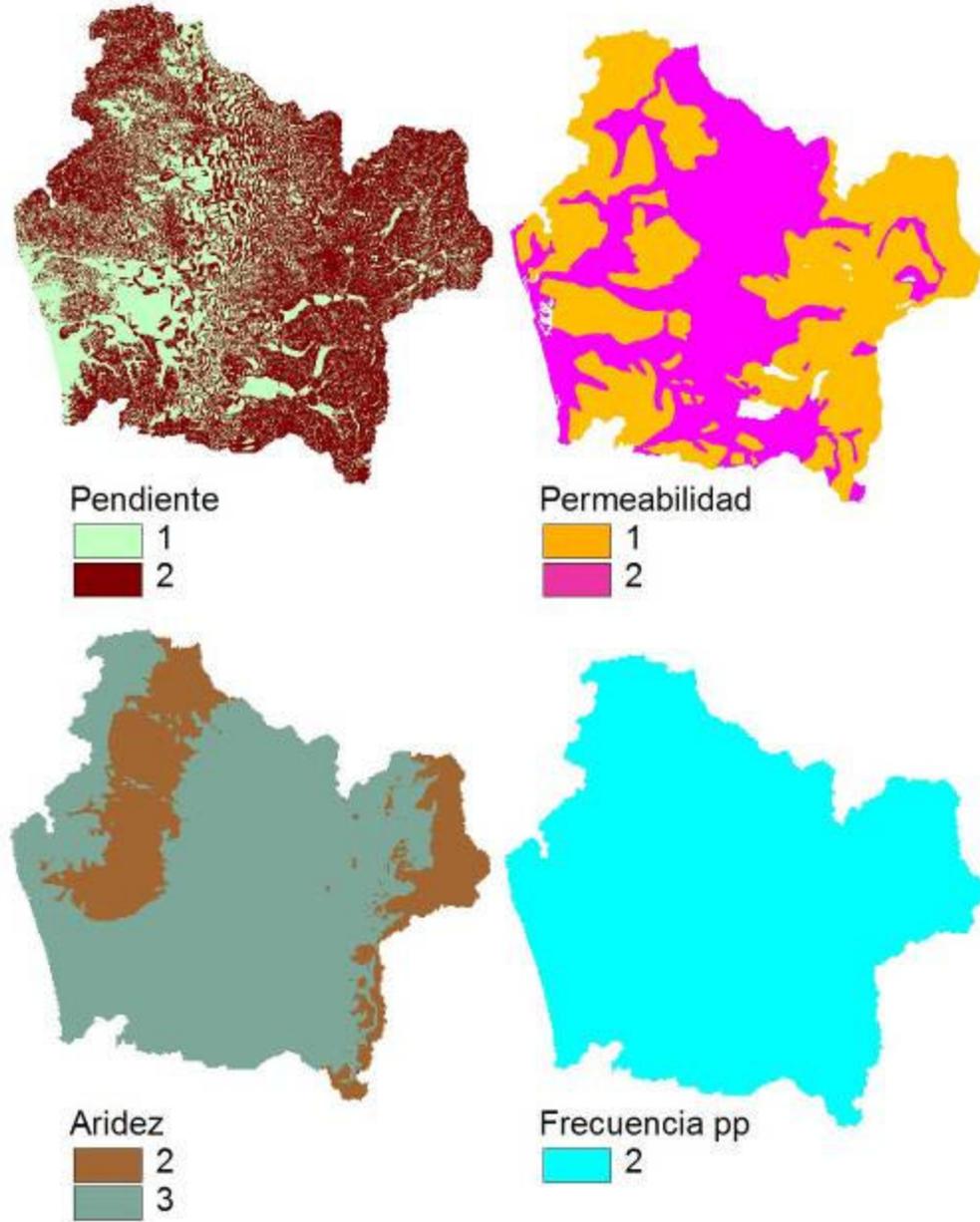


Figura 4.11. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la X Región.

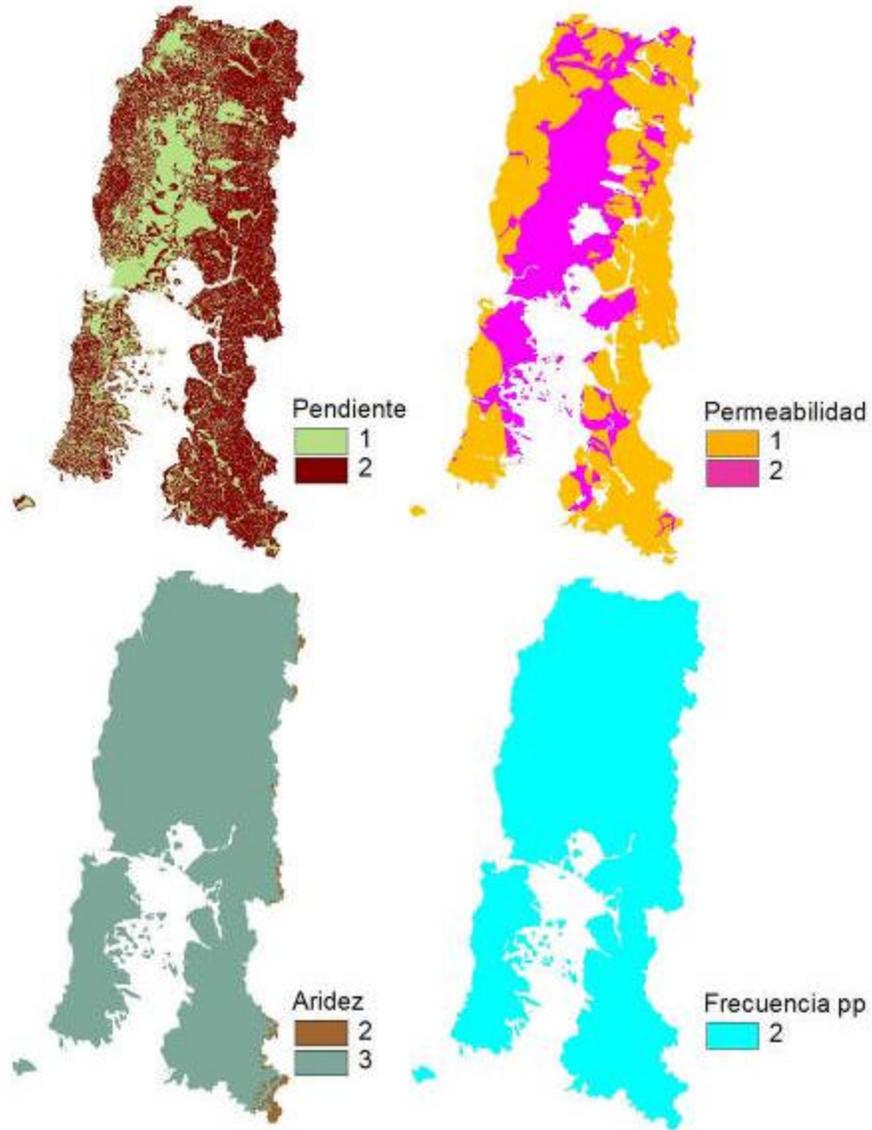


Figura 4.12. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la XI Región.

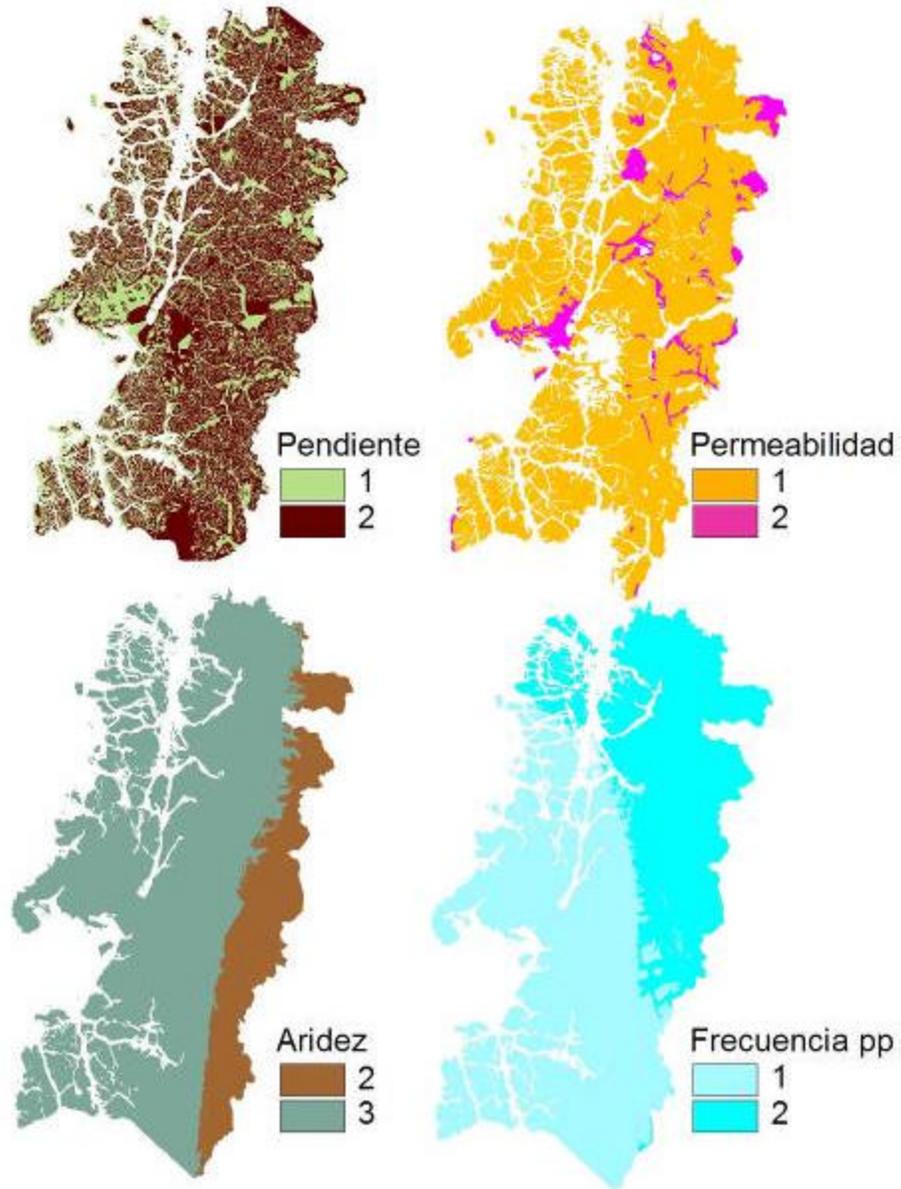


Figura 4.13. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la XII Región.

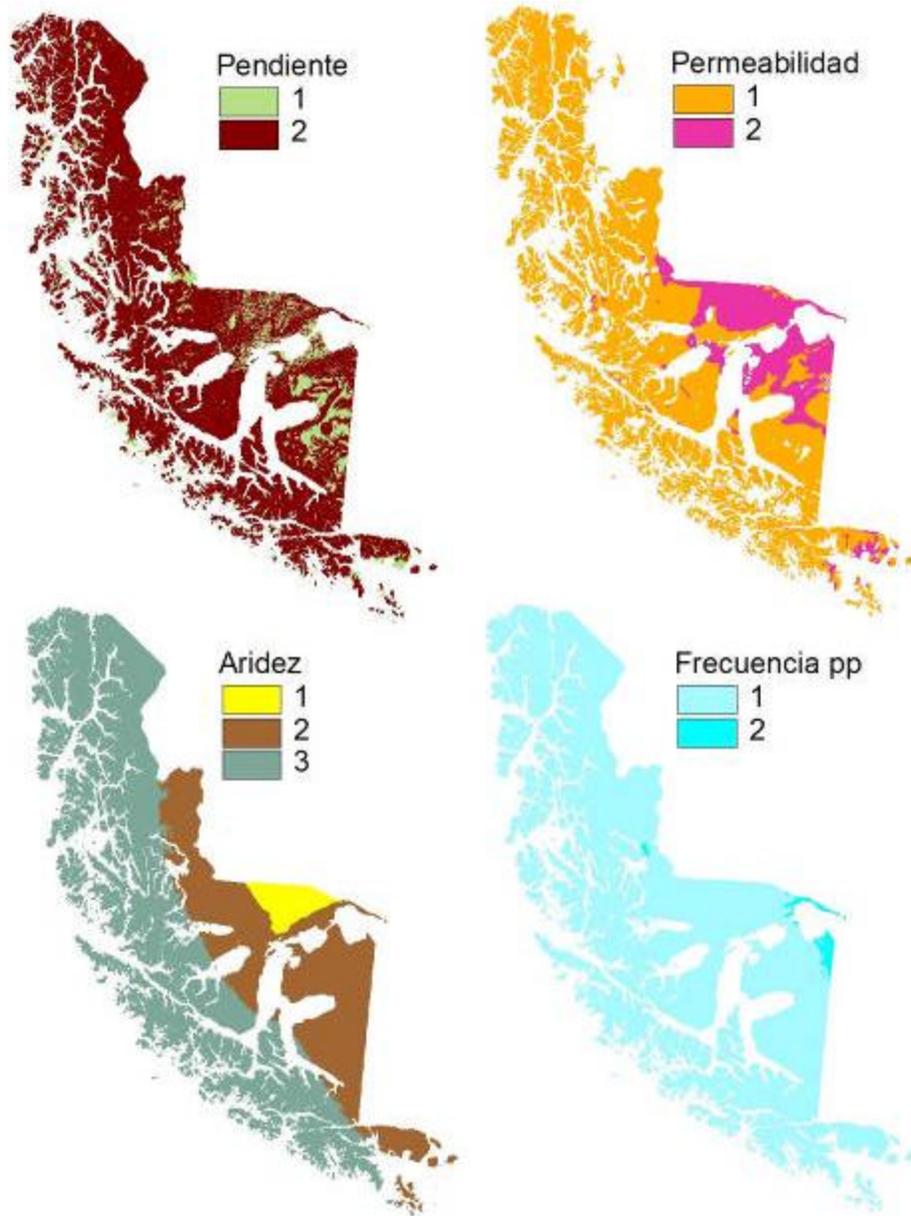
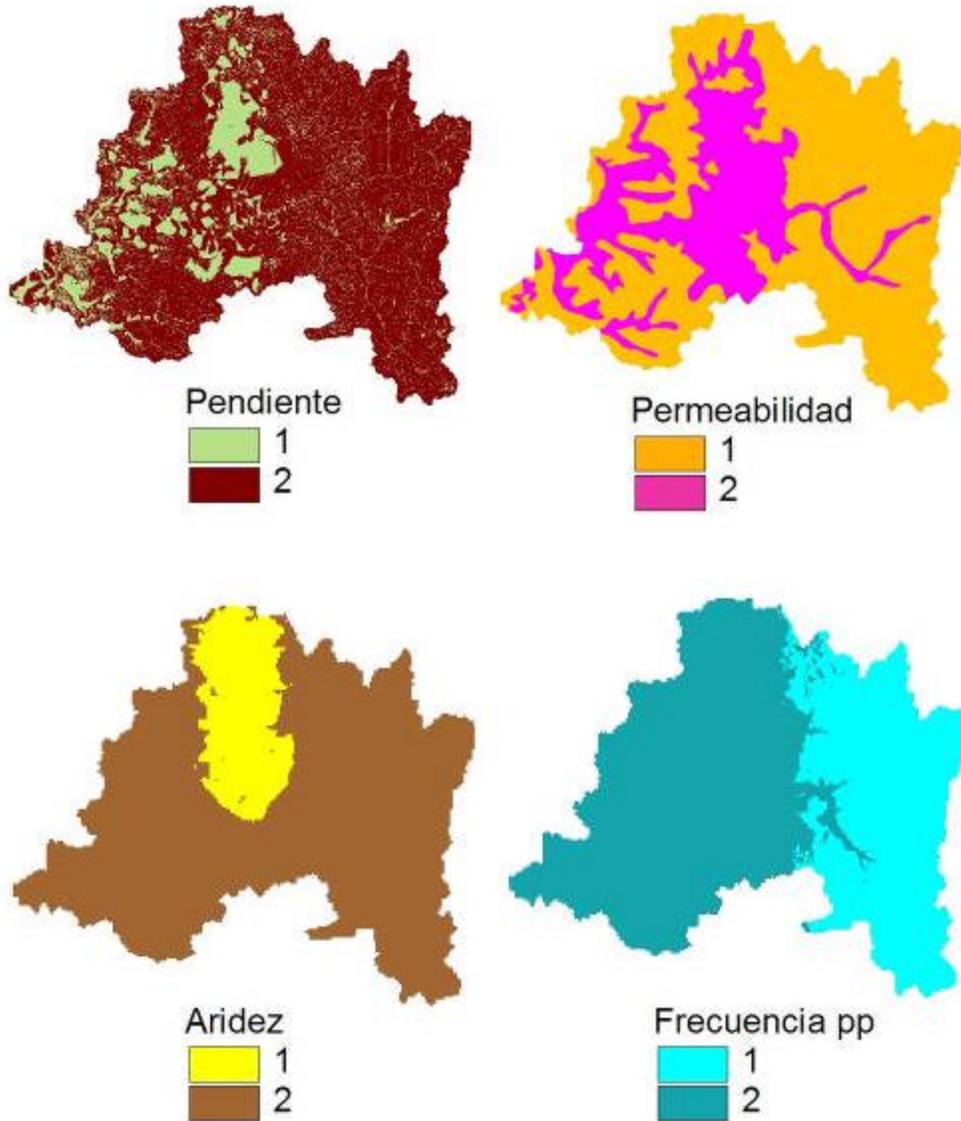


Figura 4.14. Información ambiental utilizada para la definición de los ecotipos de la RM.





En las Figuras 4.15 a 4.27 se describen los diferentes ecotipos identificados por región, utilizando los criterios de la Tabla 4.3. En las figuras no se indica la ubicación de los humedales marinos, bajo en entendido que corresponden a aquellos ubicados a partir de la línea de costa. Una situación similar se observa a los humedales costeros, los cuales no pueden ser representados en las figuras debido a su resolución espacial, pero se entiende que están ubicados en el territorio, a una cota inferior a 10 m.s.n.m. La diferencia entre un ecotipo de infiltración (A) e infiltración saturado (B), responde a que en este último el suelo está permanentemente saturado por el régimen de precipitaciones.

Tabla 4.3. Criterios clasificación de ecotipos.

Atributo	Costero	Continental			
	Intrusión salina	Evaporación	Escorrentia	Infiltración (A)	Infiltración saturado (B)
Altura (m.s.n.m)	< 10	--	--	--	--
Pendiente	--	(1)	(2)	(1)	(1)
Permeabilidad	--	(1) (2)	(1) (2)	(1)	(1) (2)
Aridez	--	(1)	(2) (3)	(2) (3)	(3)
Frecuencia (pp)	--	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	(2) (3)	(1) (2)

Pendiente: 2 clases (1) $m < 0.5$; (2) $m > 0.5$

Permeabilidad: 3 clases (1) baja y nula; (2) alta-media; (3) lagos, lagunas, embalse, esta última debemos ubicarla siempre que existan en todas las cartografías

Aridez: 3 clases (1) árido, periarido, semiarido; (2) Húmedo, subhúmedo (3) perhúmedo

Frecuencia (pp, CV), (1) 0 – 0.25 (2) 0.25 - 1 (3) > 1.

Figura 4.15. Ecotipos identificados en la I Región.

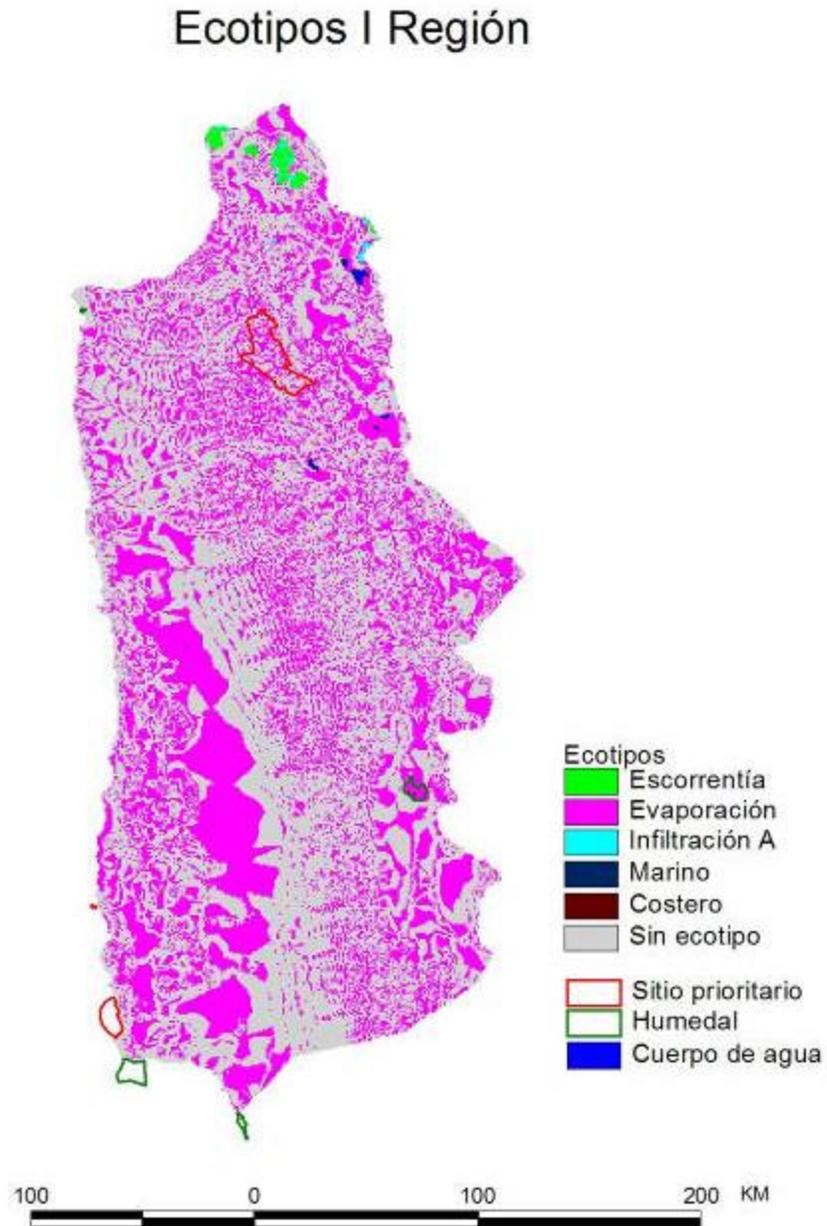


Figura 4.16. Ecotipos identificados en la II Región.

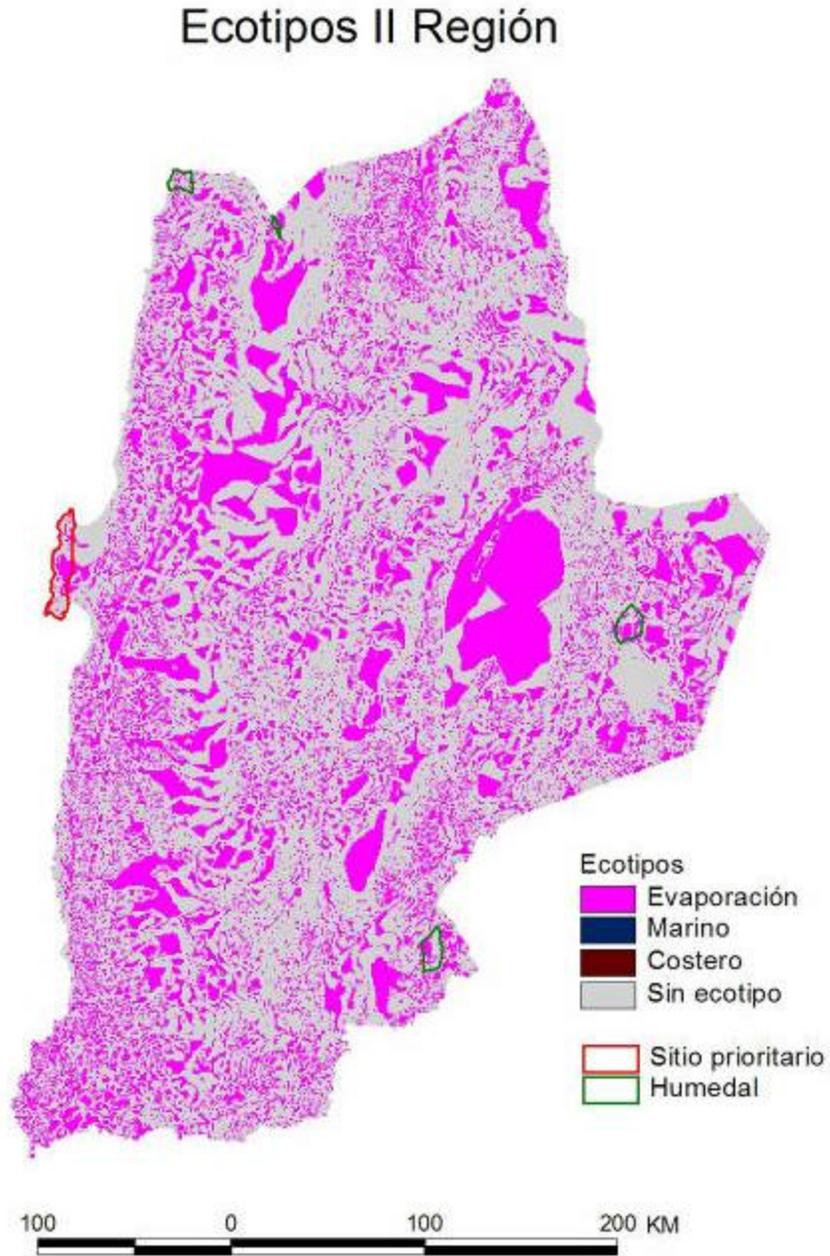


Figura 4.17. Ecotipos identificados en la III Región.

Ecotipos III Región

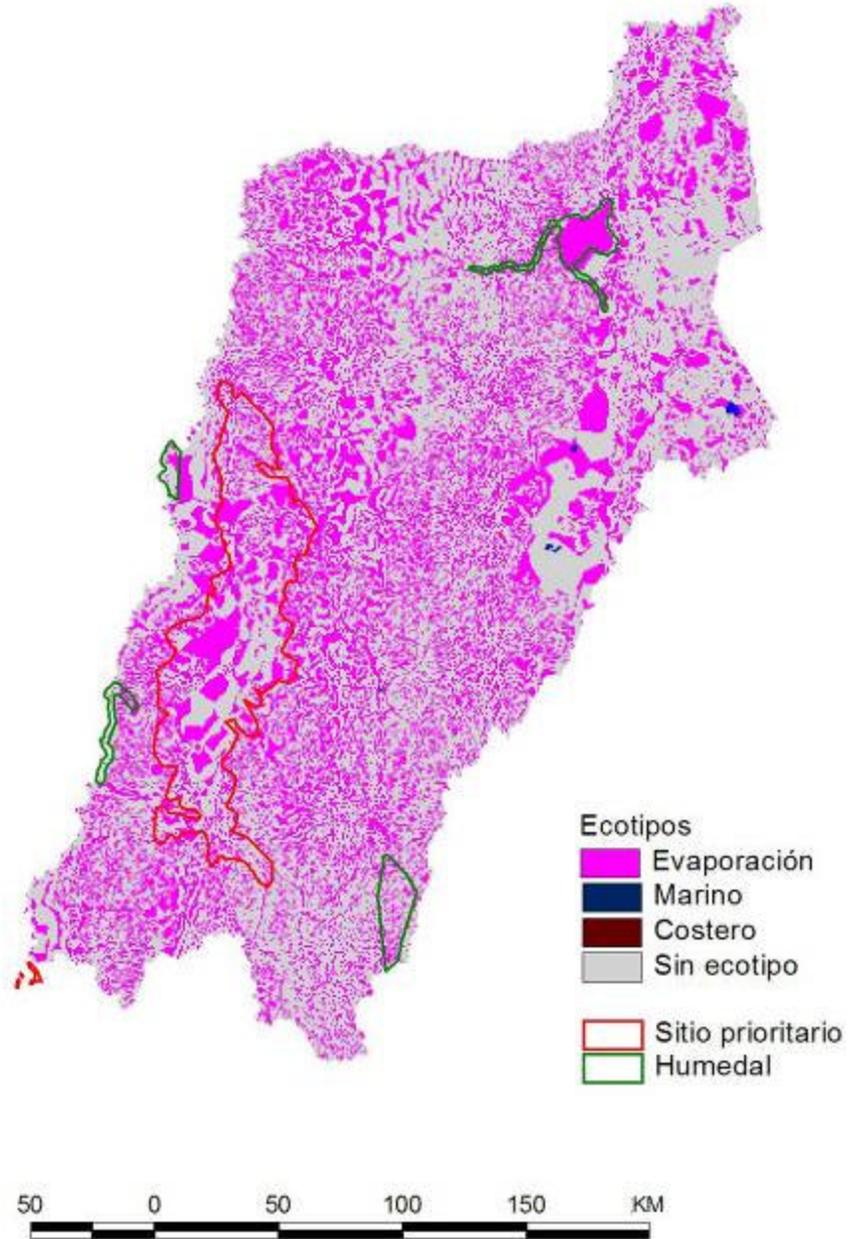


Figura 4.18. Ecotipos identificados en la IV Región.

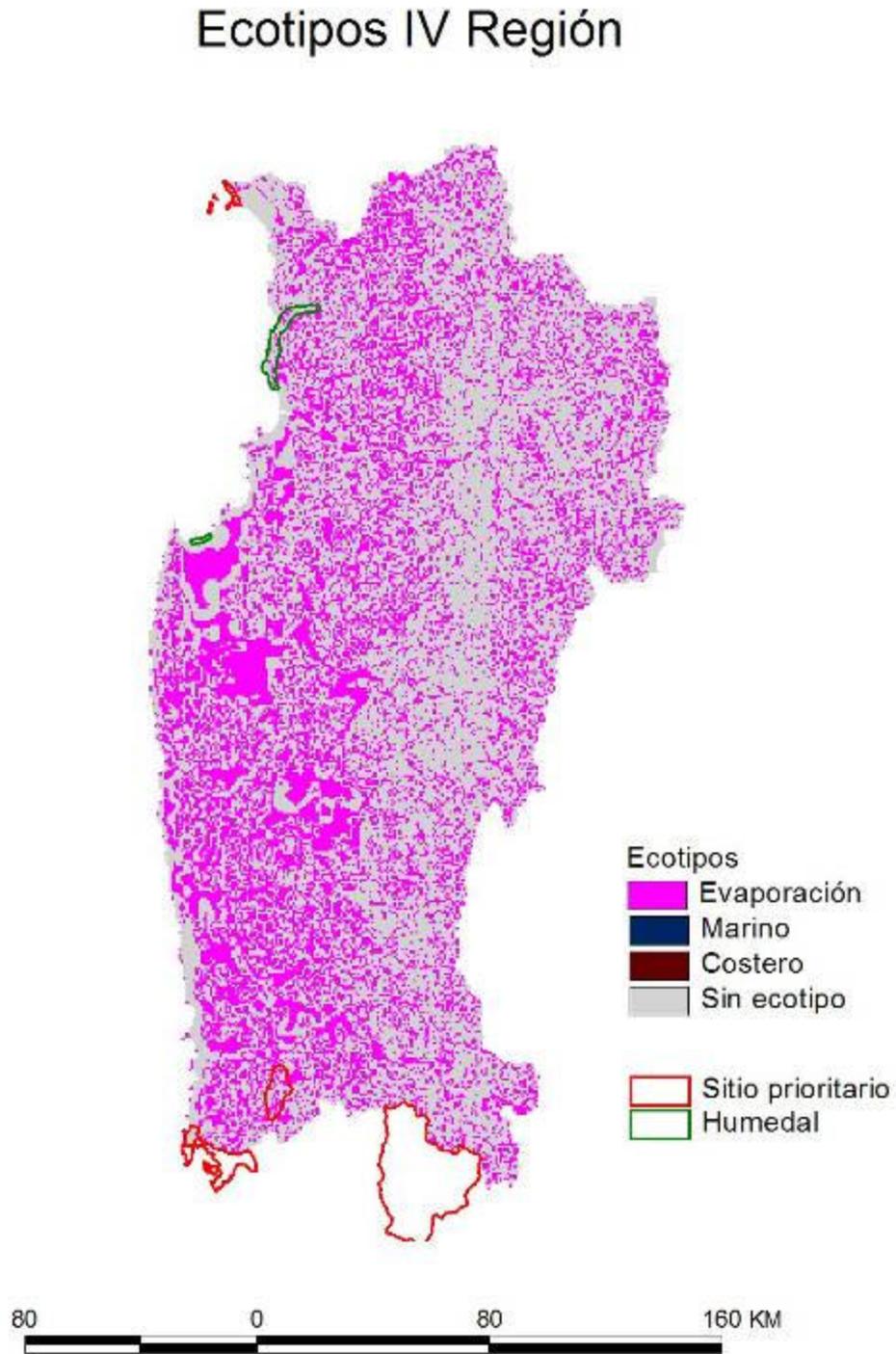


Figura 4.19. Ecotipos identificados en la V Región.

Ecotipos V Región

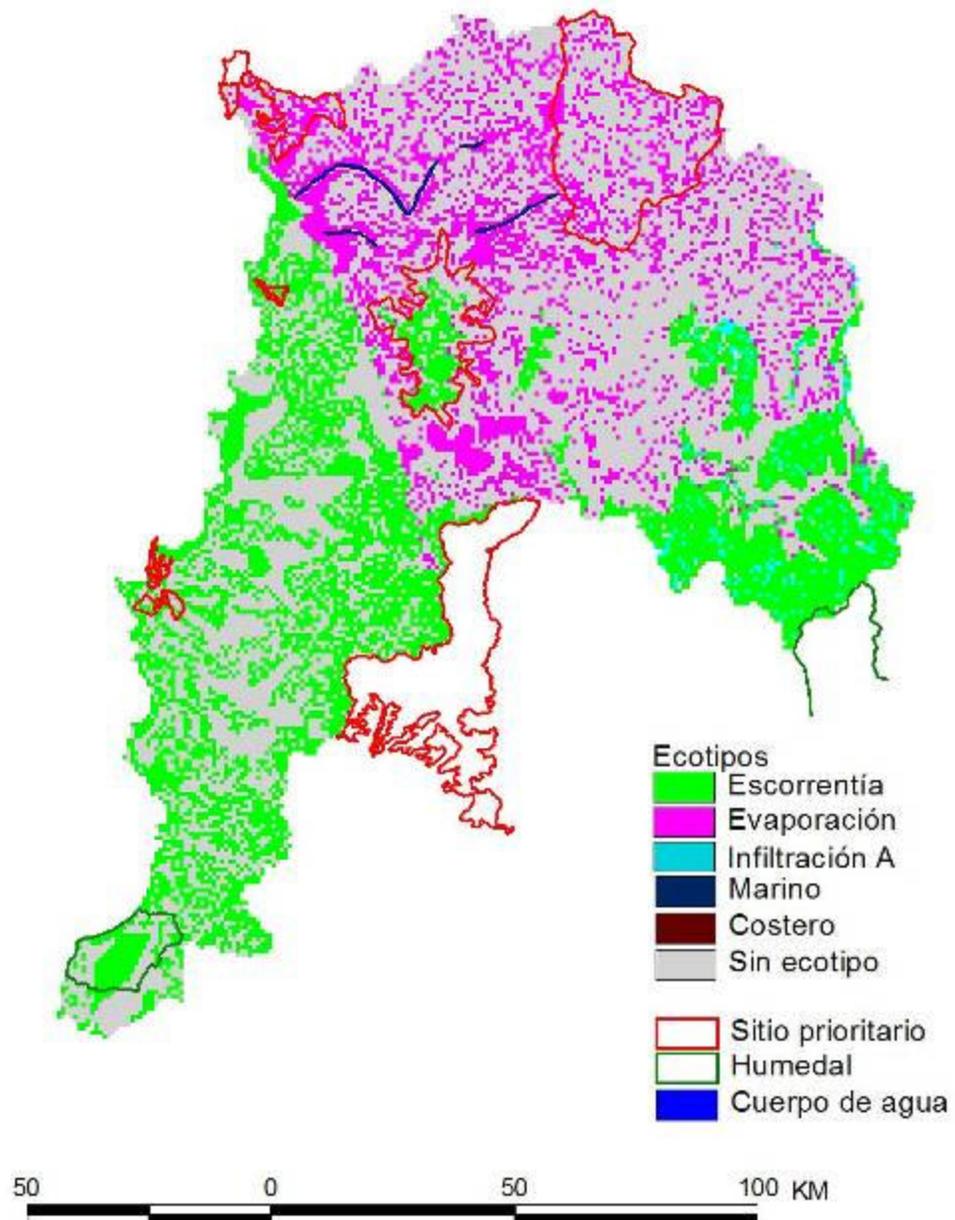


Figura 4.20. Ecotipos identificados en la VI Región.

Ecotipos VI Región



Figura 4.21. Ecotipos identificados en la VII Región.

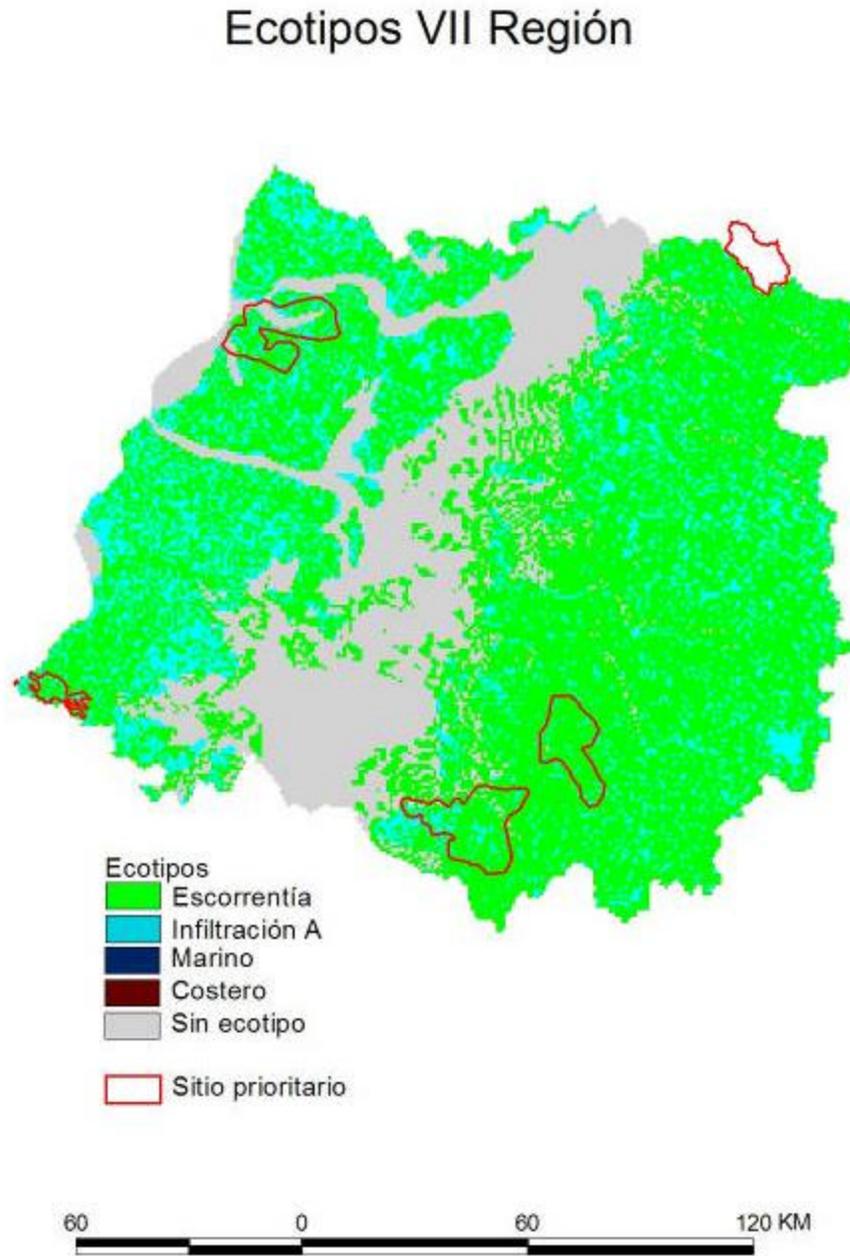


Figura 4.22. Ecotipos identificados en la VIII Región.

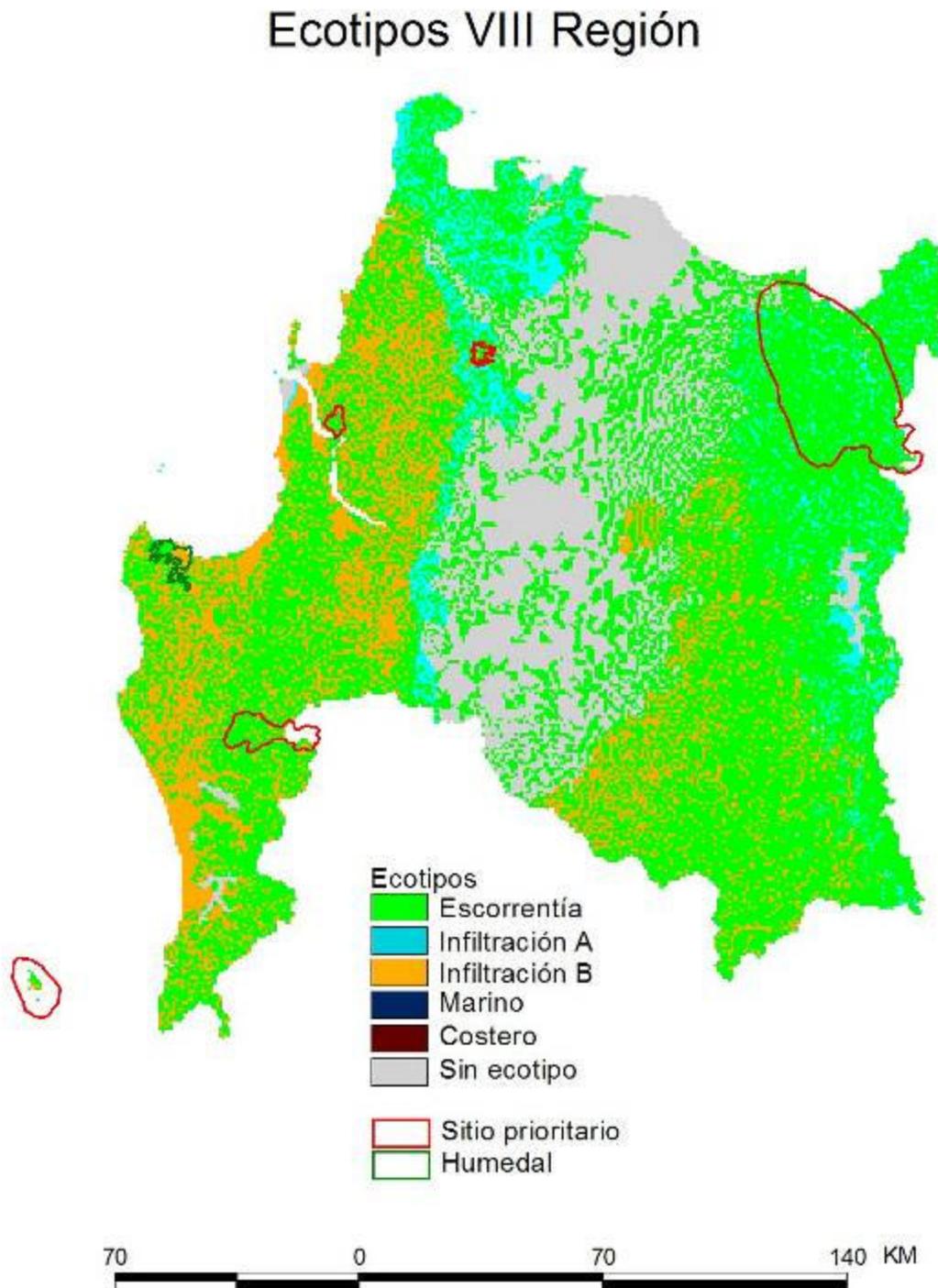


Figura 4.23. Ecotipos identificados en la IX Región.

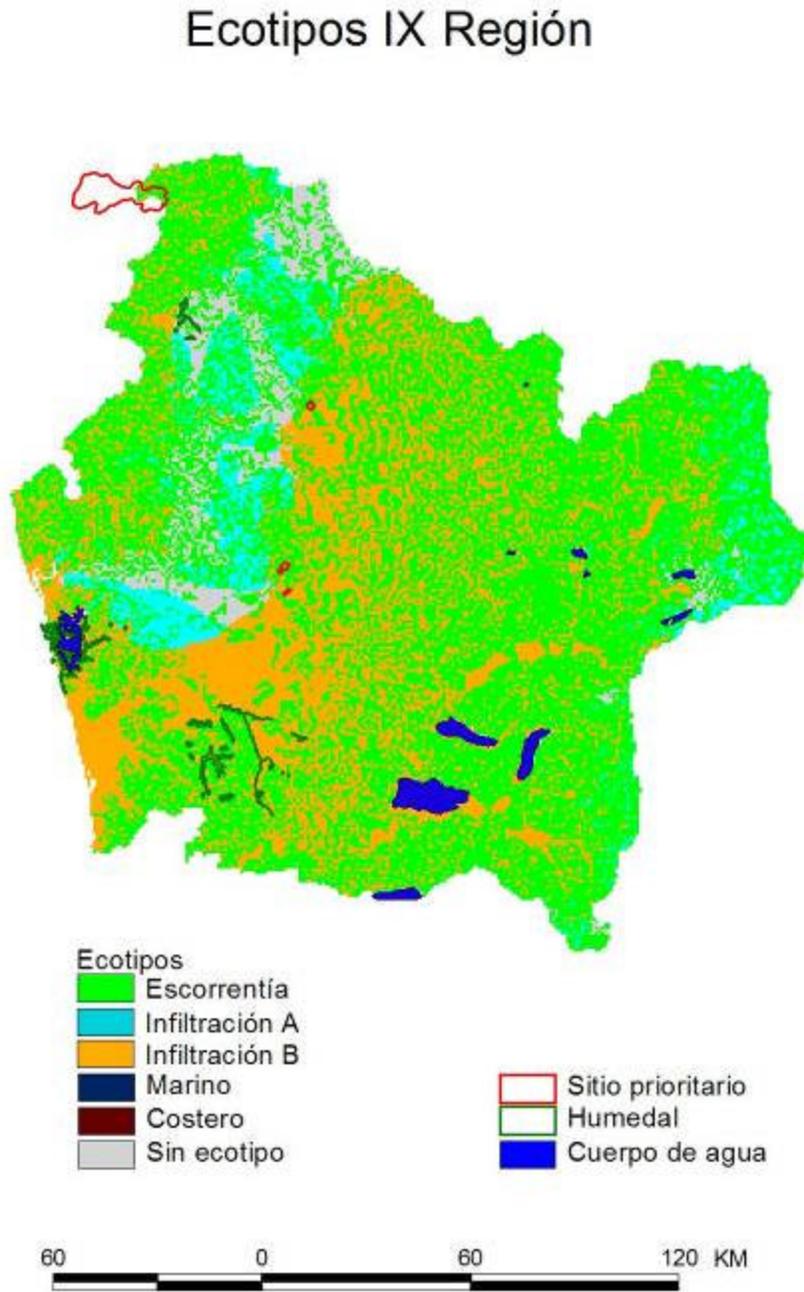


Figura 4.24. Ecotipos identificados en la X Región.

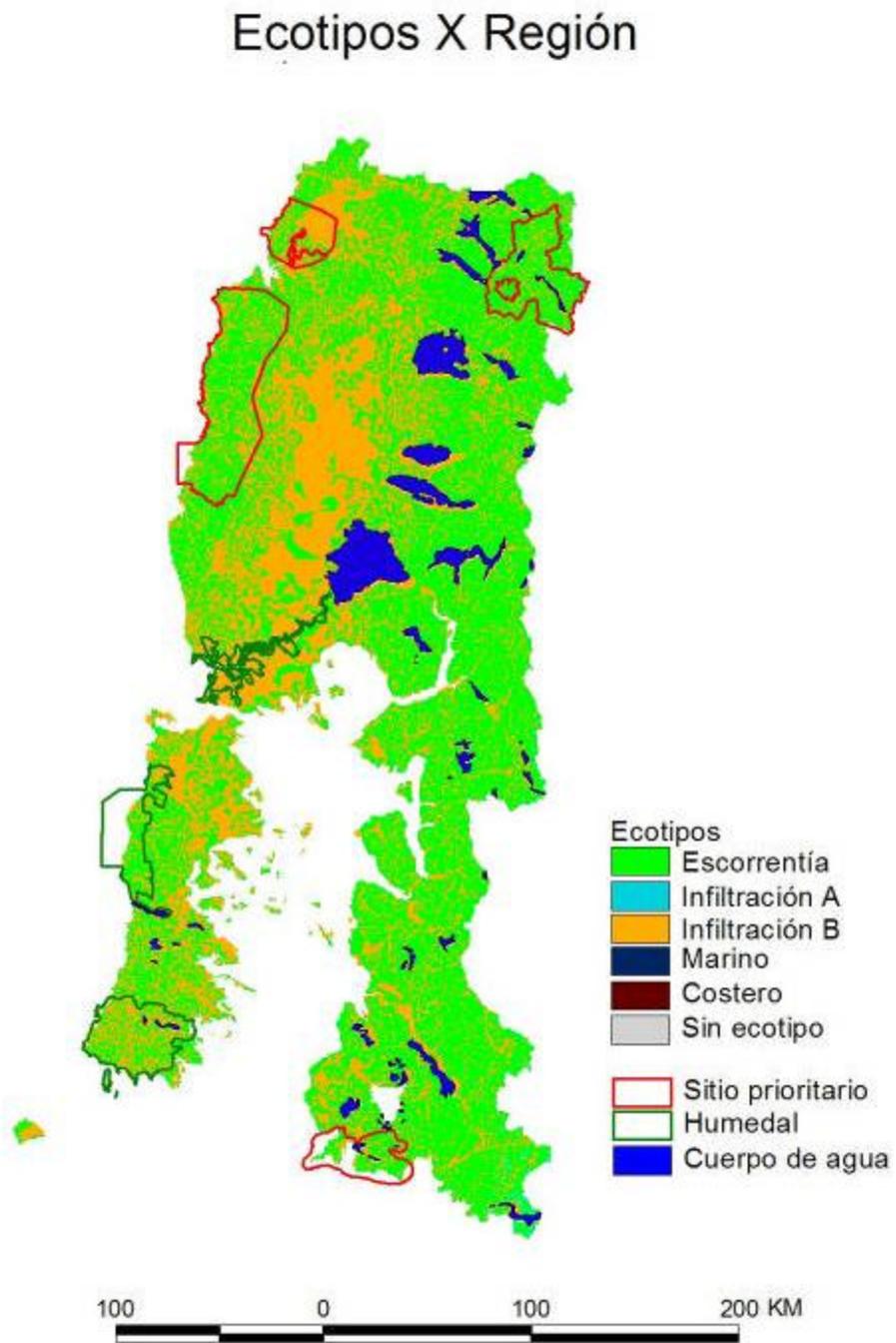


Figura 4.25. Ecotipos identificados en la XI Región.

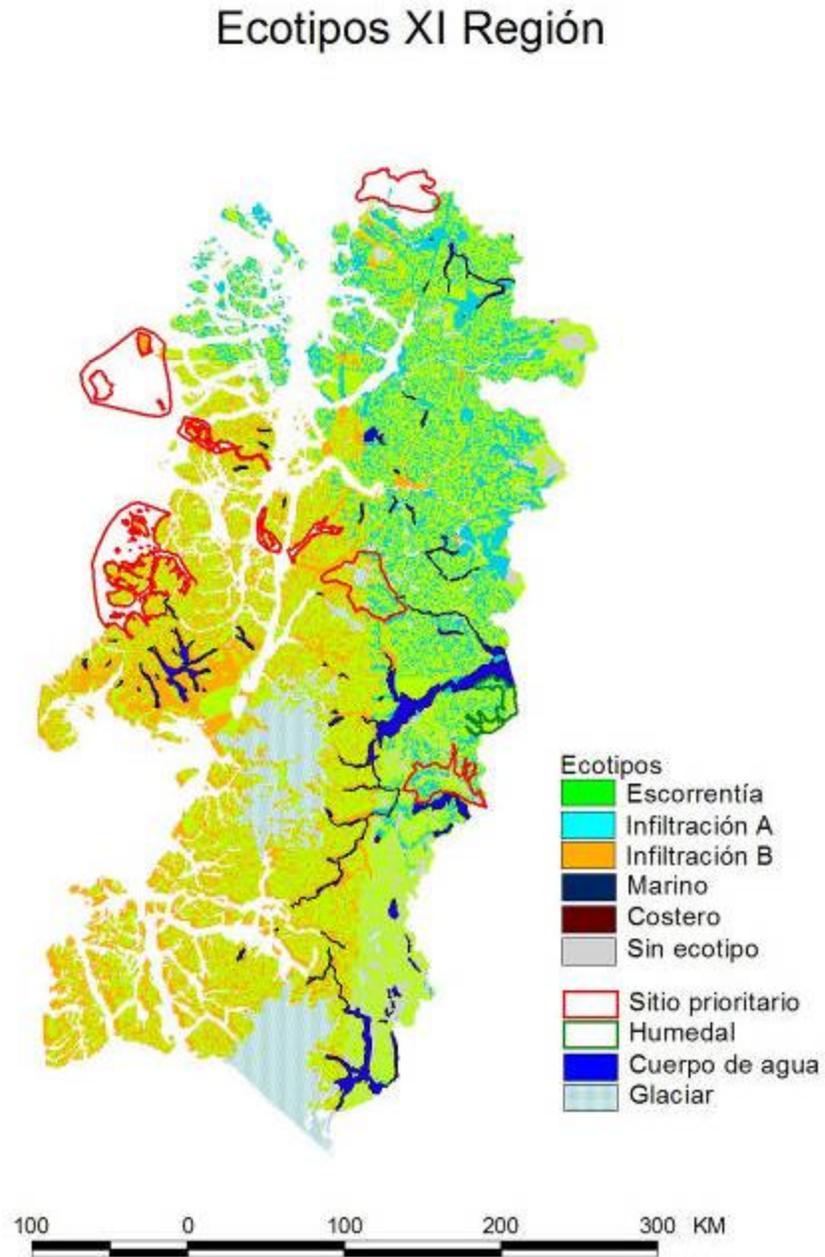


Figura 4.26. Ecotipos identificados en la XII Región.

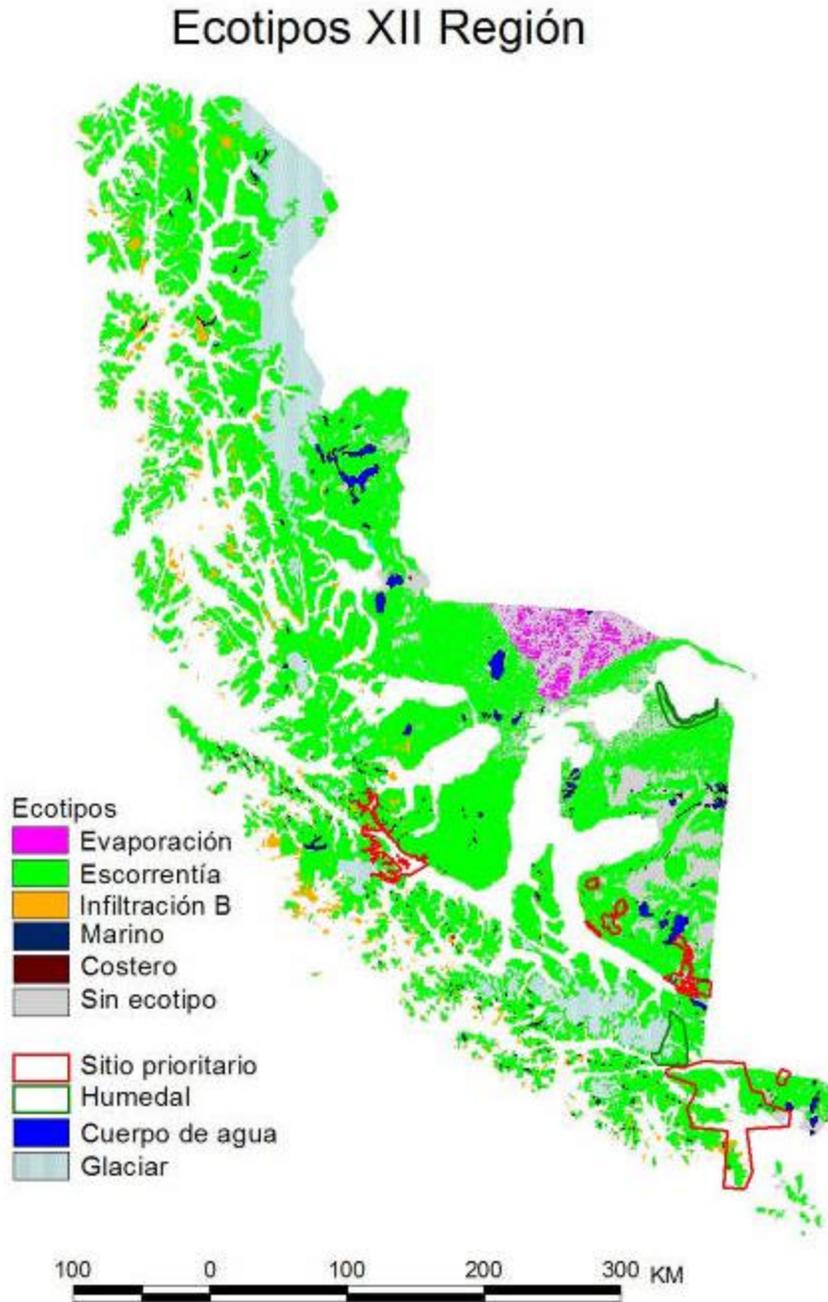
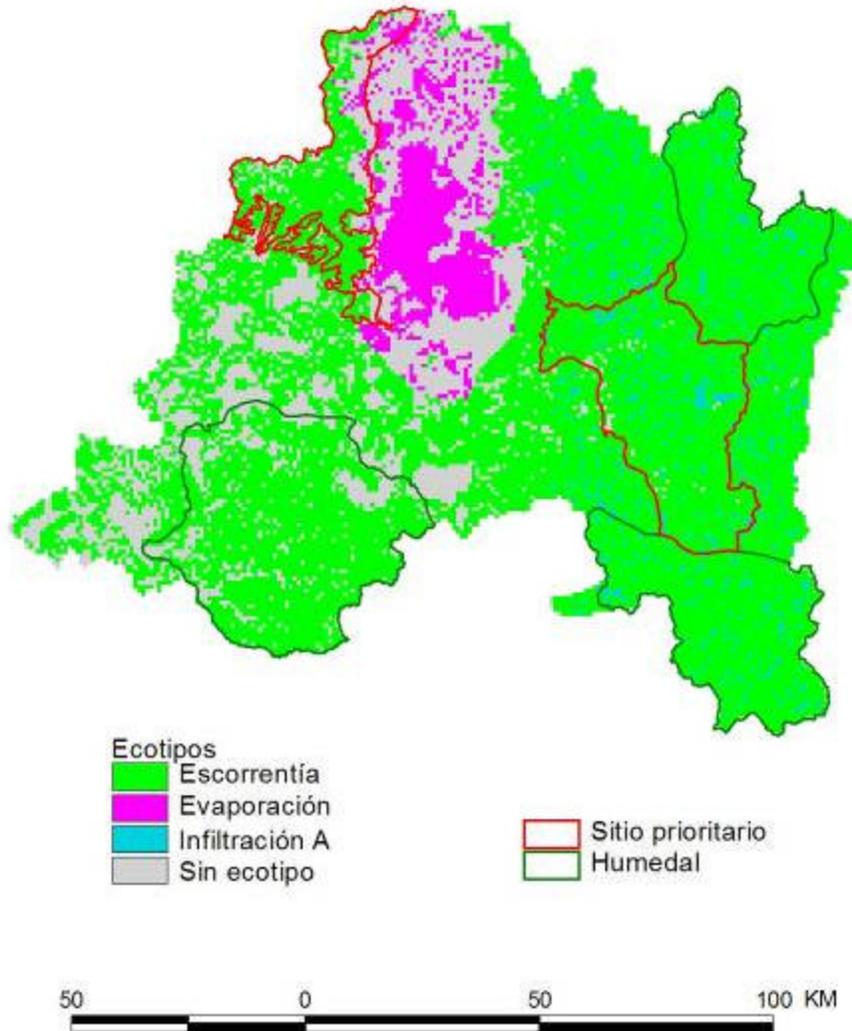


Figura 4.27. Ecotipos identificados en la RM.

Ecotipos Región Metropolitana





4.3 Atributos por ecotipos: estructura y funcionamiento

Los ecotipos corresponden a familias de humedales que tienen atributos comunes, en términos de su estructura y funcionamiento. Esta coherencia es más bien funcional, debido a que una familia de humedales se origina al tener factores forzantes similares. De este modo, podemos tener humedales con características similares en altas altitudes (ej. cordillera de Los Andes) y altas latitudes (ej. Patagonia), convergencia que se origina en que las condiciones físicas son comparables. Por otro lado, dentro de un ecotipo podemos tener diferencias a nivel de la biodiversidad específica, en respuesta a procesos biogeográficos, ecológicos y fisiológicos.

A partir de este enfoque “proceso-funcional” a nivel ecosistémico, se identificaron los atributos estructurales y funcionales de cada ecotipo, diferenciando tipos de humedales en función de características hidrodinámicas. Estos antecedentes se encuentran sintetizados en las Tablas 4.4 a 4.11 y Figuras 4.1 a 4.8.



Tabla 4.4. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos costeros en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal costero	Humedal costero	Humedal costero
Clase	Intrusión salina	Intrusión salina	Intrusión salina
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa con presencia de agua dulce y agua de mar. Contenido de nutrientes y sales disueltas elevado y baja concentración oxígeno disuelto en estrato profundo. Matriz sedimentaria con alto contenido materia orgánica y potencial redox negativo (sedimento negro).	Matriz acuosa con presencia de agua dulce y agua de mar (periódicamente en función de mareas). Contenido de nutrientes y sales disueltas elevado y baja concentración oxígeno disuelto en estrato profundo. Matriz sedimentaria con alto contenido materia orgánica y potencial redox positivo (sedimento café).	Sustrato saturado con alto contenido de sales. Bajo contenido de oxígeno disuelto. Matriz sedimentaria con alto contenido de materia orgánica
biótica	Plantas acuáticas halófitas y dulceacuícolas. Flora y fauna planctónica. Peces dulceacuícolas y marinos. Vegetación terrestre hidrófila, si existe criptodepresión se reemplaza por vegetación de tipo halófitas.	Plantas acuáticas halófitas y dulceacuícolas. Tapetes microbianos. Fauna bentónica (ej. camarones). Peces dulceacuícolas y marinos. Vegetación terrestre hidrófila, si existe criptodepresión se reemplaza por vegetación de tipo halófitas.	Vegetación terrestre halófitas. Tapetes microbianos.
Componente sensible	Vegetación terrestre hidrófila- plantas acuáticas dulceacuícolas.	Vegetación terrestre hidrófila	Vegetación terrestre halófitas
Funcionamiento			
interacción dominante	Caudal agua dulce- vegetación hidrófila, caudal marino - plantas acuáticas halófitas	Caudal agua dulce- vegetación hidrófila, caudal marino -tapetes microbianos.	Caudal marino-plantas terrestres halófitas
proceso dominante	Producción primaria plantas acuáticas halófitas y plantas terrestres hidrófilas. Producción secundaria invertebrados y peces	Producción primaria tapetes microbianos. Producción secundaria invertebrados	Producción primaria plantas halófitas
proceso sensible	Conectividad hídrica del humedal con el mar (barra terminal) y caudal agua dulce (superficial y subsuperficial). Migración de peces.	Caudal agua dulce Migración de peces.	Caudal marino
Ejemplos	Lagunas costeras como Budi, Conchalí, Carrizal	Desembocadura de rios como Bío Bío, Mataquito, Aconcagua	Salinas y zonas inundadas por mareas donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.1. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase intrusión salina



Tabla 4.5. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase evaporación) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Evaporación	Evaporación	Evaporación
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa alto contenido especies orgánicas y especies inorgánicas. Matriz sedimentaria alto contenido materia orgánica autóctona.	Matriz acuosa bajo contenido especies orgánicas e inorgánicas. Matriz sedimentaria bajo contenido materia orgánica autóctona y alto contenido vegetación alóctona.	Sustrato a con alto contenido de sales.
biótica	Tapetes microbianos Flora y Fauna planctónica Fauna macroinvertebrados bentónicos. Vegetación terrestre del tipo halófitas.	Plantas acuáticas (macrófitas). Tapetes microbianos (sal > 13 g/l). Fauna bentónica . Peces bentófagos (ej. Bagres. Orestias) Vegetación terrestre hidrófila (ciperáceas, totoras, bofedales, vegas).	Tapetes microbianos. Vegetación terrestre halófitas.
componente sensible	Tapetes microbianos – vegetación terrestre	Vegetación terrestre hidrófila	Vegetación terrestre halófitas
Funcionamiento			
interacción dominante	Recurso hídrico superficial-tapetes-avifauna (ej. flamencos).	Recurso hídrico superficial-vegetación hidrófila- pastoreo fauna terrestre	Recurso hídrico superficial-vegetación terrestre hidrófila
proceso dominante	Producción primaria tapetes microbianos – producción secundaria avifauna	Producción primaria vegetación hidrófila	Producción primaria vegetación terrestre halófitas
proceso sensible	Caudal agua dulce	Nivel freático	Nivel freático
Ejemplos	Laguna terminal Jachucoposa, Huasco, Barros Negros.	Canales alimentados por surgencias, como vertientes de Jachucoposa, Huasco norte. Incluye las lagunas asociadas directamente a las vertientes.	Tapetes y vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.2. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase evaporación





Tabla 4.6. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase escorrentía) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Escorrentía	Escorrentía	Escorrentía
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo contenido sólidos totales disueltos (STD) y sólidos totales suspendidos (STS). Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria con sedimentos finos y materia orgánica particulada fina.	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria con arenas, gravas, clastos de mayor tamaño y materia orgánica particulada gruesa (MOPG). Presencia pulso de inundación.	Sustrato saturado o no saturado temporalmente, con mezcla de materia orgánica particulada (fina y gruesa) y partículas inorgánicas de granulometría fina.
biótica	Flora y fauna planctónica Plantas acuáticas hidrófilas Peces planctófagos-ictiófagos Vegetación terrestre hidrófila	Microalgas filamentosas Tapetes microbianos (perifiton) Plantas acuáticas Fauna bentónica Peces bentófagos-ictiófagos Vegetación terrestre hidrófila	Briofitas. Fauna invertebrados y microorganismos.
componente sensible	Fitoplancton	Contenido materia orgánica particulada gruesa (MOPG) proveniente vegetación terrestre nativa. Tapetes microbianos. Peces	Briofitas
Funcionamiento			
interacción dominante	Nutrientes-fitoplancton	Caudal recurso hídrico superficial-tapetes microbianos-MOPG	Sustrato - briofitas
proceso dominante	Producción primaria fitoplancton	Degradación MOPG	Degradación sustrato
proceso sensible	Tiempo residencia-nutrientes-fitoplancton	Caudal recurso hídrico superficial	Estabilidad física sustrato
Ejemplos	Lago Villarrica, Todos los Santos, Pirihueico	Río Aconcagua, Teno, Laja, Bío Bío. Ríos que drenan de cordillera Nahuelbuta	Briofitas alimentadas por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.3. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase escorrentía.



Tabla 4.7. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase infiltración, A) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Infiltración A	Infiltración A	Infiltración A
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria con sedimentos finos y materia orgánica particulada fina.	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria con arenas, gravas y materia orgánica particulada gruesa.	Sustrato saturado o no saturado temporalmente con mezcla de materia orgánica particulada (fina y gruesa) y partículas inorgánicas de granulometría fina.
biótica	Microalgas filamentosas Flora y fauna planctónica Vegetación terrestre hidrófila	Tapetes microbianos (perifiton) Plantas acuáticas Vegetación terrestre hidrófila Fauna bentónica Peces bentófagos	Vegetación terrestre hidrófila.
componente sensible	Vegetación terrestre hidrófila	Tapetes microbianos Contenido materia orgánica particulada gruesa (MOPG) Peces bentófagos	Vegetación terrestre hidrófila
Funcionamiento			
interacción dominante	Nivel freático- vegetación terrestre hidrófila	Nivel freático-tapetes microbianos- MOPG	Nivel freático- vegetación terrestre hidrófila
proceso dominante	Producción primaria vegetación terrestre hidrófila	Degradación MOPG	Producción primaria vegetación terrestre hidrófila
proceso sensible	Nivel freático	Nivel freático	Nivel freático
Ejemplos	Hualves	Canales de desagüe de Hualves	Suelos saturados en zonas intercuencas

Figura 4.4. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase infiltración (A).



Tabla 4.8. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase infiltración saturado, B) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Infiltración B	Infiltración B	Infiltración B
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Alto contenido nutrientes y bajo contenido oxígeno en los estratos más profundos. Matriz sedimentaria predominantemente orgánica, con diferentes grados de descomposición.	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Alto contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria predominantemente orgánica, con diferentes grados de descomposición.	Sustrato saturado o no saturado temporalmente con mezcla de materia orgánica y partículas inorgánicas de granulometría fina.
biótica	Plantas acuáticas Vegetación terrestre hidrófila	Microalgas filamentosas Plantas acuáticas emergentes Flora y fauna planctónica Fauna bentónica Vegetación terrestre hidrófila	Vegetación terrestre hidrófila
componente sensible	Plantas acuáticas	Plantas acuáticas	Vegetación terrestre hidrófila
Funcionamiento			
interacción dominante	Nivel freático-plantas acuáticas-pastoreo	Nivel freático-plantas acuáticas	Nivel freático - Vegetación terrestre hidrófila
proceso dominante	Producción primaria plantas acuáticas	Producción primaria plantas acuáticas	Producción primaria Vegetación terrestre hidrófila
proceso sensible	Nivel freático	Nivel freático	Nivel freático
Ejemplos	Mallín, turberas, pomponales	Canales de descarga de Mallín, turberas, pomponales	Vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.5. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase Infiltración saturado (B)





Tabla 4.9. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continentales (clase afloramientos subterráneos) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Afloramientos subterráneos	Afloramientos subterráneos	Afloramientos subterráneos
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo en contenido STD y STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Nivel hídrico independiente de las precipitaciones. Matriz sedimentaria con sedimentos finos. Sedimentos anóxicos (sedimento negro).	Matriz acuosa alto contenido STD y bajo contenido STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. Matriz sedimentaria con arenas. Sedimentos aeróbicos (sedimento café)..	Sustrato saturado o no saturado temporalmente con mezcla de materia orgánica y partículas inorgánicas de granulometría fina.
biótica	Flora y fauna planctónica Peces planctófagos Vegetación terrestre hidrófila	Plantas acuáticas (sumergidas y emergentes) Fauna bentónica Peces bentófagos Vegetación terrestre hidrófila	Vegetación terrestre hidrófila
componente sensible	Plantas acuáticas	Plantas acuáticas	Vegetación terrestre hidrófila
Funcionamiento			
interacción dominante	Nutrientes-plantas acuáticas	Caudal-plantas acuáticas	Nivel freático - vegetación terrestre hidrófila
proceso dominante	Producción primaria plantas acuáticas	Producción primaria plantas acuáticas	Producción primaria vegetación terrestre hidrófila
proceso sensible	Carga de nutrientes -plantas acuáticas	Caudal (velocidad) -plantas acuáticas	Nivel freático
Ejemplos			Vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.6. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase afloramientos subterráneos.





Tabla 4.10. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase ácidos orgánicos) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Ácidos orgánicos	Ácidos orgánicos	Ácidos orgánicos
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Alto contenido nutrientes y contenido oxígeno. Presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (coloración color té), con baja transparencia. Baja velocidad de escurrimiento. No recibe alimentación hídrica de glaciares. Matriz sedimentaria rica en materia orgánica	Matriz acuosa bajo contenido STD y STS. Alto contenido nutrientes y contenido oxígeno. Presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (coloración color té), con baja transparencia Matriz sedimentaria rica en materia orgánica	Sustrato saturado o no saturado temporalmente con mezcla de materia orgánica y partículas inorgánicas de granulometría fina.
biótica	Plantas acuáticas Flora y fauna planctónica	Plantas acuáticas	Vegetación terrestre arbórea
componente sensible	Plantas acuáticas	Plantas acuáticas	
Funcionamiento			
interacción dominante	Escorrentía -vegetación arbórea	Escorrentía -vegetación arbórea	Nivel freático-vegetación arbórea
proceso dominante	Escorrentía - vegetación arbórea	Escorrentía - vegetación arbórea	Degradación sustrato orgánico
proceso sensible	Cobertura vegetación nativa	Cobertura vegetación nativa	Estabilidad física sustrato orgánico
Ejemplos	Nadis, tepuales	Canales de desagüe de Nadis y tepuales	Vegetación inundada por escorrentía donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.7. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase ácidos orgánicos.





Tabla 4.11. Descripción estructura y funcionamiento de ecotipos continental (clase Isoterma 0 °C) en función de la morfología del cuerpo de agua.

Ecotipo	Humedal continental	Humedal continental	Humedal continental
Clase	Isoterma 0 °C	Isoterma 0 °C	Isoterma 0 °C
Tipo	Cubeta	Canal	Plano
Atributos			
Estructura			
abiótica	Matriz acuosa bajo contenido STD y alto STS. Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. La dinámica de la matriz acuosa esta regulada por el régimen térmico. Matriz sedimentaria dominada por arenas y gravas. Presencia de materia orgánica particulada gruesa (MOPG).	Matriz acuosa bajo contenido STD y alto STS (temporalmente). Bajo contenido nutrientes y alto contenido oxígeno. La dinámica de la matriz acuosa esta regulada por las condiciones térmicas. Baja transparencia durante los periodos de deshielo. Matriz sedimentaria dominada por arenas, grava y clastos de mayor tamaño. Presencia de materia orgánica particulada gruesa (MOPG).	Sustrato saturado o no saturado temporalmente con mezcla de materia orgánica y partículas inorgánicas de granulometría fina. Sustrato se mantiene congelado durante invierno.
biótica	Microalgas filamentosas Flora y fauna planctónica Peces planctófagos	Tapetes microbianos (perifiton) Microalgas filamentosas Fauna bentónica Peces bentófagos	Vegetación terrestre arbórea
componente sensible	Fauna planctónica-peces	Fauna bentónica-peces	Vegetación terrestre arbórea
Funcionamiento			
interacción dominante	Sedimentos finos– flora y fauna planctónica-peces	MOPG –fauna bentónica-peces	Caudal-vegetación arbórea terrestre
proceso dominante	Sedimentos finos- temperatura del agua-producción primaria planctónica	Descomposición MOPG	
proceso sensible	Carga sedimentos finos	Caudal-carga sedimentos finos	Caudal superficial
Ejemplos	Lago General Carrera, Meullín	Río Nef, río Colonia	Vegetación inundada por afloramientos difusos donde no existe depresión en el terreno

Figura 4.8. Fotografías de humedales pertenecientes a la clase Isoterma 0 °C.





4.4 Amenazas por ecotipos

En los estudios realizados por la Corporación Ambientales Acuáticos de Chile (2005); MOP (2000) y Tabilo-Valdivieso (2004), se describen las principales amenazas identificadas para los humedales a nivel nacional.

a) Alteración física de los hábitats:

- Erosión de los suelos
- Disminución de caudales en ríos
- Desertización
- Disminución o aumento de niveles en acuíferos
- Efecto barrera (embalses, tranques relaves, caminos)
- Modificación régimen hidrológico (obras de regulación, extracciones, etc)
- Alteración de los patrones de drenaje
- Fragmentación del hábitat
- Alteraciones de los patrones de sedimentación en ríos y lagos
- Pérdida de suelos por expansión urbana, agrícola y/o minera
- Destrucción de cajas de ríos por extracción de áridos para construcción
- Obstrucción de ríos por actividad agrícola, minera y forestal
- Sobreutilización del recurso suelo
- Disminución capacidad de infiltración de suelos por pérdida de vegetación
- Excesiva deforestación
- Sobreutilización de recursos forrajeros en comunidades
- Inundaciones y erosión lateral de ríos
- Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas
- Incendios forestales
- Incremento áreas dunarias
- Embaucamiento de ríos o lagos por sedimentación

b) Contaminación:

- Contaminación superficial por aguas servidas
- Contaminación superficial por residuos industriales (Riles)
- Contaminación difusa superficial por pesticidas y fertilizantes
- Contaminación difusa superficial por metales
- Contaminación difusa superficial por sales
- Contaminación bacteriológica de los cursos de agua superficiales
- Contaminación de ríos por aguas servidas de conglomerados humanos
- Contaminación de ríos por desechos sólidos
- Contaminación por petróleo.
- Eutroficación



c) Introducción de especies exóticas:

Presencia de camélidos de introducción ilegal, portadores de enfermedad
Incorporación de flora exótica
Reemplazo de bosque nativo por especies introducidas
Introducción de especies de fauna exóticas (Ej: truchas).

d) Cambios climáticos globales:

Déficit de aguas
Sequías estacionales
Daños por alta variabilidad de precipitaciones pluviales

e) Administración y prácticas de manejo :

Derechos de aprovechamiento que no consideraron la demanda ambiental hídrica (caudales ecológicos, lagos y acuíferos)
Falta de tratamiento de aguas servidas y Riles
Prácticas de agricultura como sobre utilización de abonos y pesticidas, incendios.
Mal manejo de ganado en comunidades (caprino)
Falta o escasez de áreas de protección de la diversidad biológica
Inadecuada infraestructura para tratamiento aguas con boro y otros
Falta de plantas de tratamiento de aguas servidas
Deficiente reforestación con especies nativas
Mala localización de poblaciones y áreas agrícolas
Quemas de roces y rastrojos en áreas rurales
Utilización irracional del bosque nativo
Reforestación con monocultivo (*Pinus radiata*)
Pesca y caza clandestina
Exportación comercial de vertebrados e invertebrados
Exportación comercial de plantas, semillas y frutos
Inadecuada planificación territorial
Excesivo o mal uso recreativo (motos de agua laguna Aculeo, jeeps en borde costero)
Legislación incompatible con la conservación de humedales (código minería, ley fomento forestal y fomento inversión privada).

A partir de estos antecedentes se realizó una selección y jerarquización de las amenazas (Tabla 4.12), en función de su relación de los procesos que fueron utilizados para definir los ecotipos. La jerarquización establece que las amenazas de tipo físico son capaces de modificar el sistema globalmente, modificando su estructura y funcionamiento. Las amenazas de tipo químico modifican componentes específicos del sistema (abiótico y/o biótico), no obstante, si la masa de elementos o compuestos químicos sobrepasa la capacidad de carga del sistema, éstos son capaces de afectar el sistema globalmente. En cambio las amenazas de tipo biológico afectan solamente componentes específicos del sistema.



Es importante señalar que la menor recarga hídrica observada en las últimas décadas a nivel nacional, es una amenaza que afecta la estructura y funcionamiento de los humedales.

Tabla 4.12. Jerarquización de las amenazas en función de los ecotipos.

Ecotipos	Amenazas		
	Físico	Químico	Biológico
Intrusión salina	Alteración dinámica barra terminal. Extracción y modificación de caudal agua superficial de tributarios (ej. camino costero). Quema vegetación ripariana	Actividad agrícola (fertilizantes, pesticidas). Descargar Riles con alta concentración nutrientes	Pastoreo. Depredadores domésticos alzados (gatos y perros)
Evaporación	Extracción agua subterránea y superficial. Quema vegetación.	Descargar Riles con alta concentración sales	Pastoreo
Infiltración (A)	Extracción agua superficial. Drenaje. Sedimentación. Deforestación	Descargar Riles con alta concentración nutrientes	Monocultivos. Pastoreo
Infiltración saturado (B)	Modificación tiempo residencia del agua. Sedimentación. Deforestación	Descargar Riles con alta concentración nutrientes. Descargar Riles con alta concentración sales	Extracción biomasa. Depredadores domésticos alzados (gatos y perros)
Escorrentía	Extracción agua superficial. Deforestación	Descargar Riles con alta concentración nutrientes	Deforestación vegetación ripariana
Afloramientos subterráneos	Extracción agua subterránea y superficial. Quema vegetación.	Descargar Riles con alta concentración sales. Descargar Riles con alta concentración sales. Actividad agrícola	Pastoreo. Introducción especies exóticas. Depredadores domésticos alzados (gatos y perros)
Ácidos orgánicos	Deforestación	Descargar Riles con alta concentración nutrientes	
Isoterma O°C	Modificación tiempo residencia del agua	Descargar Riles con alta concentración nutrientes	Introducción especies exóticas. Pastoreo



Una de las amenazas que es importante destacar y explicar con mas detalle, es el drenaje de humedales, ya que esta actividad es apoyada e incentivada financieramente por el Gobierno de Chile a través del decreto Ley 701 sobre fomento forestal de 1974 y de la ley 18.450 de fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje de 1985. Esta última consiste en un programa de subsidios, en el cuál el estado puede llegar a financiar hasta el 75% de una obra de transformación de un humedal a un área apta para la agricultura. Originalmente estaba planeada para mantenerse en vigor sólo durante ocho años, fue modificada en 1994, ampliando su vigencia hasta el 31 de diciembre de 1999 y, posteriormente, hasta el 1 de enero del 2010. El decreto de Ley 701 fomenta la destrucción de ñadis a cambio de una bonificación del estado si es que esas tierras son transformadas en predios forestales.

4.5 Calibración y validación de ecotipos

La calibración de los ecotipos se realizó mediante una campaña a terreno en la VIII Región y la validación en varias campañas a terreno entre III y XI Región.

4.5.1 Campaña terreno VIII Región.

La campaña a terreno consistió en un reconocimiento de humedales en 2 ejes espaciales. Eje altitudinal desde Cordillera de los Andes (Lonquimay) hasta el mar (sector Tubul Raqui) y un eje latitudinal desde el sector de Tubul Raqui hasta la desembocadura del río Itata (Figura 4.9). La actividad fue llevada a cabo por el equipo técnico, donde se calibraron los criterios para identificar los ecotipos (Tabla 4.3) y los atributos (Tablas 4.4 - 4.11). La calibración fue empírica contrastando las fichas por ecotipo presentadas en el Capítulo 4.3, con la zonificación espacial presentada en el Capítulo 4.2. Los resultados permitieron calibrar los criterios de la Tabla 4.3.

Figura 4.9. Humedales de la VIII Región utilizados para la calibración de los ecotipos.



4.5.2 Campaña terreno entre III y XI Región.

Se realizaron campañas a terreno entre la III y XI región, donde participaron técnicos de la CONAMA, Servicios del Estado (SAG, CONAF Sernapesca, Directemar, DGA, DOH), académicos de universidades regionales, ONG, alcaldes y comunidad local (Figura 4.10).

Durante las campañas a terreno se contrastaron las fichas descritas en el Capítulo 4.3, con observaciones de humedales seleccionados localmente por la CONAMA. La calibración fue de tipo cualitativa, realizando un análisis cruzado entre los atributos de la estructura y funcionamiento de los ecotipos, con las características de los humedales visitados en cada región.

Los resultados obtenidos permitieron corregir y validar las fichas y zonificación de ecotipos.



4.6 Matriz de valoración

Mediante un análisis cruzado entre las propiedades estructurales y funcionamiento de cada clase de ecotipo y las amenazas, se construyó una matriz de valoración cualitativa (Tabla 4.12). Utilizando como principal supuesto que las amenazas, en calidad e intensidad, son específicas para cada ecotipo.

La matriz de valoración se basa en que la sola presencia de una amenaza afecta la condición ambiental de un ecotipo. El análisis integrado de las amenazas sobre un particular ecotipo, se basó en el análisis jerárquico indicado en la Tabla 4.11.

El índice “grado de antropización” señalado en la Tabla 4.13, da cuenta en términos potenciales de la distancia que existe entre un humedal en condiciones de referencia (sin perturbación de tipo antrópica) y modificado (con perturbación de tipo antrópica).

Figura 4.10. Reuniones regionales para validación del sistema de clasificación de ecotipos.





4.7 Plan de manejo por ecotipo

El plan de manejo por ecotipo debe considerar en términos generales los siguientes aspectos:

- a) *Descripción de la estructura del ecotipo*, a partir de la descripción de los principales componentes físicos, biológicos y sociales, usos actuales y futuros, medidas de manejo y áreas protegidas.
- b) *Descripción del funcionamiento del ecotipo*, a través del análisis de interacciones y procesos.
- c) *Delimitación espacial y temporal del ecotipo*.
- d) *Análisis de las amenazas*, con énfasis en el origen y mecanismos causales.
- e) *Definición de los objetivos de manejo del ecotipo*, incluyendo la necesidad de recuperación de componentes y procesos.
- f) *Descripción de las medidas de manejo*, necesarias para cumplir con los objetivos y control de las amenazas, como por ejemplo:
 - ? Medidas físicas: cercos, manejo hidrológico y control de la contaminación.
 - ? Medidas biológicas: reforestación, exclusión y/o reintroducción de especies, control de plagas, cosecha y control de malezas.
 - ? Medidas sociales: uso energías alternativas, zonificación para uso múltiple.
 - ? Investigación: estudios pilotos, información de línea de base con enfoque ecosistémico.
 - ? Aspectos legales: fortalezas y debilidades de instrumentos vigentes, sobreposición, conflictos y vacíos legales destinados a la conservación de humedales.
 - ? Aspectos económicos: incentivos, mercados para bienes provenientes de humedales, ecoturismo.
- g) *Análisis de resultados esperados de las medidas de manejo*.
- h) *Descripción de las medidas de monitoreo*, incluyendo indicadores ecosistémicos, frecuencia y métodos de análisis.
- i) *Requerimientos para un manejo adaptativo*.
- j) *Descripción marco institucional y proceso de toma de decisiones*.
- k) *Participación ciudadana, educación*.



l) *Informes y comunicación de resultados.*

m) *Presupuesto y financiamiento.*

Los planes de manejo no deben basarse exclusivamente en estudios científicos, es fundamental incluir en el diseño del plan de manejo a los usuarios (stakeholders).

Considerando las características estructurales y funcionales definidas para los ecotipos y las amenazas, es posible señalar algunos aspectos de carácter prioritario al momento de elaborar planes de manejo específicos para los humedales. En la Tabla 4.14 se señalan actividades que deben tomarse en cuenta al momento de elaborar planes de manejo por ecotipos.

Tabla 4.14. Actividades relevantes de incorporar en los planes de manejo por clase de ecotipo.

Clase	Descripción
Intrusión salina	Mantener régimen natural de intercambio de caudales con el mar durante periodos de crecidas. Controlar la presencia de animales domésticos alzados
Evaporación	Regular la extracción de agua subterránea y superficial, mediante el control del nivel freático en áreas con vegetación hidrófila terrestre. Regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales.
Infiltración (A)	Controlar la deforestación de vegetación tipo arbórea en las riberas de los humedales, mantener franja mínima de 20 m de ancho. Controlar el incremento de drenaje de suelos vecinos a los humedales, mediante el control del nivel freático. Controlar el aporte de sedimentos desde la cuenca Controlar el aporte de Riles a los humedales.
Infiltración saturado (B)	Controlar el incremento de drenaje de suelos vecinos a los humedales, mediante el control del nivel freático. Controlar el aporte de sedimentos desde la cuenca



	<p>Controlar la extracción de biomasa desde los humedales</p> <p>Controlar el aporte de Riles a los humedales.</p>
Escorrentía	<p>Controlar la deforestación de vegetación tipo arbórea en las riberas de los humedales, mantener franja mínima de 20 m de ancho.</p> <p>Regular la extracción de caudales y mantener el patrón temporal.</p> <p>Controlar el aporte de Riles a los humedales.</p>
Afloramientos subterráneos	<p>Regular la extracción de agua subterránea, mediante el control del nivel freático en áreas con vegetación hidrófila terrestre.</p> <p>Regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales.</p> <p>Controlar el aporte de Riles a los humedales.</p>
Ácidos orgánicos	<p>Controlar la deforestación de vegetación tipo tepuales en las riberas de los humedales, mantener franja mínima de 20 m de ancho</p>
Isoterma O°C	<p>Regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales.</p> <p>Reducir el riesgo de introducción de especies (ej. salmónidos), o en su defecto implementar medidas destinadas a la erradicación de especies exóticas mediante pesca experimental extensiva y/o pesca deportiva sin devolución, ni restricción de número de ejemplares o periodo del año.</p>



4.8 Bienes y servicios ecosistémicos

A continuación se describen las funciones, valores y servicios ecosistémicos identificados para los humedales a nivel nacional.

Productividad Primaria: los humedales producen materia orgánica a través de las plantas y otros organismos autótrofos, a partir de sales minerales, dióxido de carbono y agua, utilizando la energía solar.

Fuente de Agua: en Chile, la industria, especialmente la minería, requiere de agua para sustentar procesos productivos. Los humedales ubicados en la zona altoandina del país, proveen del recurso hídrico para el desarrollo de la industria minera del norte de Chile. Humedales tales como los salares de Huasco, Coposa, Michincha, Atacama, Maricunga, entre otros, proveen de agua a la minería del cobre (Contreras, 2002).

Fuente de Alimento y Materias Primas: en los humedales encontramos fuentes de alimentos para el ser humano, tales como peces, crustáceos y aves. También el ganado obtiene una fuente de alimento en los humedales. La totora y la caña son utilizadas como materias primas para construcción y artesanía.

Recarga y Descarga de Acuíferos: Un acuífero es una acumulación de agua subterránea depositada en una capa de terreno impermeable. Los acuíferos almacenan cerca del 97% del agua dulce no congelada del planeta, y aportan el agua de consumo humano de un tercio de su población. En muchos humedales, el agua se detiene o se desplaza lentamente, lo que facilita que por filtración, el agua migre hacia el acuífero o napa freática. Por ello, un humedal puede tener una función importante mucho más allá de su área de acción directa, manteniendo el nivel de la napa de alguna región. Además, el agua se purifica al atravesar las sucesivas capas de tierra y arena hasta llegar al acuífero, donde normalmente es limpia y potable (Tabilo-Valdivieso, 2004)

Estabilización de la línea de costa: Los humedales costeros evitan el ingreso de agua salada al continente. La vegetación presente en los humedales disminuye los efectos de las olas, el viento y las tormentas.

Mantenimiento de Microclima: La evapotranspiración desde el humedal es responsable de mantener la humedad y el régimen de lluvias locales. En los bosques inundados, la mayor parte de las lluvias ocurre como producto de la evapotranspiración de los árboles, la que luego cae como lluvia en las áreas aledañas. Si el humedal es destruido, la cantidad de lluvias puede decrecer, produciendo severos efectos en las actividades agrícolas de las comunidades locales. Por ejemplo, las mañanas con neblinas que son originadas por ciertos humedales contribuyen a reducir la pérdida de agua del suelo y amortiguar las heladas. Se conocen obras de ingeniería hidráulica de los pueblos originarios en el altiplano sudamericano, una serie de pequeños canales rodeando zonas de cultivos que tenían como función amortiguar las heladas de estas zonas (Tabilo-Valdivieso, 2004).



Reducción y Remoción de Tóxicos- Depuración de Agua: Muchas especies vegetales presentes en los humedales son capaces de eliminar sustancias tóxicas procedentes de plaguicidas, descargas industriales y actividades mineras. Los sistemas de los humedales cuentan con mecanismos que posibilitan que los metales presentes en aguas residuales de la industria minera puedan ser inmovilizados por la vegetación (Batty *et al.*, 2006). Las propiedades físicas de algunos humedales tienden a reducir el flujo de agua facilitando la acumulación de sedimento.

Retención y Sedimentación de Nutrientes: El nitrógeno y el fósforo inorgánico son los nutrientes más importantes que son removidos, acumulados y transformados por procesos químicos en el humedal. El nitrato puede ser removido por procesos de desnitrificación por bacterias que se encuentran en los suelos pobres en oxígeno de los humedales, las cuáles convierten el nitrato y nitrito en moléculas de nitrógeno que son difundidas hacia la atmósfera. Los fosfatos pueden ser encontrados como iones inorgánicos en los suelos minerales de algunos humedales. A través de experiencias registradas en EEUU, Suecia y China, se observó que los humedales pueden contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad del agua a través de la retención de sedimentos en áreas agrícolas. (Verhoeven *et al.*, 2006).

Sumideros de Carbono: los humedales, especialmente las turberas, son lugares donde se almacena el dióxido de carbono (CO₂), al ser asimilado por las plantas en el proceso de fotosíntesis. La fotosíntesis transforma el carbono inorgánico (CO₂ atmosférico) a carbono orgánico, en la forma de biomasa vegetal que queda almacenada en los humedales (Tabilo-Valdivieso, 2003).

Hábitat de Vida Silvestre: Los humedales constituyen el hábitat de una gran diversidad de animales. Sirven de refugio temporal a las aves migratorias en etapas de su ciclo de vida como la reproducción, descanso o alimentación. En estos casos los humedales adquieren relevancia internacional al permitir la continuidad del fenómeno migratorio a escala hemisférica. Humedales ubicados en el altiplano chileno (Salares de Tara, Surire, Huasco, Soncor y Laguna Negro Francisco y Santa Rosa) han sido declarados sitios Ramsar por su relevancia para diversas especies como flamencos y chorlitos (Contreras, 2002). Así mismo, cada año llegan al sistema de humedales de Coquimbo, en la IV región, miles de chorlos y playeros migratorios. Durante los meses de septiembre a abril estas aves se distribuyen por el sistema de humedales de Coquimbo ocupando playas y lagunas costeras. (Sallaberry & Tabilo, 1990). En los humedales del parque nacional Torres del Paine, se ha observado que las áreas de vegas son importantes para la ecología del guanaco, así mismo otro tipo de humedales de la zona proveen de hábitat para patos, gansos y pumas (Clausen *et al.*, 2006). Así mismo, los humedales emplazados en áreas aledañas al Tolten (IX región), cuentan con una alta riqueza florística dominado por especies nativas (69 %), y sirven de área de refugio y nidificación para especies como el huillín, güiña, torcaza y quique (Hauenstein *et al.*, 2002).

Protección Contra Inundaciones: los humedales actúan como reservorios de exceso de agua. Esta puede ser acumulada en el suelo, retenido en lagos, lagunas y



pantanos, lo que reduce el volumen del flujo de agua. El agua se descarga en forma periódica, y también es removida por evapotranspiración, o es filtrada hacia los acuíferos. Por otra parte, la vegetación del humedal regula y reduce la velocidad del flujo de agua (Tabilo-Valdivieso, 2003).

Valor Cultural, Educativo, Científico: los humedales han estado ligados a la supervivencia de las culturas originarias de nuestro país desde hace siglos. Al estudiar la forma en que estos pueblos se relacionan con los humedales, se pueden obtener enseñanzas de cómo utilizarlos de manera sustentable. Además, estos sistemas presentan un escenario ideal para la educación ambiental, en donde el aprendizaje se lleva a cabo en un “clima eminentemente recreativo” (Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, 2005). Los humedales también son importantes áreas de investigación científica, sirviendo incluso para el monitoreo de tendencias ambientales globales, como el cambio climático.

Valor Turístico y Recreativo: En Chile, se desarrolla turismo formal e informal en la gran mayoría de los humedales. En los humedales altoandinos como el salar de Atacama y Lago Chungará, ubicados en los parques nacionales Los Flamencos y Lauca respectivamente, son visitados por más de 25.000 turistas al año (Contreras, 2002). Así mismo, existe un alto interés por visitar los humedales costeros como la Laguna Conchalí (Los Vilos, IV Región) donde se registró un ingreso de más de 10.000 personas durante la temporada estival 2006. Otras iniciativas de turismo en humedales se han descrito en la desembocadura del Río Maipo (V región), Río Cruces (X región) y las estepas de windswept de Tierra del Fuego (XII región), (Corporación Ambientes Acuáticos de Chile, 2005). Mucha de esta actividad turística tiene su principal motivación en la observación de aves de humedal, tales como cisnes, garzas y sietecolores.

En la Tabla 4.15 se presenta un resumen jerarquizado de los bienes, servicios y valores principales de los humedales para cada ecotipo.



Tabla 4.15. Jerarquización de los bienes, servicios y valores principales de los humedales por clase y variedad de ecotipo.

Clases	Bienes	Servicios	Valores
Intrusión salina	Fuente de alimento y materias primas (e.g. peces, crustáceos y fibras)	Estabilización de la línea de costa.	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Evaporación	Fuente de agua.	Recarga y descarga de acuíferos. Hábitat vida silvestre	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Infiltración (A)	Fuente de agua Fuente de materias primas (turba)	Protección contra inundaciones. Sumideros de carbono Retención de nutrientes	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Infiltración saturado (B)	Fuente de materias primas (turba)	Protección contra inundaciones. Sumideros de carbono. Retención de nutrientes	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Escorrentía	Alimentos y materias primas (e.g. peces y fibras) Fuente de agua	Hábitat vida silvestre	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Afloramientos subterráneos	Fuente de agua. Fuente de alimento y materias primas (forraje para ganado)	Retención de nutrientes	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Ácidos orgánicos	Materias primas (e.g. árboles).	Sumideros de carbono. Mantenimiento de microclima	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.
Isoterma O°C	Alimentos y materias primas (e.g. peces y fibras)	Protección contra inundaciones. Retención y sedimentación de nutrientes.	Turístico, recreativo, educacional, científico, cultural.



5 Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones obtenidas durante el desarrollo de este estudio:

5.1 Sistema clasificación ecotipos

La información ambiental de humedales disponible en nuestro país, es bastante limitada y no permite realizar una evaluación del tipo ecosistémica, debido a que solamente se restringe al análisis y seguimiento de algunos componentes de los humedales (ej. calidad del agua, avifauna). Esta situación motivo el desarrollo de un sistema de clasificación centrado en familias de humedales (“ecotipos”), sobre la base identificar patrones ecosistémicos en respuestas a los factores ambientales que determinan la expresión biológica de los humedales.

El sistema de clasificación permitió identificar 3 grandes familias de humedales (marinos, costeros y continentales) y diferentes clases (Tabla 5.1). Al comparar con otros sistemas de clasificación utilizados previamente en diferentes países, es posible identificar cierta similitud en su estructura, no obstante, los fundamentos teóricos utilizados son diferentes. El sistema de clasificación de ecotipos propuesto en este estudio, se basa en un enfoque ecosistémico y no territorial.

En enfoque propuesto en este estudio es absolutamente complementario con la información disponible en la actualidad, ya que permite contextualizar e integrar estudios específicos con una visión global de los humedales.

El sistema de clasificación se implementó en un Sistema de Información Geográfica, para disponer de una herramienta útil para la evaluación de la condición ambiental de los humedales. Sistema que fue calibrado y validado mediante visitas a diferentes humedales a lo largo del país.

5.2 Condición ambiental de ecotipos

El sistema de clasificación de ecotipos se basa en la relación que existe entre la cuenca y las condiciones climáticas locales, la cual en último término define las características estructurales y funcionales de los humedales, permitiendo establecer sus potenciales condiciones basales o de referencia (sin perturbación de tipo antrópica). Las perturbaciones de origen antrópico producirán una desviación de dichos patrones.

Como se señaló anteriormente, en nuestro país no existe un catastro de humedales y por ende, no es posible realizar su evaluación ambiental. Los resultados presentados en este estudio, constituyen una herramienta para alcanzar tal objetivo.

En términos generales, es posible señalar que los humedales menos representados dentro de los sitios prioritarios y sistema de áreas protegidas, corresponden a los humedales costeros de la clase intrusión salina. Los cuales se encuentran con el



mayor grado de amenaza, situación que fue verificada durante las diferentes campañas a terreno realizadas entre la III y XI Región.

5.3 Manejo de ecotipos

El sistema de clasificación basado en ecotipos vincula las propiedades de los humedales con sus amenazas, a través de un análisis jerárquico. Los resultados obtenidos en este estudio permitieron establecer que las amenazas son específicas a los humedales. Esta propiedad constituye una importante herramienta para el manejo de los humedales.

Por medio de un análisis comparativo entre las condiciones actuales de un humedal específico y el esperado (propiedades por ecotipo), es posible establecer los siguientes aspectos:

- ? Condición ambiental de los componentes abióticos y bióticos más relevantes en la estructura de los humedales.
- ? Condición ambiental de los procesos más relevantes en el funcionamiento de los humedales.
- ? Amenazas de tipo antrópico que afectan el comportamiento de los humedales.
- ? Acciones específicas para mejorar el estado de conservación de los humedales.

6 Recomendaciones

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones para avanzar en la conservación efectiva de los humedales:

- ? Realizar un catastro de humedales a nivel nacional, mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales de tipo Landsat. Catastro que permitiría evaluar la representatividad y validez de los sitios prioritarios y áreas protegidas respecto de la conservación humedales.
- ? Realizar una experiencia piloto que permita escalar los resultados obtenidos a una escala 1:50.000.



Tabla 5.1. Sistema de clasificación de ecotipos y sus respectivos nombres comunes.

ECOTIPOS	CLASE	Nombre común	Ejemplos chilenos
Humedal marino	--	Intermareal, submareal	Litoral costero
Humedal costero	Intrusión salina	lago costero, laguna costera, marisma, estuario.	Lago Budi, Laguna Conchalí, Humedal Tubul-Raqui
Humedal continental	Evaporación	salar, bofedal, Puquios	Salar de Atacama, Salar de Huasco
	Infiltración (A)	Hualve, ñadi, poza, charco, pitranto, pantano,	Humedales depresión central de las regiones VII-IX
	Infiltración saturado (B)	Mallín, turberas, turba magallánica, campañas, pomponal	Parque Nacional Torres del Paine. Parque nacional Chiloé, sector Cucao
	Escorrentía	Río, arroyo, esteros, lagos	Río Clarillo, Río Bío Bío, Lago Villarrica
	Afloramientos subterráneos	Vega, bofedal, humedal	Parinacota, Jachucoposa, Ciénagas de Name



7 Referencias

Batty, L., Baker A. & Wheeler, B. (2006) The effect of vegetation on porewater composition in a natural wetland receiving acid mine drainage. *Wetlands* 26: 40 – 48.

Castro, M., Bahamondes, M., Salas H. & Azócar, P. (1993) Identificación y Ubicación de Áreas de Vegas y Bofedales de las Regiones Primera y Segunda Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales, y Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago, Chile.

Castro, M., Bahamondes M., Azócar P. & Molina, L. (2003) Humedales de la puna: territorios de pueblos indígenas del norte de Chile. En: Neiff, J. J. (ed.) *Humedales de Iberoamérica*. Buenos Aires, CYTED, p. 113-128.

Clausen J.L., Ortega C., Glaude, G. Relyea, G. Garay & Guineo, O. (2006) Classification of wetlands in a patagonian national park. *Wetlands* 26: 217 – 229

Corporación Ambientes Acuáticos De Chile (2005). *Los humedales no pueden esperar: Manual para el Uso Racional del Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo*. Luna Quevedo, D. (ed.) 136pp, Santiago, Chile.

CONAMA (2000) Diagnóstico y propuesta de manejo de los humedales de la región del Maule. ChileAmbiente, Santiago.

CONAMA (2005) Estrategia para la conservación y el uso racional de los humedales en Chile. CONAMA, Santiago.

CONAMA-CONAF-BIRF (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. CONAMA, Santiago.

Committee on Characterization of Wetlands, National research Council (1995) *Wetlands: characteristics and boundaries*. The National Academies press, USA. 328 p.

Contreras, J.P. (2002) Norte de Chile: Conservación de Humedales Altoandinos para un desarrollo productivo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*. Capítulo IV, Vol XVIII: 125 – 131.

Costa L.T., Farinha J.C., Tomàs Vives P. & Hecker N. (1996) Mediterranean wetland inventory: Habitat description system. MedWet Publication. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa, and Wetlands International, Slimbridge, UK.

Costa Rica (1995) Ley General del Ambiente #7554 Artículo 40.

Cowardin, L.M., V. Carter, F. C. Golet & E. T. LaRoe. (1979) Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of the



Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Online.

<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/1998/classwet/classwet.html> (Version 04DEC98).

Díaz M. F., Zegers G. & Larraín J (2005) Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la isla de Chiloé. Fundación Senda Darwin & CASEB.

Di Castri F. y Hajeck E. (1976) Bioclimatología de Chile. Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 128 pp.

Dini J.A., Cowan G.I. & Goodman (1998). Proposed wetland classification system for South Africa. First draft. South African Wetlands Conservation Programme. Department of Environmental Affairs and Tourism, Pretoria, South Africa.

http://www.environment.gov.za/soer/nsoer/resource/wetland/inventory_classif.htm#proposed

Del Campo, P., Luebert F. & S. Teillier (2005) Asociaciones vegetales de la laguna de Batuco. Región Metropolitana. Chile. Chloris Chilensis: Año 8 N° 1. URL: <http://www.chlorischile.cl>

Environmental Protection Agency (1994) Great lakes report to Congress. EPA 905-R-94-004. <http://www.epa.gov/glnpo/rptcong/1994/glossary.htm>

EUNIS-European Nature Information System. <http://eunis.eea.eu.int/index.jsp>

Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Online.

<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/1998/classwet/classwet.html> (Version 04DEC98).

González A. & Victoriano P. (2005) Aves de los humedales costeros de la zona de Concepción y alrededores. En: Smith-Ramírez C., Armesto J.J. & Valdovinos C. (eds.) Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, p. 485-497.

Hauenstein E, González M, Peña-Cortés F. & Muñoz- Pedreros A. (2002) Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Tolten (IX REGION, CHILE). Gayana Bot. 59(2): 87-100, 2002.

Hauenstein E, González M, Peña-Cortés F. & Muñoz- Pedreros A. (2005) Diversidad vegetal en humedales costeros de la región de la Araucanía. En: Smith-Ramírez C., Armesto J.J. & Valdovinos C. (eds.) Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, p. 197-205.

Ministerio de Obras Públicas -MOP- (2000) Perfiles ecológicos de las cuencas de los ríos Lluta, San José, Huasco, Elqui, Limarí, Petorca, La Ligua, Mataquito, Itata, Imperial y del lago Budi. Gobierno de Chile, programa de manejo de recursos hídricos, Global environment facility y The World Bank.



Ministerio de Obras Públicas -MOP- (2000) Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta. Ministerio de Obras, Dirección General de Aguas, Santiago.

Mitsch W.J. & Gosselink J.G. (2000) Wetlands. John Wiley & Sons, Inc, New York, Third Edition.

Muhlhauser HA (1996) Geoecología de un humedal de alta altitud en el atiplano andino del norte de Chile. Implicancias para el paisaje y la estructura del sistema. En: I Taller internacional de geoecología de montaña y desarrollo sustentable de los andes del sur. The United Nations University and Universidad de Chile, Viña del Mar.

National Wetlands Working Group (1988) Wetlands of Canada. Ecological Land Classification Series, No. 24. Environment Canada and Polyscience Publications Inc. Ottawa, Ontario. 452 p.

Olivares, P. (2007) Diseño e implementación de una red de humedales protegidos en la región del Maule, zona mediterránea de Chile. En: Castro, M. & Fernandez, L. (eds.) Gestión sostenible de humedales. CYTED & Programa internacional de interculturalidad, Santiago.

Ramsar (1999) Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la lista de humedales de importancia internacional. 7a. Reunión de la conferencia de las partes contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), San José, Costa Rica. http://www.ramsar.org/key_guide_list_s.htm

Ramirez G, C., San Martin P, C. & Rubilar R, H. (2002) Una propuesta de clasificación de los humedales chilenos. Revista geográfica de Valparaíso 32-33:265-273.

Schlatter R. P. & Schlatter J. E. (2004) Los turbales de Chile. En: Blanco, D. E. y V. M. de la Balze (eds.). Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Sallaberry, M & E. Tabilo (1990). Importantes áreas de descanso para las aves migratorias en Chile y su conservación. Revista Creces 2 (7): 14-19.

Squeo F.A., Warner B. G., Aravena R. & Espinoza D (2006) Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.

Tabilo-Valdivieso, E (2004) El beneficio de los humedales en la región Neotropical. Centro Neotropical de entrenamiento en humedales, La Serena, Chile. 73 pp.

US Army corps of engineers, New England district (1999) The Highway methodology workbook. 33 p.



Valdovinos C., Figueroa D., Peña-Cortes F., Hauenstein E, Guiñez B. & Olmos V (2005) Visión sinóptica de la biodiversidad acuática y ribereña del lago Budi. En: Smith-Ramírez C., Armesto J.J. & Valdovinos C. (eds.) Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, p. 407-415.

Valenzuela-Rojas & Schlatter R. P (2004) Las turberas de la cordillera pelada de la provincia de Valdivia (Xª región, Chile) En: Blanco, D. E. y V. M. de la Balze (eds.). Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Verhoeven, J, B. Arheimer, C. Yin & M. Hefting (2006) Regional and global concerns over wetlands and water quality. Trends in Ecology and Evolution 21: 96 – 103.

Warner, B.G. & Rubec C.D.A. (1997) The Canadian Wetland Classification System. National Wetlands Working Group, Wetlands Research Centre, University of Waterloo, Waterloo, Ontario. Second Edition.



8 Equipo de trabajo

Centro de Ecología Aplicada (CEA)

- ? Manuel Contreras, MSc y Doctor en Ecología
- ? Natacha Oyola, MSc (especialista SIG)
- ? Pilar Palacios, Doctora (c) en Ecología

CONAMA

- ? Alejandra Figueroa, Bióloga

9 Agradecimientos

Los resultados logrados en este estudio se deben en gran medida, a la valiosa colaboración de cada uno de los integrantes del Comité Nacional de Humedales. Así como también a los integrantes de las CONAMA regionales, técnicos de los diferentes Servicios del Estado, académicos y representantes de las comunidades locales.



10 Glosario

Acuífero: agua subterránea se encuentra normalmente empapando materiales geológicos permeables.

Afloramientos subterráneos: alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas.

Bentófagos: que se alimentan de organismos que viven en o sobre el fondo de ambientes acuáticos.

Briofitas: plantas de la división del mismo nombre, que incluye a los musgos y las hepáticas. No tienen flores. La necesidad de agua para su fecundación, su pequeño tamaño, y el no poseer cutícula externa impermeable, condicionan su desarrollo a lugares húmedos y sombríos, para evitar la desecación.

Coefficiente de Variación: desviación estándar dividido por el promedio. Es útil para comparar dispersiones a escalas distintas pues es una medida invariante ante cambios de escala.

Ecotipo: corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

Endorreica: cuenca donde el agua no tiene salida superficial hacia el mar.

Escorrentía: proceso que resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, precipitaciones y pendiente del terreno.

Evaporación: proceso que resulta de la interacción entre la precipitación y la temperatura del aire.

Infiltración: penetración de agua que resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas.

Intrusión salina: proceso que determina la incorporación de agua salada proveniente del mar hacia los humedales continentales.

Halófito: planta tolerante a condiciones salinas.

Hidrófila: planta tolerante a altas cantidades de agua.

Hidrograma: gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica, tal como: nivel de agua, caudal, y carga de sedimentos.



Humedales: ecosistemas asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los cuales permiten la existencia y desarrollo de biota acuática.

Léntico: ambientes acuáticos en que el agua circula lentamente, por ejemplo, lagunas y lagos.

Lótico: ambientes acuáticos en que el agua está en movimiento, por ejemplo, ríos y arroyos.

Ramsar: convención internacional relativa a la protección de los humedales de importancia internacional, firmada en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971.

Riles: residuos industriales líquidos.

Vegetación acuática emergente: tienen sus raíces en aguas profundas, con la mayoría de la planta creciendo sobre la superficie.



ANEXO 1

Sistemas de clasificación de humedales



CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES

A continuación se presenta una descripción de los sistemas de clasificación de humedales usados a nivel mundial. Estos tienen como objetivo general agrupar e identificar los distintos tipos de humedales, para facilitar su inventario, manejo y conservación.

Clasificación de humedales y hábitat de aguas profundas de los Estados Unidos (Cowardin *et. al*, 1979)

Este sistema fue creado por el Servicio de Pesca y Vida silvestre de Estados Unidos (Fish and Wildlife Service), como una manera de crear una taxonomía ecológica que sirva para el manejo de recursos naturales, desarrollar unidades de mapeo, y que provea una uniformidad de conceptos y términos. Esta clasificación también es usada en países como México, Colombia y Costa Rica.

En esta clasificación, los humedales se definen por las plantas (hidrófitas), suelos (suelos hídricos) y la frecuencia de inundaciones. En este sistema de clasificación jerárquico (Fig. 1), el nivel más amplio es el de **Sistema**, e incluye los siguientes:

1. Marino: océano abierto sobre la placa continental y la línea de costa de alta energía asociada.
2. Estuarino: hábitats mareales de aguas profundas y humedales mareales adyacentes, que usualmente están semi incluidos en la tierra, pero tienen acceso al océano ya sea abierto, parcialmente obstruido o esporádico, y en el cuál el agua del océano es diluida al menos ocasionalmente por escorrentía de agua dulce desde la tierra.
3. Fluvial: humedales y hábitats de aguas profundas contenidas dentro de un canal, con dos excepciones: (a) humedales dominados por árboles, arbustos, emergentes persistentes, musgos persistentes o líquenes, y (b) hábitats de aguas profundas con agua que contenga sales en una cantidad mayor a 0.5%.
4. Lacustre: humedales y hábitats de aguas profundas con todas las siguientes características: a) situado en una depresión geográfica o un canal de río transformado en represa; b) sin la presencia de árboles, arbustos, emergentes persistentes, musgos persistentes o líquenes con una cobertura mayor al 30 %; y (c) área total mayor a 8 hectáreas. Humedales y hábitats de aguas profundas menores a 8 hectáreas también son incluidas dentro del sistema lacustre si es que la línea de costa está formada en su totalidad o en parte por olas activas o lecho rocoso o cuando la profundidad de la parte mas onda de la cubeta es mayor de 2 metros en agua baja.
5. Palustre: todos los humedales no mareales dominados por árboles, arbustos, emergentes persistentes, musgos persistentes o líquenes, y todos los



humedales presentes en áreas mareales donde la salinidad derivada de las sales del mar sea menor a 0.5%. También incluye humedales sin vegetación, pero con todas las siguientes características: a) área menor a 8 hectáreas, b) línea de costa sin presencia de olas activas o lecho rocoso c) profundidad de la parte mas onda de la cubeta es menor de 2 metros en agua baja; y d) salinidad derivada de las sales del mar sea menor a 0.5%

Luego del nivel de sistema se encuentran los siguientes **Subsistemas**:

1. Submareal: substrato continuamente sumergido. Presente en sistemas marinos y estuarinos.
2. Intermareal: substrato expuesto e inundado por mareas, incluyendo la zona de rompeolas. Presente en sistemas marinos y estuarinos.
3. Mareal: para sistemas fluviales, cuando el gradiente es bajo y la velocidad del agua fluctúa bajo la influencia de mareas.
4. Perenne Bajo: sistemas fluviales con flujo continuo, bajo gradiente, a sin influencia de mareas.
5. Perenne Alto: sistemas fluviales con flujo continuo, alto gradiente, a sin influencia de mareas.
6. Intermittente: sistemas fluviales en donde no hay flujo de agua en alguna parte del año.
7. Limnético: todos los hábitats de aguas profundas en lagos (sistemas lacustres).
8. Litoral: humedales de sistemas lacustres que se extienden desde la orilla hasta 2 m bajo agua baja o a la máxima extensión de plantas emergentes no persistentes.

La unidad taxonómica que sigue a los subsistemas son las **Clases**. Estas describen la apariencia general del ecosistema en términos de la vegetación dominante o del sustrato. Cuando mas del 30% del área es cubierto por vegetación, se usa una clase de vegetación, en caso contrario se usa un descriptor de sustrato. La ventaja de esta unidad es que puede ser fácilmente reconocida sin el uso de mediciones ambientales complejas. Las clases son las siguientes:

1. Fondo rocoso
2. Fondo no consolidado
3. Cama acuática
4. Arrecife
5. Lecho
6. Orilla rocosa
7. Orilla no consolidada



8. Humedal de musgo-liquen
9. Humedal emergente
10. Humedal de arbustos
11. Humedal boscoso

Luego de la unidad Clase, es posible profundizar en la descripción usando **Subclases**, luego **Tipos de dominio** y por último **Modificadores**.

Las subclases aportan información mas fina sobre las formas de vida, por ejemplo si los árboles presentes son de hojas deciduas o perennes.

Los Tipos de dominio están basadas en los tipos de vida dominantes, y para nombrarlas se usa la(s) especies que se encuentran en mayor abundancia en el lugar.

Los Modificadores son usados para describir más precisamente régimen de aguas, salinidad, pH, y suelos, pero a pesar de que entregan información detallada del sistema, en algunos casos estos parámetros son difíciles de medir para inventarios a gran escala.

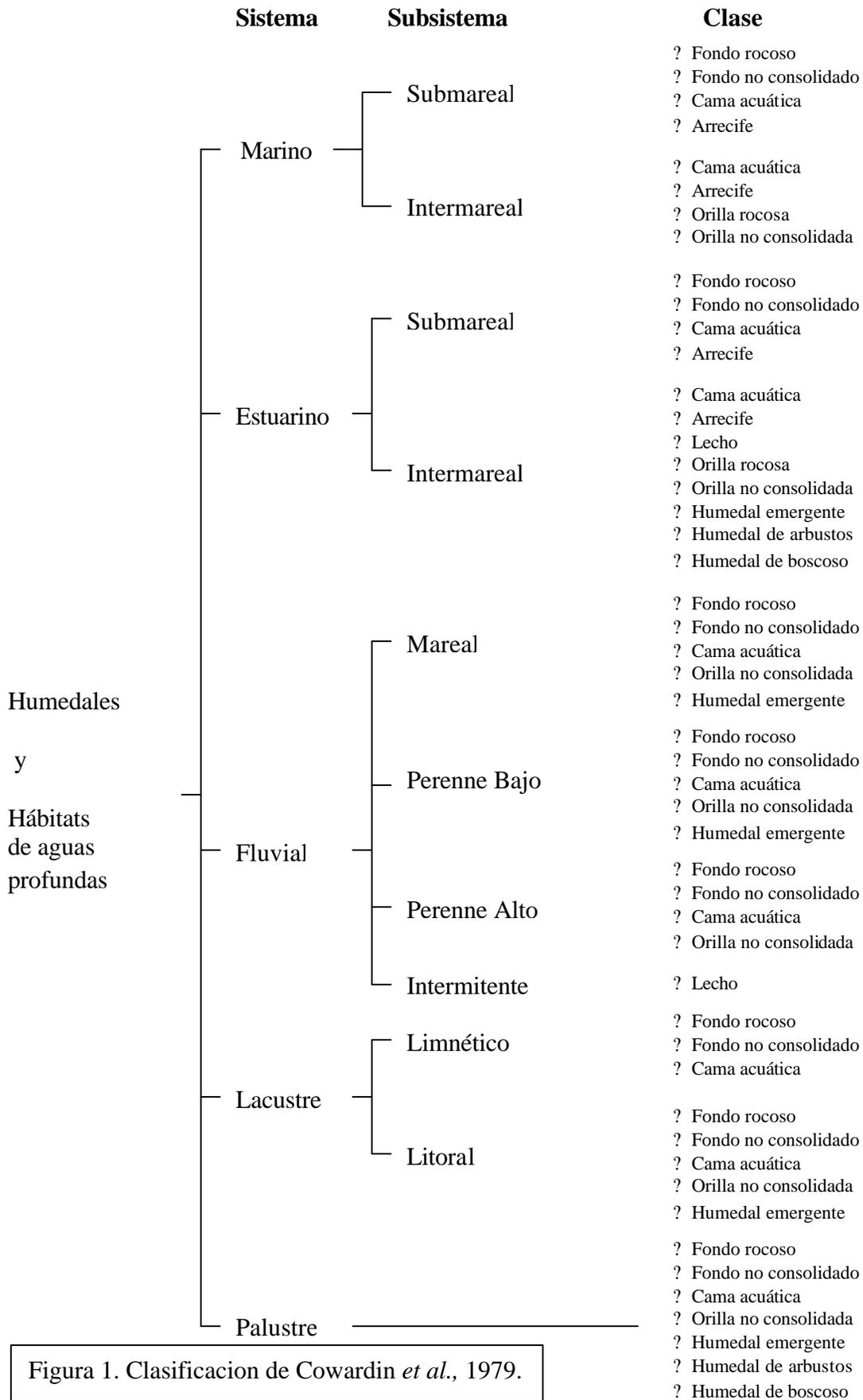


Figura 1. Clasificación de Cowardin *et al.*, 1979.



Sistema de Clasificación de humedales de Ramsar

Este sistema de clasificación fue desarrollado por la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán) como una manera de aportar un marco amplio que facilite la identificación rápida de los principales hábitat de humedales a nivel mundial, por lo tanto, en el se describen ecotipos que otros sistemas, como el de Cowardin *et al.* no incluyen (e. g. oasis), a pesar de que esta clasificación esta basada en la del Servicio de Pesca y Vida silvestre de Estados Unidos. Aquí los humedales son clasificados de acuerdo a su ubicación en el paisaje y el tipo de vegetación presente, y se dividen en 3 grupos: marinos, continentales y artificiales.

Las clases descritas son las siguientes:

Humedales marinos y costeros

A -- Aguas marinas someras permanentes, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.

B -- Lechos marinos submareales; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales.

C -- Arrecifes de coral.

D -- Costas marinas rocosas; incluye islotes rocosos y acantilados.

E -- Playas de arena o de guijarros; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.

F -- Estuarios; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.

G -- Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos ("saladillos").

H -- Pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.

I -- Humedales intermareales arbolados; incluye manglares, pantanos de "nipa", bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.

J -- Lagunas costeras salobres/saladas; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.

K -- Lagunas costeras de agua dulce; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.

Zk(a) -- Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, marinos y costeros.

Humedales continentales



L -- Deltas interiores (permanentes).

M -- Ríos/arroyos permanentes; incluye cascadas y cataratas.

N -- Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/irregulares.

O -- Lagos permanentes de agua dulce (de más de 8ha); incluye grandes madre viejas (meandros o brazos muertos de río).

P -- Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce (de más de 8ha); incluye lagos en llanuras de inundación.

Q -- Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos.

R -- Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.

Sp -- Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos.

Ss -- Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.

Tp -- Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.

Ts -- Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.

U -- Turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.

Va -- Humedales alpinos/de montaña; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.

Vt -- Humedales de la tundra; incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.

W -- Pantanos con vegetación arbustiva; incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva, turberas arbustivas ("carr"), arbustales de *Alnus sp*; sobre suelos inorgánicos.

Xf -- Humedales boscosos de agua dulce; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.

Xp -- Turberas arboladas; bosques inundados turbosos.

Y -- Manantiales de agua dulce, oasis.



Zg -- Humedales geotérmicos.

Zk(b) -- Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales.

Nota: "**Ilanuras de inundación**" es un término utilizado para describir humedales, generalmente de gran extensión, que pueden incluir uno o más tipos de humedales, entre los que se pueden encontrar R, Ss, Ts, W, Xf, Xp, y otros (vegas/praderas, savana, bosques inundados estacionalmente, etc.). No es considerado un tipo de humedal en la presente clasificación.

Humedales artificiales

1 -- Estanques de acuicultura (por ej. estanques de peces y camarónicas)

2 -- Estanques artificiales; incluye estanques de granjas, estanques pequeños (generalmente de menos de 8ha).

3 -- Tierras de regadío ; incluye canales de regadío y arrozales.

4 -- Tierras agrícolas inundadas estacionalmente; incluye praderas y pasturas inundadas utilizadas de manera intensiva.

5 -- Zonas de explotación de sal; salinas artificiales, salineras, etc.

6 -- Áreas de almacenamiento de agua; reservorios, diques, represas hidroeléctricas, estanques artificiales (generalmente de más de 8 ha).

7 -- Excavaciones; canteras de arena y grava, piletas de residuos mineros.

8 -- Áreas de tratamiento de aguas servidas; "sewage farms", piletas de sedimentación, piletas de oxidación.

9 -- Canales de transportación y de drenaje, zanjías.

Zk(c) -- Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, artificiales.

Clasificación hidrogeomórfica – Australia (Semeniuk & Semeniuk, 1997)

Este sistema de clasificación se basa en la geomorfología y el hidroperiodo. Utiliza los términos usados en la clasificación de Ramsar, pero la reordena y le agrega características que agrupan los humedales en categoría mas amplias a nivel primario, usando factores geomórficos para la división principal y secundariamente el



hidroperiodo (Fig. 2). Fue creada para que “los humedales pudieran ser descritos, comparados y clasificados sistemáticamente”.

División primaria:

1. No Emergente
2. Emergente (no es sub-divisible por formas geomórficos. Ej: turberas altas)

División secundaria (geomórfico):

1. Cubeta
2. Canal
3. Plano
4. Pendiente
5. Montaña/Tierras altas

División terciaria (combinación geomórfico y hidroperiodo) para cada división secundaria:

1. Cubeta: Lago, Pantano inundado estacional (“sumpland”), Pantano saturado estacional (“dampland”), Playa (inundación intermitente).
2. Canal: Río, Quebrada, Canales estacionales (“through”), Rambla (“wadi”).
3. Plano: Llanura de inundación, Llanura palustre (“palusplain”), Llanura de inundación intermitente (“barlkarra”).
4. Pendiente: Pendiente palustre (“paluslope”).
5. Montaña/Tierras altas: Monte palustre (“palusmont”)

Basados en Ramsar, que diferencia entre sistemas permanentes, estacionales e intermitentes, los humedales quedan agrupados en la siguiente forma:

1. Permanentes: Lago, Río.
2. Estacionales inundadas: Pantano estacional, Quebrada, Llanura de inundación.
3. Intermitentes inundadas: Playa, Rambla, Llanura de inundación intermitente.
4. Estacionales saturadas: Pantano saturado estacional, Canales estacionales, Llanura palustre, Pendiente palustre, Monte palustre.

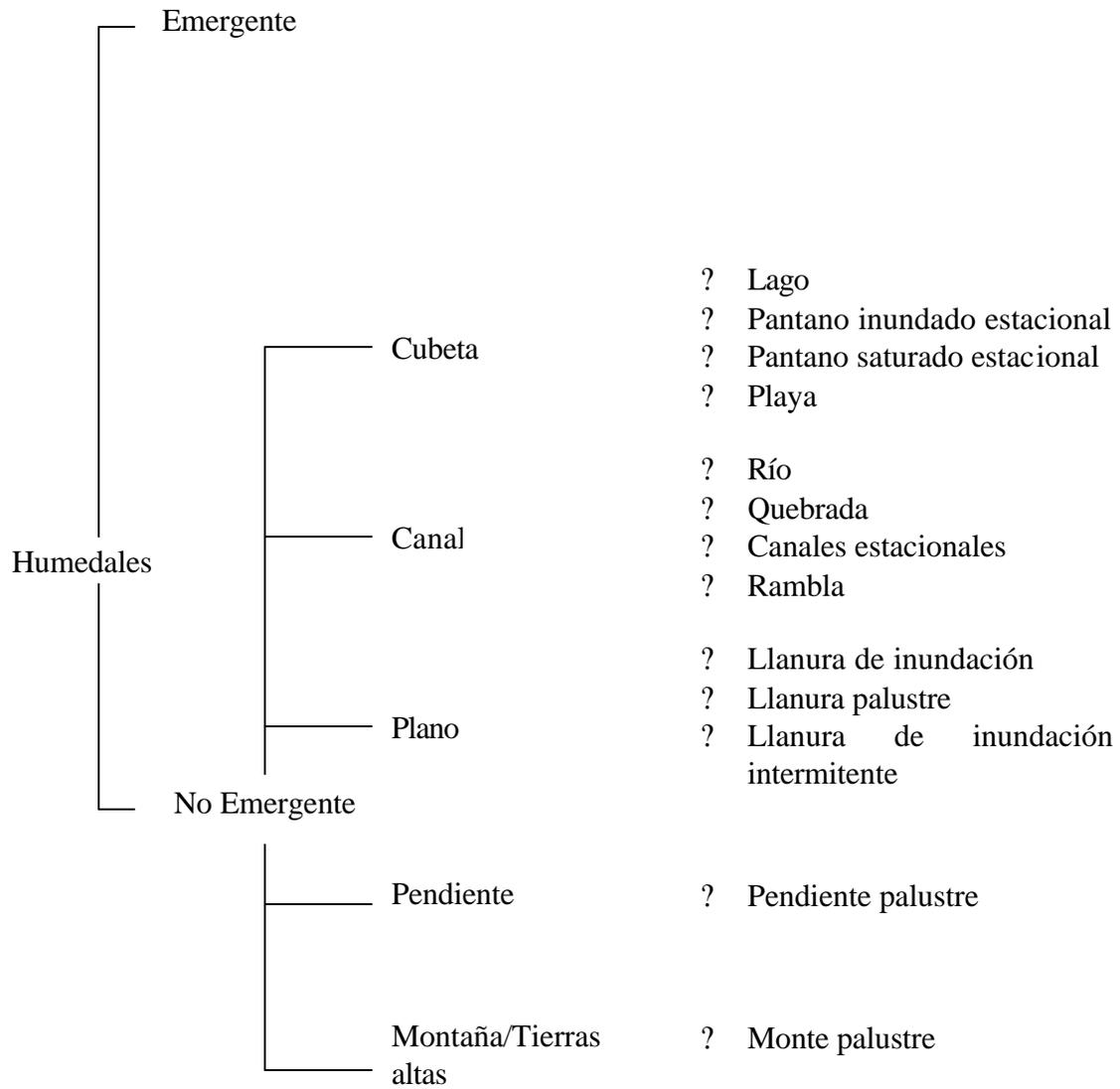


Figura 2. Clasificación de Semeniuk & Semeniuk, 1997



El Sistema de Clasificación de humedales Canadiense (Warner & Rubec, 1997)

Este sistema es jerárquico y consiste en 3 niveles: **Clase**, **Forma** y **Tipo**. Se incluye un sistema de clave para identificación.

Las **Clases** están basadas en propiedades que reflejan el “origen genético” del sistema humedal y su naturaleza. Las clases usadas en este sistema de clasificación se describen a continuación:

1. Turbera alta (“bog”): en este tipo de turbera el agua se obtiene por precipitaciones, niebla y/o derretimiento de nieve, y no son afectados por aguas de escorrentía o subterráneas, por lo tanto, todos son ombrófitos (obtienen nutrientes desde la lluvia). Pueden o no tener la presencia de árboles, y generalmente están cubiertos por musgos del género *Sphagnum*.
2. Turbera baja (“fen”): este tipo de turbera se alimenta de aguas de escorrentía superficial y subterránea, y son ricos en minerales disueltos, y por lo tanto, minerotróficos (obtienen nutrientes desde lluvia y aguas minerales). La cubierta vegetal se caracteriza por estar formada por gramíneas y arbustos.
3. Pantano: humedales boscosos, compuestos por árboles de coníferas, deciduos o por arbustos grandes. Tiene influencia de aguas subterráneas minerotróficas.
4. Marisma: humedales con aguas poco profundas que fluctúan dramáticamente, con poca acumulación de materia orgánica. Las especies de plantas presentes son principalmente macrófitas acuáticas emergentes, y algunas flotantes.
5. Marisma de aguas bajas: son humedales de transición entre aquellos que están saturados o estacionalmente llenos de agua (e. g. turberas), y cuerpos de agua permanentes (lagos), generalmente con una zona profunda. Son comúnmente llamadas pozas, piscinas, lagos bajos o canales.

Las **Formas** son subdivisiones de las clases, basadas en características como la morfología de la superficie, patrón de superficie, tipo de agua y morfología del suelo. Actualmente este sistema reconoce 49 formas de humedales y 72 sub-formas. Ejemplos de formas son:

1. Plató
2. Vertiente
3. Estuarino
4. Mareal
5. Plano
6. Canal
7. Lacustre
8. Gradiente



- 9. Descarga
- 10. Horizontal

Los Tipos son subdivisiones de las formas y subformas, basados en características fisonómicas de las comunidades vegetales. Son comparables a los modificadores usados en la clasificación de Cowardin *et al.*, y son útiles para la evaluación de valores y beneficios, manejo y conservación (Mitsch & Gosselink, 2000). Los tipos son los siguientes:

- 1. Acuática
- 2. Herbáceas no gramíneas
- 3. Gramíneas
- 4. Liquen
- 5. Musgo
- 6. Sin vegetación
- 7. Arbustos
- 8. Arbolado

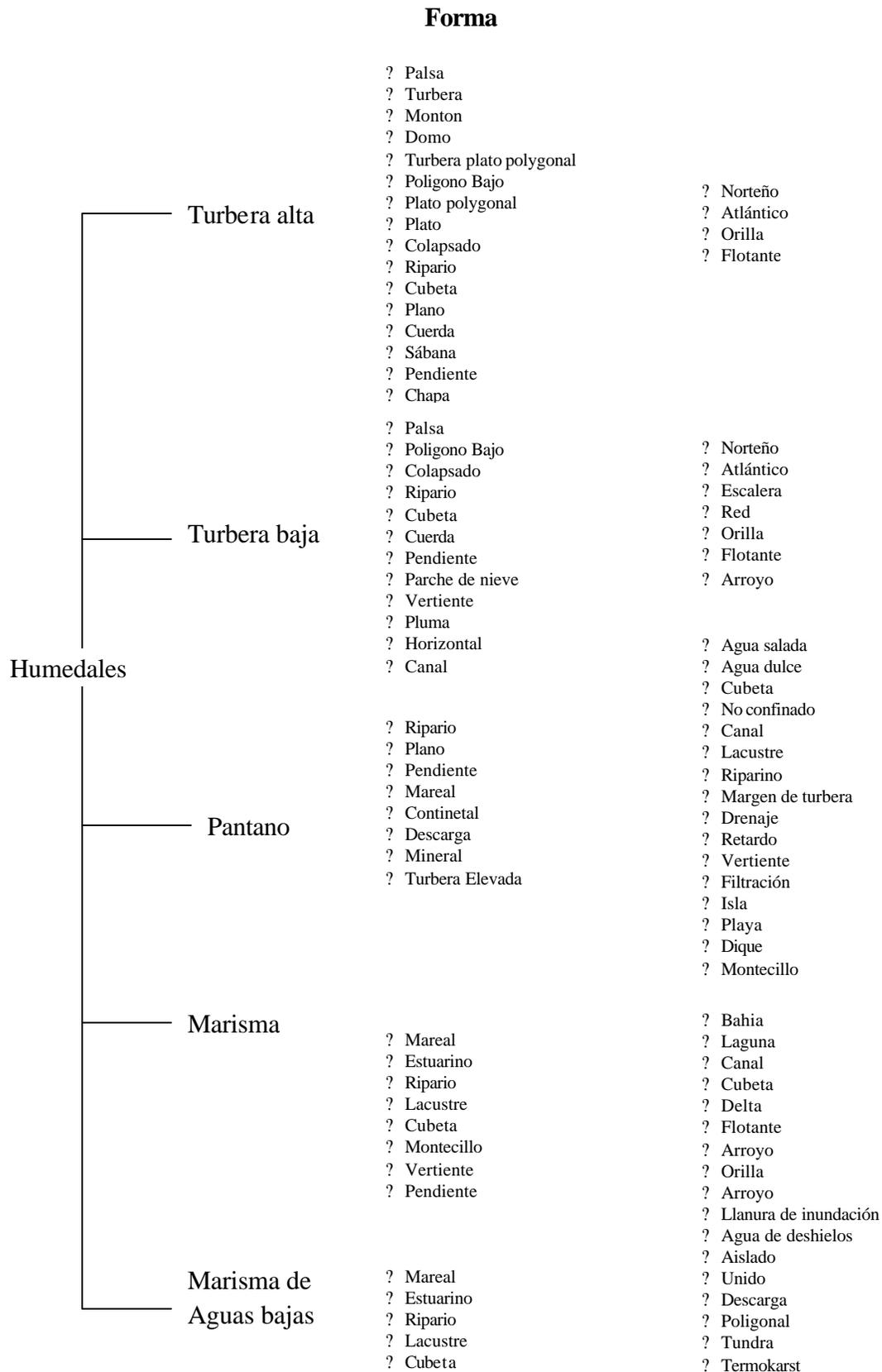


Figura 3. Clasificación de Warner & Rubec, 1997



Clasificación EUNIS de hábitats (2002) (Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza)

Este sistema clasifica todos los hábitats presentes en Europa, incluyendo los humedales. Se desarrolló una clave, que consiste en una serie de preguntas con notas explicativas adicionales. Dependiendo de la respuesta, el usuario es dirigido a la próxima pregunta o a un tipo de hábitat identificado por los parámetros. El usuario puede seguir la clave pregunta a pregunta, o ver el criterio para cada nivel de hábitat en una serie de diagramas estáticos.

La clasificación jerárquica es la siguiente:

- a. Hábitats marinos
 - b. Hábitats costeros
 - c. Aguas de superficie continentales
 - d. Turberas altas y bajas
 - e. Pastizales y tierras dominadas por hierbas, musgos o líquenes
 - f. Matorrales y Tundra
 - g. Bosques y otras tierras boscosas
 - h. Hábitats continentales sin vegetación o con vegetación escasa
 - i. Hábitats regular a recientemente cultivados agriculturalmente, horticulturalmente, y domésticos.
 - j. Hábitats construidos, industriales y otros hábitats artificiales.
- x. Complejos de hábitats

Como un ejemplo, las **Aguas de superficie continentales** (Fig. 4) se clasifican de la siguiente forma:

1. Aguas quietas de superficie.
2. Aguas en movimiento de superficie.
3. Zona litoral de cuerpos de agua de superficie continentales

Luego, las **aguas en movimiento** se clasifican en:

1. Vertientes y Géiseres
2. Cursos de agua permanentes no mareales, rápidos, turbulentos
3. Cursos de agua permanentes no mareales, de flujo lento.
4. Ríos mareales, río arriba del estuario
5. Aguas en movimiento temporal
6. Películas de agua corriendo sobre márgenes rocosos de cursos de agua.
7. Zona litoral de cuerpos de aguas de superficie continentales

Finalmente, dentro de las aguas en movimiento, solo algunas de ellas ahondan en la clasificación. Un ejemplo de esto son los **Ríos mareales, río arriba del estuario**, que se dividen en:



1. Ríos mareales de agua salobre
2. Ríos mareales de agua dulce
3. Vegetación mesotrófica de ríos mareales
4. Vegetación eutrófica de ríos mareales

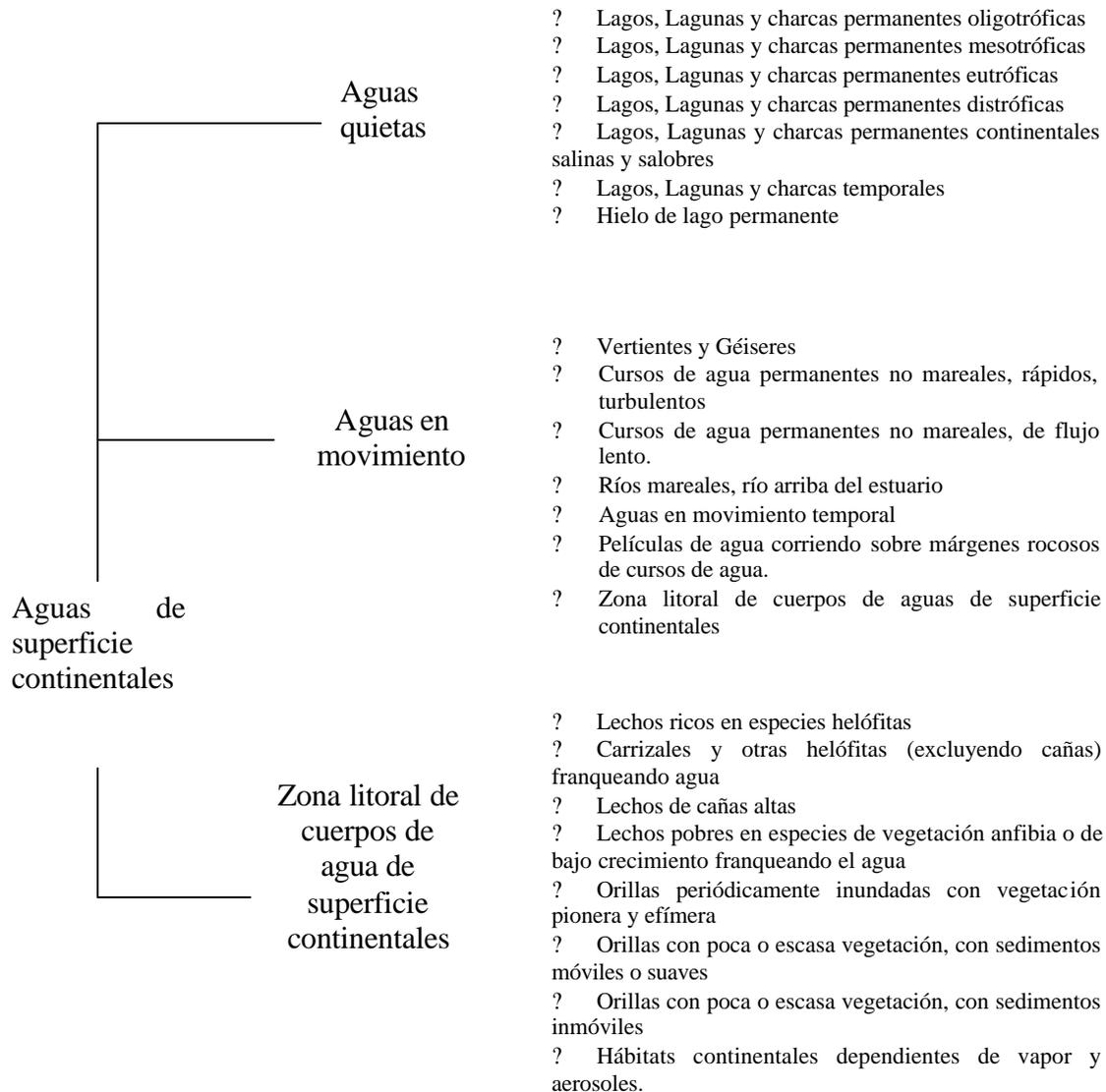


Figura 4. Clasificación EUNIS, 2002. Ejemplo para Aguas de superficie continentales.



Este sistema de clasificación se basa en el de Cowardin *et al.* Aparte de los 5 sistemas propuestos por Cowardin (Marino, Estuarino, Fluvial, Lacustre y Palustre), le agrega un sexto sistema, el **Endorreico**. Este último incluye humedales que hubieran sido clasificados como Palustres o Lacustres por Cowardin, pero que además tienen las siguientes características adicionales: a) forma circular a ovalada, algunas veces con forma de riñón u lobulada, b) cubeta plana, c) menos de 3 m de profundidad cuando esta completamente inundada, y d) drenaje cerrado (sin salidas).

El sistema endorreico no tiene subsistemas, y sus **clases** son:

1. Superficie del agua
2. Sin vegetación
3. Cama acuática
4. Humedal emergente
5. Humedal de arbustos

Clasificación de los humedales mediterráneos MedWet (Costa et al., 1996)

MedWet es un foro fundado en 1991, compuesto por 25 países mediterráneos, centros especializados en humedales, y organizaciones ambientales internacionales. Entre sus actividades, crearon una lista jerárquica de los hábitat de humedales basada en la clasificación de Cowardin *et al.*, con modificaciones que ayudan a reflejar la variedad de hábitat de humedales del Mediterráneo.

Comparación entre las distintas clasificaciones

La Tabla 1 presenta un cuadro comparativo con los criterios usados en los sistemas de clasificación de humedales explicados previamente.



Tabla1. Comparación de los criterios usados en los sistemas de clasificación de humedales usados mundialmente.

Clasificación	División 1	División 2	División 3	División 4	División 5	División 6
Cowardin <i>et al.</i>	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino
Semeniuk & Semeniuk	Geomórfico Ej. Emergente	Geomórfica Ej. Canal	Geomórfico e hydroperiodo Ej. Lago	Características de vegetación o sustrato Ej. Fondo rocoso	Especies dominantes Ej. <i>Helobdella</i>	Salinidad, pH Ej. Poikilosan-lino
Warner & Rubec	Origen genético Ej. Pantano	Geomórfico Ej. Plano	Vegetación Ej. Liquen	_____	_____	_____
EUNIS	Geomórfico y vegetación Ej. Aguas de superficie continentales	Régimen de aguas, vegetación Ej. En movimiento	Velocidad, Origen Ej. Vertiente	Salinidad, vegetación Ej. Ríos mareales de agua dulce	_____	_____
Dini, Cowan & Goodman	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino
Costa <i>et al.</i>	Geomórfico Ej. Fluvial	Geológico e hidrológico Ej. Intermitente	Vegetación o sustrato Ej. Orilla rocosa	Características de vegetación o sustrato Ej. Roca madre	Especies dominantes Ej. <i>Mytilus</i>	Regimen de aguas, salinidad, pH Ej. alcalino