

## INFORME FINAL

---

Mayo de 2021

“Definición de límites e identificación de áreas prioritarias a restaurar del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, Región del Biobío.”



Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Reseña equipo de investigadores Urbancost.....	7
1.2 Área de estudio.....	7
1.3 Objetivos de la propuesta.....	10
II. DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO .....	10
2.1 Sistematización de antecedentes disponibles .....	13
a) Aspectos biológicos (acuáticos y terrestres).....	13
b) Aspectos geomorfológicos-geológicos.....	17
c) Aspectos hidrológicos .....	22
d) Aspectos culturales .....	25
e) Aspectos socio-económicos.....	44
2.2 Procesamiento de Imágenes Satelitales.....	66
a) Criterio vegetación Indicadores Espectrales.....	66
b) Criterio de Topografía.....	67
2.3 Revisión de cartografía de inventario nacional .....	68
2.4 Delimitación del Sistema Humedal .....	69
a) Determinación de espejo de agua y vegetación .....	69
b) Efectos de las mareas y su zona de influencia .....	70
c) Validación en terreno.....	74
d) Presentación y validación de la propuesta.....	74
f) Respuestas a Observaciones del CTL a delimitación .....	80
g) Cartografía preliminar Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo .....	82
h) Rellenos en Sitio Prioritario.....	84
i) Plataforma “Sube tu foto” .....	85
2.5 Curso-Taller de Teledetección y SIG.....	87
III. IDENTIFICAR USOS Y COBERTURA DE SUELO DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO .....	89
3.1 Análisis de imágenes satelitales y delimitación de usos y coberturas de suelo del Sistema Humedal .....	89

3.2 Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad del Sistema Humedal Taller N°2 .....	92
a) Actividad de identificación de amenazas, presiones y atributos de biodiversidad a conservar a nivel del Sistema de Humedal .....	97
3.3 Identificación de los Servicios Ecosistémicos del Sistema Humedal Taller N°2 .....	98
a) Encuesta de valoración de servicios ecosistémicos (previo a Taller 2) .....	98
b) Actividad de priorización de servicios ecosistémicos en Taller 2 .....	102
3.4 Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de los riesgos naturales del Sistema Humedal .....	104
3.5 Zonas de importancia sociocultural dentro del Sistema Humedal .....	123
3.6 Instrumentos de Planificación Territorial vigentes y disponibles, respecto a la zonificación del Sistema Humedal .....	124
3.7 Determinación de la zona de intrusión salina .....	135
3.8 Otras zonificaciones de interés .....	138
IV. DELIMITACIÓN FINAL DEL SISTEMA HUMEDAL .....	140
V. IDENTIFICAR USOS Y COBERTURAS DE SUELO DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO .....	143
5.1 Revisión bibliográfica relacionada con usos y cobertura de suelo en las subcuencas aportantes .....	143
5.2 Identificación y delimitación de los usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes .....	146
5.3 Identificación de amenazas y presiones de las subcuencas aportantes que influyen sobre el Sistema Humedal .....	158
5.4. Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad .....	166
5.5. Identificación de Servicios Ecosistémicos .....	170
VI. IDENTIFICAR ÁREAS PRIORITARIAS A RESTAURAR CON ENFOQUE DE CUENCA EN EL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO .....	175
6.1. Revisión de información sobre planificación e infraestructura ecológica .....	175
6.2 Adaptación metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM) .....	182
6.3 Levantamiento de áreas prioritarias a restaurar .....	188
a) Sistematización y ponderación áreas de resturación Taller N°4 .....	188
b) Índice de Conectividad Ecológica .....	189
c) Servicios Ecosistémicos .....	194

6.4 Evaluación Multicriterio .....	195
6.5 Validación áreas de restauración en un proceso participativo .....	205
6.6 Áreas de restauración Sistema Humedal y subcuencas .....	207
6.7 Actores relevantes para las áreas de restauración .....	210
VII. PARTICIPACIÓN COMITÉ TÉCNICO LOCAL.....	212
VIII. CONCLUSIONES.....	215
IX. CARTA GANTT .....	219
X. BIBLIOGRAFÍA.....	221
XI. ÍNDICE DE FIGURAS .....	231
XII. ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los cinco lugares en el mundo que posee un clima mediterráneo, donde se localiza el área de acción del Proyecto GEF de humedales costeros, y que es reconocido como uno de los 36 hotspots de biodiversidad a nivel mundial. Este reconocimiento se da no sólo por su alto nivel de riqueza y endemismo de especies, sino también por los altos riesgos de extinción y amenazas asociadas a este ecosistema. Al concentrarse en esta eco-región la mayor parte de la población e industria de Chile, los ecosistemas costeros asociados, han sido los que han sufrido más alteraciones, encontrándose en un estado de alta vulnerabilidad. La importancia de estos ecosistemas radica en: alta concentración de biodiversidad, carácter dinámico y gradientes que permiten una elevada heterogeneidad espacio-temporal. Por ende, presentan una diversidad de hábitats para especies acuáticas y riparianas, en particular, numerosas especies de aves migratorias. Las amenazas y los factores de degradación ambiental en la eco-región del Mediterráneo Chileno son, en su mayor parte, el resultado de actividades humanas, que juegan un papel clave en el deterioro progresivo de las funciones de los ecosistemas costeros. Los principales factores son la pérdida de hábitat, su fragmentación y la degradación causada por la agricultura, la expansión urbana e infraestructura y la escasa protección legal dada a estos ecosistemas.

El objetivo del Proyecto en el que se enmarca este estudio, es mejorar el estado ecológico y de conservación de ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile de alto valor ecológico, incluyendo los humedales y sus cuencas adyacentes, integrándolas al desarrollo local a través de su manejo sustentable, mejorando la gestión de los paisajes costeros, reduciendo las presiones a estos hábitats de diversas especies migratorias y con distintos problemas de conservación, y reduciendo las amenazas y presiones sobre las cuencas aportantes que soportan las actividades humanas de importancia local. Esto se llevará a cabo a través de tres componentes: 1) promover la importancia de la conservación de biodiversidad y los problemas de degradación de la tierra en los paisajes costeros, entre los tomadores de decisiones y distintos actores relevantes; 2) fortalecer los marcos políticos y regulatorios con respecto a la conservación costera, entre las diversas instituciones con mandatos en ecosistemas costeros y sus cuencas; 3) implementar y sistematizar una serie de iniciativas en cinco ecosistemas piloto, que servirán como experiencia replicable para las principales instituciones y actores a nivel nacional.

Los ecosistemas pilotos se encuentran ubicados entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, representando diferentes condiciones socio-ambientales, los que tendrán un rol relevante en generar la información y evidencias que demuestren la necesidad de tener un enfoque que considere a toda la cuenca, con una coordinación interinstitucional fortalecida y con sectores productivos con prácticas sostenibles con el medio ambiente, para conservar y manejar en forma sustentable los paisajes costeros cuando no son áreas protegidas. Cada uno de los pilotos aportará con evidencias concretas de acuerdo con su realidad en cuanto a amenazas y condición actual, que permitirán tener un abanico de opciones replicables en casos con situaciones similares.

Este trabajo se centra específicamente en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, situados en las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, en la Región del Biobío, parte del proyecto GEF humedales costeros. Este sistema es uno de los ecosistemas más presionados del país en cuanto a la pérdida de superficie, alteración de la calidad de sus aguas, relleno para la construcción de viviendas y áreas comerciales e industriales. El objetivo general del proyecto es “Determinar los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, ubicado en las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, e identificar áreas prioritarias a restaurar en las subcuencas aportantes a dicho Sistema Humedal”.

El presente informe entrega los resultados de los objetivos específicos N°1, N°2, N°3, N°4, cuyos productos principales son la delimitación del sistema humedal, las coberturas de suelo del sistema humedal y las áreas de restauración. Por tanto, se entregan los siguientes resultados:

- ✓ Descripción y cartografía de la delimitación del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo y su justificación técnica.
- ✓ Cartografía con la delimitación de usos y cobertura de suelo del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama- Paicaví Tucapel Bajo.
- ✓ Cartografía de las áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de la biodiversidad del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo.
- ✓ Cartografía de las áreas y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de los Servicios Ecosistémicos, riesgos naturales, importancia sociocultural del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo.
- ✓ Cartografía con la delimitación de la zona de intrusión salina.
- ✓ Medios de verificación de las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos (lista de asistencia de talleres y reuniones, fotografías y actas).
- ✓ Resultados del análisis de la revisión de los Instrumentos Planificación territorial disponibles y vigentes.
- ✓ Cartografía de usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo.
- ✓ Análisis y cartografía de presiones y amenazas existentes en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-PaicavíTucapel Bajo.
- ✓ Cartografía de las áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de la biodiversidad en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo.
- ✓ Cartografía de las áreas y/o zonas de alto interés en servicios ecosistémicos en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo.
- ✓ Resultados de la revisión de información de la infraestructura ecológica planificada para la Región del Biobío.
- ✓ Resultados de la aplicación de la metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM) para identificar áreas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca
- ✓ Fichas explicativas para cada una de las áreas prioritarias identificadas y propuestas para restaurar, en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, con información validada en terreno (ver descripción más adelante).
- ✓ Cartografía de las áreas prioritarias a restaurar en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, indicando nivel de prioridad.
- ✓ Cartografía de las áreas prioritarias priorizadas a restaurar en las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, indicando nivel de prioridad.
- ✓ Conclusiones y recomendaciones.
- ✓ Bibliografía.
- ✓ Anexos

Finalmente se incluye la cartografía en formato digital y un archivo el respaldo digital en formato shp, kmz y jpg con sus bases de datos asociadas, para su posterior edición o análisis por parte del Ministerio de Medio Ambiente.

### 1.1 Reseña equipo de investigadores Urbancost

URBANCOST es una plataforma científica que desarrolla proyectos investigación para medir los efectos de la urbanización en el sistema de humedales del área metropolitana Concepción.

El equipo está compuesto por:

Profesional	Rol
<b>Equipo Base</b>	
Dra. Carolina Rojas	Jefa de proyecto, coordinación general.
Dr. Francisco de la Barrera	Ecología y restauración, aspectos biológicos y servicios ecosistémicos.
Dr. Octavio Rojas	SIG, planificación territorial, geomorfología, estudios de riesgo y protección ambiental
<b>Colaboradores</b>	
Dra. Patricia Oliva Pavón	Profesional Cartografía, SIG y Teledetección
Mg. Juan Munizaga	Profesional Geomorfología, Edafología y Teledetección
Mg. Grace Mallea	Profesional Área Paisaje y Restauración
Mg. Ivonne Rueda	Profesional SIG y Participación Ciudadana
Ing. Evelyn Soto	Profesional Participación Ciudadana
Ing. Luis Flores	Profesional Hidrógrafo

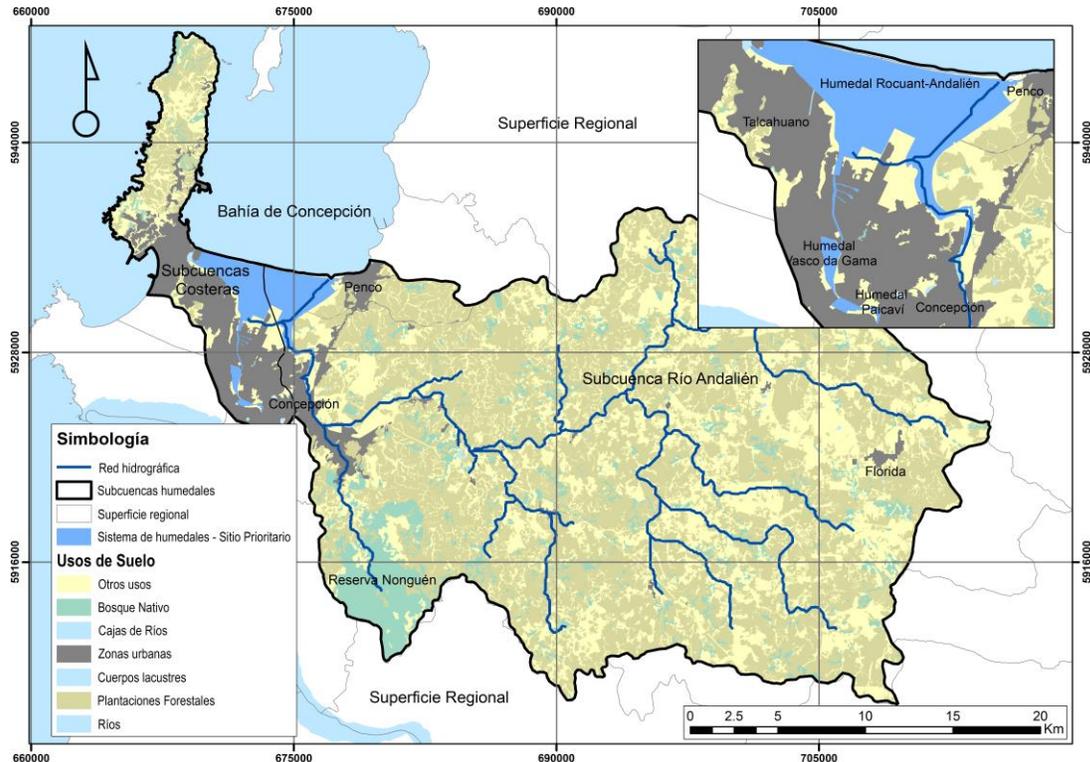
### 1.2 Área de estudio

Concepción Metropolitana, segundo asentamiento urbano de Chile (más de 1 millón habitantes), se inserta en un área donde los procesos tectónicos y ciclos marinos modelaron paleobahías que condicionaron la existencia de humedales costeros y relictos hoy llamados humedales urbanos, junto con lagunas costeras, rodeadas por el proceso de urbanización (Isla et al., 2012). Los humedales en estudio, se encuentran insertos en subcuencas costeras como la subcuenca del río Andalién, cuyo mayor tributario es el Río Andalién, como la población se asienta en las llanuras y paleocauces de bajas pendientes de la cuenca, se presenta una elevada complejidad de conservar ecosistemas por múltiples estresores antrópicos (Arriagada et al., 2019), junto con alta dispersión urbana e industrialización (Rojas et al., 2013a). Su desarrollo urbano y económico siempre ha estado condicionado por el agua, pero en desmedro de lagunas, humedales y vegetación nativa (Smith & Romero, 2009; Rojas et al., 2013b), afectando especialmente los humedales costeros de Lengua, Rocuant-Andalién, Los Batros y los palustres insertos en las zonas urbanas. Hasta la década del 2000 se conocía que la superficie de los humedales había disminuido en un 40% desde 1975, siendo sustituidos por vegetación dispersa y posteriormente por urbanización (Smith & Romero, 2009), y desde el año 2000 en adelante más de 500 hectáreas de humedales se perdieron (Rojas et al., 2013c) por cambios de usos de suelo. El impacto no ha sido solo en pérdidas de superficie, sino también en biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos (Villagrán et al., 2006; Sepúlveda et al., 2012).

Como el objetivo de este estudio es “Determinar los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, ubicado en las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, e identificar áreas prioritarias a restaurar en las subcuencas aportantes a dicho Sistema Humedal”. Se define como área de estudio un total de 88 mil hectáreas, las cuales se subdividen en las subcuencas costeras entre el Río Andalién

y Río Bío Bío y la subcuenca del Río Andalién, cuyas superficies respectivas son: Costeras 8.777 ha y Río Andalién: 79.254 (Figura 1).

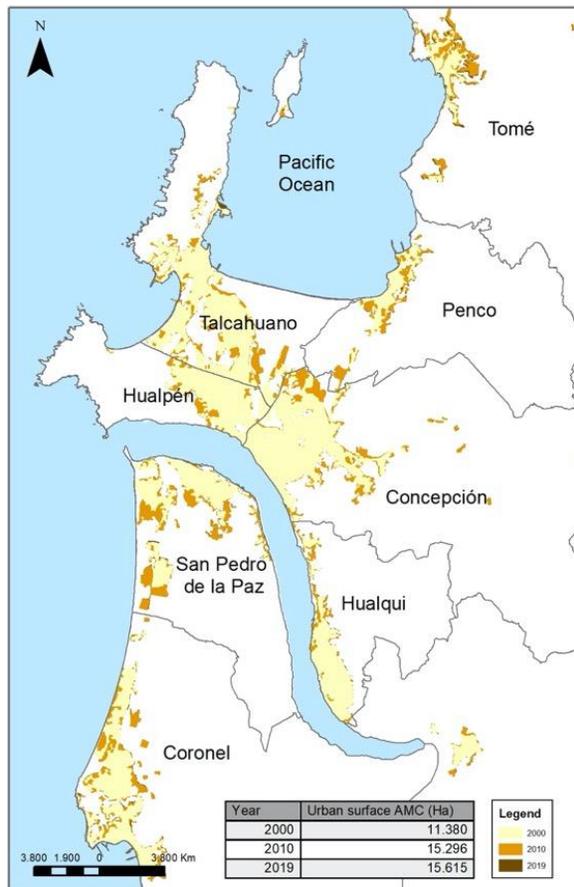
Figura 1. Área de Estudio Sistema de Humedales Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicavi y Tucapel Bajo y Subcuencas aportantes



Fuente: Elaboración propia

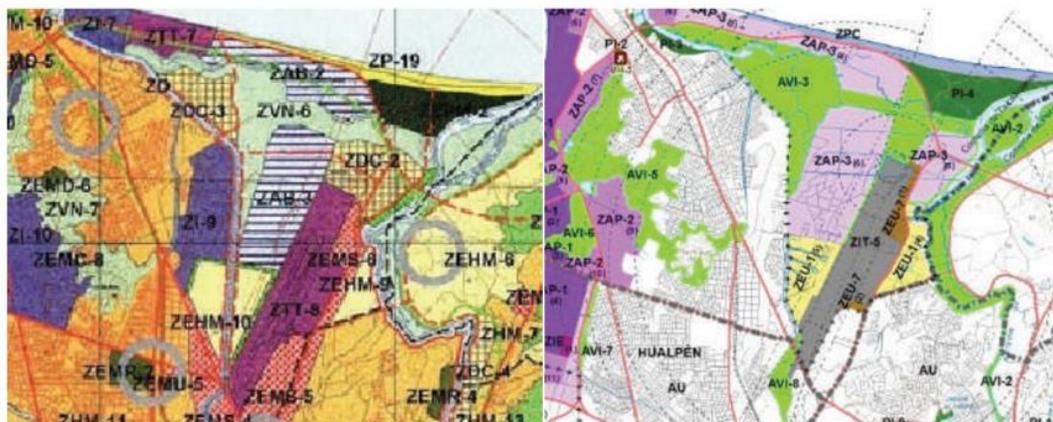
Datos propios obtenidos de imágenes satelitales Geo Eye del año 2019, indicaban que la urbanización en Concepción Metropolitano, se ha incrementado en las últimas décadas, pasando de 11 mil hectáreas a más de 15 mil hectáreas construidas, esto ha ido en desmedro directo de los humedales del sistema a estudiar (Figura 2), claramente se observa el aumento de urbanización en la zona del Aeropuerto Carriel Sur y del casino Marina del Sol en la conurbación Talcahuano-Concepción. Esto hace que gran parte de estas nuevas áreas urbanas sean vulnerables a peligros naturales como inundaciones y anegamientos, por tanto requieren de la conservación de los humedales para incrementar su resiliencia ante eventos extremos frecuentes. Otra de las complejidades de este territorio es que gran parte de las pérdidas recientes de los ecosistemas (post 2000) se producen en vigencia del plan Regulador Metropolitano de Concepción (2003), hoy en actualización, que propone por medio de las competencias propias de un instrumento de planificación territorial, zonificarlo como "Área Verde de Parque de Nivel Intercomunal" (Figura 3), demostrando que al menos para esta área de estudio, una planificación urbana del paisaje que incluya la conservación de los humedales, no ha sido posible hasta la fecha bajo las normas urbano territoriales vigentes, ya que no incorporan zonificaciones para la conservación, por tanto es un área de estudio que requiere de intervenciones concretas de restauración ecológica.

Figura 2. Expansión Urbana Área Metropolitana de Concepción



Fuente: Urbancost 2020 en base a imágenes GeoEye 2019.

Figura 3. Propuesta de Modificación Plan Regulador Metropolitano de Concepción



**VIGENTE**

**MODIFICACIÓN**

Fuente: 11<sup>va</sup> Minuta Modificación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción  
<https://www.prmconcepcion.cl/wp-content/uploads/2018/11/minuta-prmc2.pdf>

En particular, el Sistema de Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, además y como se ha descrito, al situarse en una zona de creciente presión del uso residencial, también lo es por el incremento del uso industrial y comercial dadas las excelentes condiciones de accesibilidad, por ejemplo en parte de su superficie se situará el proyecto de Plataforma Logística, que incluye entre otros usos de suelo, un parque industrial, transporte comercial, áreas de servicios y de recreación (<http://www.plataformalogistica.cl>).

De esta forma el Sistema Humedal pertenece a una zona donde sus particularidades biofísicas evidencian los rasgos de una herencia morfogenética marcada por la evolución del Río Biobío y la acción marina. Es así como el Sistema de Humedal en estudio se encuentra en la llamada “llanura depositacional”, constituida principalmente por arenas negras basálticas finas y gruesas provenientes desde el Río Biobío (Mardones, 1978) y arenas provenientes de la Cordillera de la Costa del Río Andalién (Munizaga, 2015; Rojas et al., 2017a). Dada las características de bajas pendientes del sistema, el crecimiento urbano se ha concentrado sobre las áreas de humedales, provocando rellenos, fragmentación y pérdida de conectividad lateral del río, por ende, las tendencias apuntan a su desaparición si no se hacen iniciativas o propuestas para su restauración y conservación para un uso racional del sistema, como las solicitadas en esta licitación.

### 1.3 Objetivos de la propuesta

#### 1.1. Objetivos generales

- Determinar los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, ubicado en las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, e identificar áreas prioritarias a restaurar en las subcuencas aportantes a dicho Sistema Humedal.

#### 1.2. Objetivos específicos

- Determinar los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo (OE1)
- Identificar usos y cobertura de suelo del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo (OE2)
- Identificar usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo (OE3)
- Identificar áreas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo (OE4)

## II. DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO

La delimitación esta sujeta a los términos de referencia de este estudio, en este sentido el carácter ecológico de un humedal se define como la combinación de sus componentes ecosistémicos (bióticos y abióticos), sus procesos, beneficios y servicios que lo caracterizan en un determinado momento en el tiempo (Rodríguez, et al., 2020). Además en Chile se cuenta con una Ley de humedales urbanos 21.202 que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos y que los define como: *“Todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros y que se encuentren total o parcialmente dentro del límite urbano”*.

El Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo es un ecosistema dinámico, dónde en su delimitación se deben considerar las condiciones del suelo como áreas de conservación existentes. En este caso el sistema se encuentra preliminarmente delimitado por un polígono que obedece a la figura de “sitio prioritario para la conservación” por parte del Ministerio de Medio Ambiente, que representa una superficie de 1850,8 ha (Figura 4).

Dentro de este sitio prioritario se reconocen humedales tipo marismas y palustres, siendo el Rocuant-Andalién el más grande en superficie (H.Rocuant: 1.753,2 ha), siguen el H. Vasco de Gama (63,6 ha); y finalmente el H. Paicaví (33,9 ha). A su vez, el H. Rocuant-Andalién es el que ha sido mayoritariamente más objeto de investigación en artículos científicos y tesis de formación en pregrado y postgrado en universidad chilenas. En específico para su marisma, existen publicaciones que proponen límites y zonificaciones como los estudios de Rojas et al. (2015) Munizaga (2015) y Rojas et al. (2019). Sin embargo, estas últimas delimitaciones se basan en el criterio de identificación de cobertura vegetal y del cuerpo de agua o laguna costera, utilizando diversas técnicas de clasificación de imágenes satelitales y muestreos de vegetación tomados en terreno. También existe una delimitación reciente por parte del Inventario nacional de humedales, que se revisará en el apartado respectivo.

Este estudio, parte del proyecto GEF Humedales Costeros es una oportunidad más pertinente a las condiciones actuales del territorio, donde convergen diferentes posturas, decisiones y actores sobre el futuro del humedal, además se hace en el contexto de los criterios de la reciente *Ley de protección de humedales urbanos* que incluyen: (i) la presencia de vegetación hidrófita; (ii) la presencia de suelos hídricos con mal drenaje o sin drenaje; y/o (iii) un régimen hidrológico de saturación ya sea permanente o temporal que genera condiciones de inundación periódica, siendo una oportunidad para los municipios involucrados para la elaboración de un expediente que pueda ser presentado al Ministerio de Medio Ambiente y ser declarado humedal urbano.

Figura 4. Sitio Prioritario Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicavi-Tucapel Bajo



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Urbancost 2021

## 2.1 Sistematización de antecedentes disponibles

Se realizó una sistematización de la información disponible en base a diversas fuentes, incluyendo datos generados por el equipo en terreno. A su vez, se incorporó información aportada por los actores del Comité Técnico Local, aportada en los talleres de participación. Esto permitió contar con un diagnóstico actualizado de información pertinente para la delimitación del Sistema Humedal. En particular, se revisaron los siguientes aspectos: biológicos, geomorfológicos-geológicos, hidrológicos y culturales

### a) Aspectos biológicos (acuáticos y terrestres)

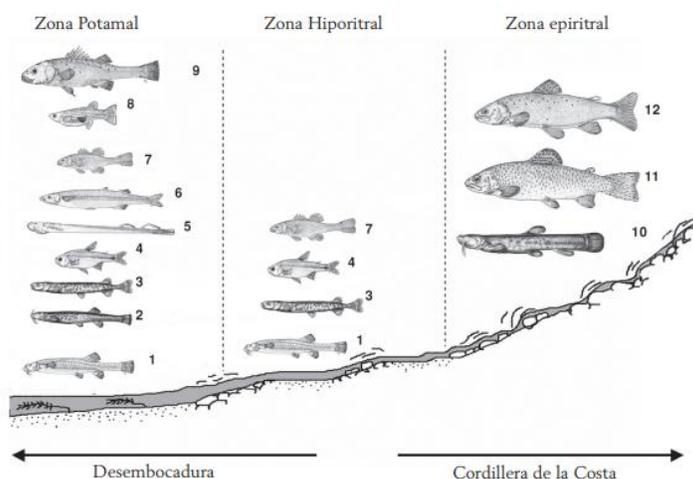
La consideración de aspectos biológicos para la delimitación del humedal requirió de datos geolocalizados. La búsqueda de estos datos comenzó por la revisión de la literatura existente. Para esto se realizó una búsqueda exhaustiva en Google Scholar (Google Académico), usando como palabras claves (en español e inglés): el nombre de los humedales, biota, biodiversidad, flora, plantas, fauna, animales, vegetación, invertebrados, etc., con el fin de encontrar datos generales y especializados referentes a la vegetación hidrófila y ripariana, flora vascular, macrófitas, fauna terrestre, fauna acuática e invertebrados de los humedales.

#### Revisión de literatura

Entre los resultados de esta búsqueda destaca el trabajo de Maricel Beltrán (2012) que describe la presencia de 66 especies de plantas y 43 de aves nativas e introducidas dentro del Humedal Rocuant-Andalién, citando datos de la I. Municipalidad de Talcahuano del año 2005. Algunas de las especies que destaca el documento son el pez *Cheirodon galusdae* (Pocha), los anfibios *Pleurodema thaul* (Sapito de cuatro ojos) *Batrachyla taeniata* y las aves *Ardea cocoi* (Garza cuca) *Cygnus melancorypha* (Cisne de cuello negro) *Carduelis barbatus* (Jilguero) *Sturnella loyca* (Loica). Asimismo, incluye a algunas especies características como *Sarcocornia fructifera* (Sosa de mar) y *Spartina densiflora* (Llinto). En la misma línea, el trabajo de Francisca Castillo (2019) cita el trabajo de Tobar (2003) para indicar algunas especies de flora y fauna del Humedal diferenciando entre especies halófitas propias de la marisma (ej. *S. fructifera*, *S. densiflora*, *Poa annua*), vegetación dunaria (ej. *Oxalis arenaria*, *Chamaemelum nobile*) y vegetación ripariana y estuarina (ej. *Bahía ambrosioides*, *Gracilaria chilensis*, *Juncus capitatus*, *Juncus procerus*, *Polygonum persicaria*). Además, señala especies de fauna de la marisma como por ejemplo *Podiceps major* (Huala), *Anas platalea* (Pato cuchara), *Himantopus exicanus* (Perrito), *Tringa flavipes* (Pitotoy chico), *Gallinago paraguaiensis* (Becacina), *Tachycineta leucophrya* (Golondrina chilena) *Troglodytes aedon* (Chercán), *Agelaius thilius* (Trile), *C. galusdae* (Pocha), *Abrothrix longipilis* (Ratoncito peludo), *P. thaul* (Sapito de cuatro ojos) y *Batrachyla taeniata* (Ranita del antifaz). Específicamente respecto a peces, el trabajo de Habit & Victoriano (2005) aporta en la descripción de peces asociados al Río Andalién, con 19 especies dulceacuícolas (15 de ellas nativas) y 8 especies marinas que ingresan a la zona estuarial, destacando su alta diversidad y señalando su ubicación en términos generales (zona Potamal, Hiporital y Epirital) dentro de la cuenca (baja, media y alta respectivamente; Figura 5). Muchos de estos trabajos listan especies nativas y exóticas (introducidas). Respecto a estas últimas, Pauchard et al. (2006) señalan que las siguientes especies introducidas son frecuentes en los humedales de Concepción. Árboles y arbustos: *Acacia melanoxylon* (Aromo australiano), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), *Salix babylonica* (Sauce), *Pinus radiata* (Pino insigne), *Populus nigra* (Álamo), *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Teline monspessulana* (Retamilla); mamíferos y aves: *Mus musculus* (Ratón común), *Ratus ratus* (Rata negra), *Lepus europaeus* (Liebre), *Oryctolagus cuniculus* (Conejo), *Columba livia* (Paloma), *Passer domesticus* (Gorrión), *Callipepla californica* (Codorniz). Estas especies representan la degradación de estas zonas y no deberían ser utilizadas para la delimitación del sistema de humedales. Finalmente, el trabajo de Rojas et al. (2015) describe la flora y macrolepidópteros de 6 humedales, cuya mayoría forma parte del sistema de humedales en estudio. Esta descripción está basada en puntos de muestreo que forman parte del trabajo de la plataforma científica Urbancost, hechos por el biólogo Einer Sepúlveda y que están también representados en Castillo (2019). En este catálogo se informan 11 especies de plantas nativas y 20 exóticas, y 27 especies de macrolepidópteros, señalando que el Humedal Rocuant-Andalién

presenta una menor riqueza de macrolepidópteros y mayor presencia de flora introducida, lo que puede ser explicado por sus condiciones históricas de contaminación y eutrofización.

Figura 5. Distribución de peces en una cuenca de origen costero (estero Nonguén, Región del Biobío). Especies: 1: *Trichomycterus areolatus*, 2: *Bullockia maldonadoi*, 3: *Galaxias maculatus*, 4: *Cheirodon galusdae*, 5: *Geotria australis*, 6: *Basilichthys australis*, 8: *Gambusia holbrooki*, 9: *Percichthys trucha*, 10: *Nematogenys inermis*, 11: *Oncorhynchus mykiss*, 12: *Salmo trutta*.



Fuente: Tomado de Habit & Victoriano (2005)

Se revisó la información disponible en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y se encontraron seis proyectos con información relevante sobre biodiversidad y que incluyen listados de especies, y en algunos casos sus coordenadas geográficas. No obstante, tienen una escasa representatividad a escala de humedal y de cuenca. De estos, ninguno está directamente sobre el Humedal.

- Concesión Autopista Concepción – Cabrero.
- Depósito de seguridad, etapa IV, Hidronor Copiulemu S.A
- Continuidad operativa relleno sanitario Hidronor Zona Sur Flora y vegetación.
- Plan de Desarrollo, Depósito de Seguridad Etapa IV Industrial, Hidronor Copiulemu S.A .
- Obra de Regulación y Retención de Sedimentos en Río Andalién, Región del Biobío
- Proyecto Biolantánidos

Los hallazgos bibliográficos resultaron solo de carácter informativo y de escasa utilidad específica para aportar a la delimitación del humedal ya que no incorporan explícitamente su ubicación, salvo el trabajo de Rojas et al. (2015) del cual se dispone de los datos separados por sitio de muestreo.

#### Revisión de datos georreferenciados

Para analizar la situación en la subcuenca de la distribución de la biodiversidad y en especial de algunos grupos de especies se realizó la descarga y el procesamiento de datos del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), iNaturalist y eBird. Estos datos georreferenciados de especies representan una base para la consideración de las especies efectivamente presentes en el Humedal y su cuenca aportante. Esta información fue complementada con los estados de conservación actualizados hasta el 15<sup>to</sup> proceso (Ministerio de Medio Ambiente)<sup>1</sup> con su estado biogeográfico (nativa/introducta) y con su

<sup>1</sup> <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>

taxonomía, a fin de realizar agrupaciones por tipos de especies. Para esto se descargó la base de datos del Inventario Nacional de Especies de Chile<sup>2</sup>.

Asimismo, en el Taller 2 del proyecto, se consultó a los participantes sobre puntos importantes desde el punto de vista de la biodiversidad, lo que fue espacializado a través de un visor web para su posterior análisis.

Finalmente, se recibió la valiosa contribución de Patricio Ortiz, Felipe Jara y Katherine Sanhueza, quienes compartieron sitios de descanso, alimentación y nidificación de aves migratorias y residentes del Humedal (ej. gaviota de Franklin, gaviotín elegante, zarapito común, pitotoy chico, rayador, pilpilén, perritos, cisnes, patos, siete colores, entre otras), observados y registrados sistemáticamente durante muchos años. Entre estos se incluyen sitios con presencia regular de más del 1% de la población global de Pilpilén común. Además, entregaron información sobre áreas de concentración de estas aves migratorias y residentes

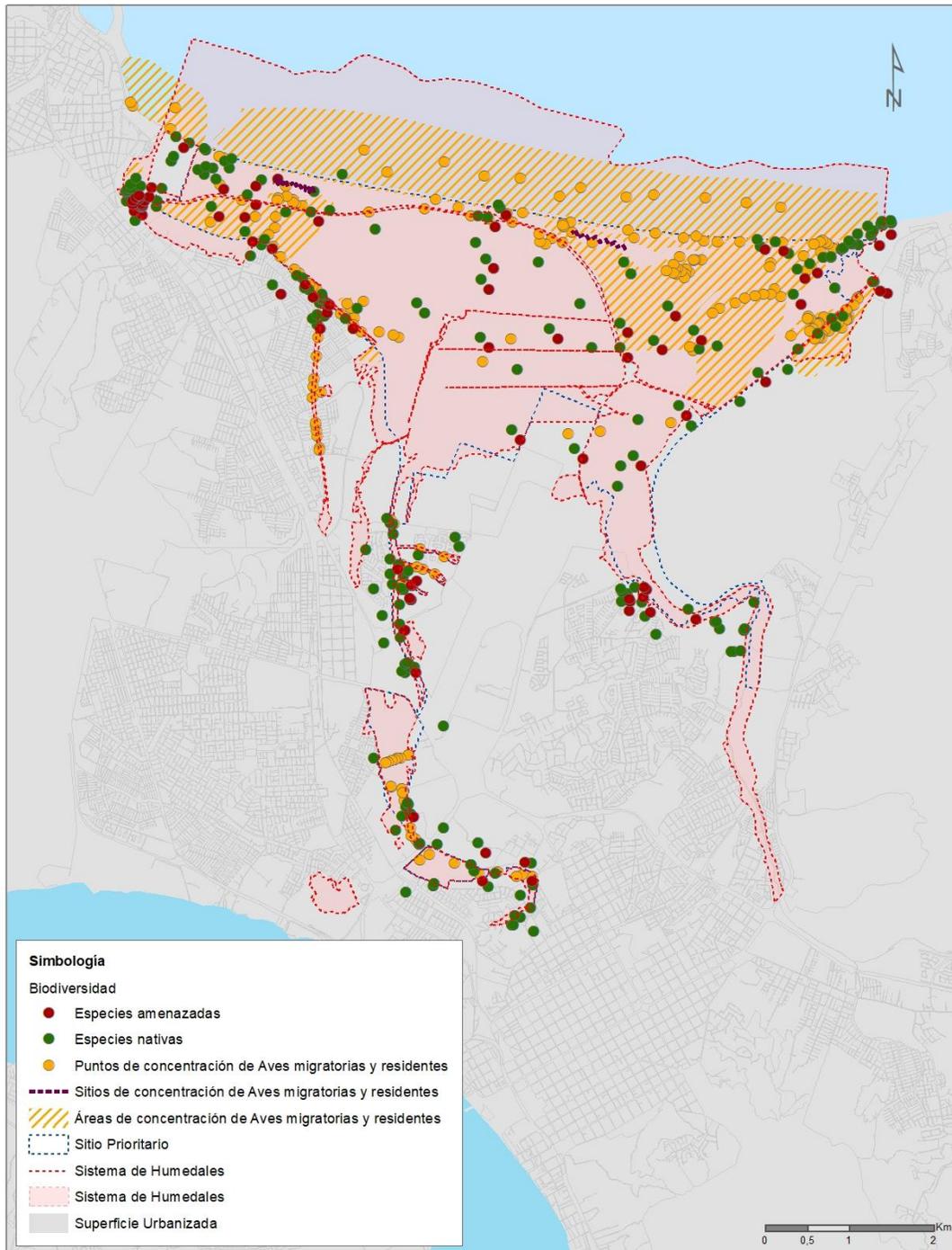
Esta información se representó cartográficamente a fin de contrastar la distribución espacial de la biodiversidad basada en registros puntuales de presencia en el humedal y su entorno.

Del conjunto de datos se observó especialmente la distribución espacial de todas las especies nativas presentes, incluyendo plantas, fauna e insectos; y en especial de las especies amenazadas, complementado esta información con la distribución de aves migratorias y residentes informadas por Ortiz y colaboradores (Figura 6)

---

<sup>2</sup> <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx>

Figura 6. Registros geocalizados de flora y fauna nativa y amenazada a partir de datos GBIF, SINIA, iNaturalist y ebird, y de sitios de concentración de aves migratorias y residentes aportada por Patricio Ortiz, Felipe Jara y Katherine Sanhueza



Fuente: Elaboración propia

b) Aspectos geomorfológicos-geológicos

Se realizó una descripción geológica-geomorfológica del Sistema Humedal. Para la geología se revisaron los antecedentes de autores como Galli (1967), Gajardo (1981) y SERNAGEOMIN (2003), las que en general no cambiaron en aspectos sustanciales referentes a las unidades descritas, sin embargo, Galli (1967) aportó mayor nivel de detalle a la zona costera. En el ámbito geomorfológico se realizó un levantamiento en dos etapas, en primer lugar, se efectuó una recopilación de antecedentes bibliográficos en revistas especializadas y tesis de pre y postgrado, fueron considerados los trabajos de Ilabaca (1980), Rojas et al., (2017) y Munizaga (2015) Posteriormente se confeccionó una carta geomorfológica para el sistema, la descripción se fundamentó en la clasificación de Verger et al. (1971), que considera formas del dominio litoral, dominio estuarial, dominio fluvial, por su relevancia se adicionó el dominio antrópico. Como base se consideraron las imágenes satelitales disponibles para el proyecto, la información fue contrastada con visitas a terreno.

### Geología

Según SERNAGEOMIN (2003), en la zona donde se localiza el Sistema Humedal y su área de influencia se identifican 4 unidades principales (Figura 7), fundamentalmente de origen sedimentario:

-*Secuencias sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno (Qm)*, compuesto por depósitos litorales de arenas y gravas de playas actuales. En términos de superficie, representa la mayor unidad con un 62,3%, se distribuye en áreas de menor altitud, principalmente desde el Humedal Vasco de Gamma y Cosmito hacia las zonas de playa y dunas.

-*Secuencias sedimentarias del Eoceno (E1c)*, caracterizadas por areniscas, lutitas y mantos de carbón. Comprende el 19,05% de la superficie total, geográficamente se puede localizar en sectores del Humedal Vasco de Gamma, Paicaví-Tucapel Bajo y en la ribera Este del Río Andalién próximo a su desembocadura.

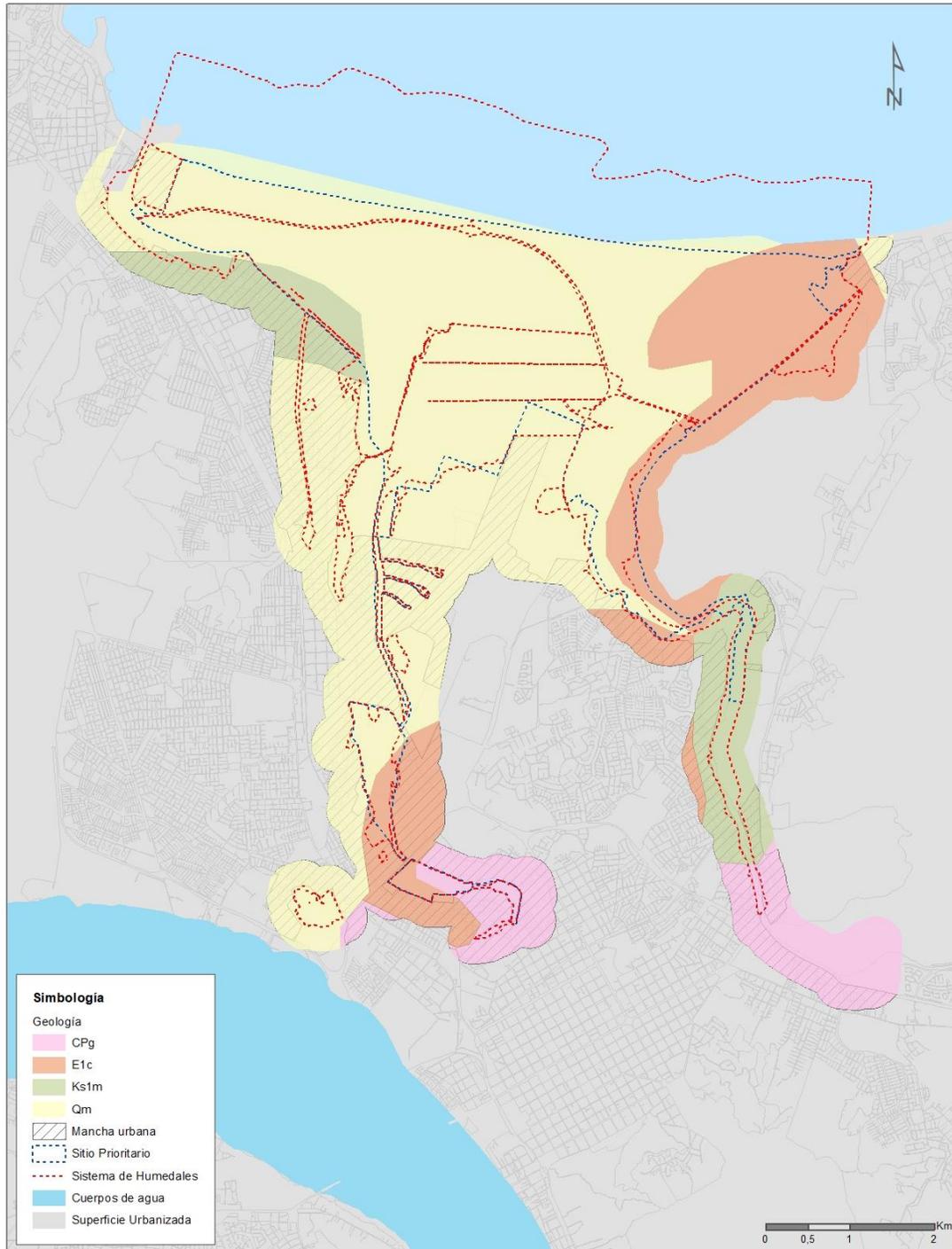
-*Secuencias sedimentarias del Cretácico Superior (Ks1m)*, las cuales corresponden a secuencias sedimentarias marinas de plataforma, litorales o transicionales (Formación Quiriquina–conglomerados y areniscas marinas-). Representa el 10,02% del área, en el sector Oeste del Humedal (comuna de Talcahuano) y aguas arriba de la curva de Cosmito en el Río Andalién.

-*Rocas intrusivas del Carbonífero-Pérmico (CPg)*, principalmente asociadas a granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita. Corresponden a la menor extensión, con un 8,5% principalmente en la Cordillera de la Costa en el sector sur del límite del Humedal. Su formación es la más antigua del área de estudio, siendo datada entre 328-235 millones de años.

Solamente la formación Qm y E1c son visibles en superficie (Munizaga, 2015). La primera formación (Qm), puede ser asimilada a lo descrito según Galli (1967) al cual denomina una formación de “Barro, turba y otros materiales, probablemente drenados” donde establece una ubicación desde el sector el Morro hasta el Río Andalién. Sus características, consisten en limo, arcilla, materiales orgánicos finos y turba con un color gris. El autor asocia estos depósitos al efecto de las mareas y las crecidas del Río Andalién, este último cubre grandes extensiones de la marisma durante los meses de invierno austral, lo que provoca los depósitos de arenas finas (Munizaga, 2015).

También establece otras dos formaciones importantes que se encuentran en el área del Sistema Humedal, la primera denominada “Arena Andalién (Qa)”, la cual tiene una localización en las llanuras construidas por el Río Andalién y las terrazas bajas. Su composición en general presenta arenas finas, con limos y arcillas, con una baja o nula cementación y un color castaño amarillento moderado. Estos depósitos obedecen en su mayoría a fragmentos de roca granítica de la Cordillera de la Costa.

Figura 7. Principales unidades geológicas



Fuente: Elaboración propia, a partir de cartografía adaptada de SERNAGEOMIN (2003)

## Geomorfología

Las áreas de menor altitud de las comunas de Talcahuano y Concepción se encuentran insertas en una depresión tectónica, con presencia de cerros islas de aproximadamente 60 metros de altitud. La geomorfología está afectada por la tectónica, la acción del mar y la acción del transporte de sedimentos de los sistemas fluviales Biobío y Andalién, en efecto, la consolidación de la llanura, del sistema de humedales, playas y dunas es reciente en términos geológicos (Mardones, 1978).

Según Ilabaca (1980), que entrega un primer acercamiento en detalle, basado en una cartografía escala 1:30.000. Para el área de interés, describe 7 unidades geomorfológicas (Figura 8): cordillera, cuerpos de agua, dunas, humedales, llanuras de inundación, terrazas de inundación y terrazas. Al extraer las unidades que se encuentran fuera del límite del Sistema Humedal (cordillera, terrazas; de mayor altitud), 5 unidades, principalmente de sedimentación, dominan el sistema. La principal, corresponde a humedales con un 62,9%, lo que incluye el sistema de marismas y palustres asociados a los sistemas fluviales Andalién y Biobío. El sistema de llanuras y terrazas de inundación representa el 12,7%, ambas formadas en las riberas del Río Andalién, mientras que el sistema de dunas correspondió al 7,5%.

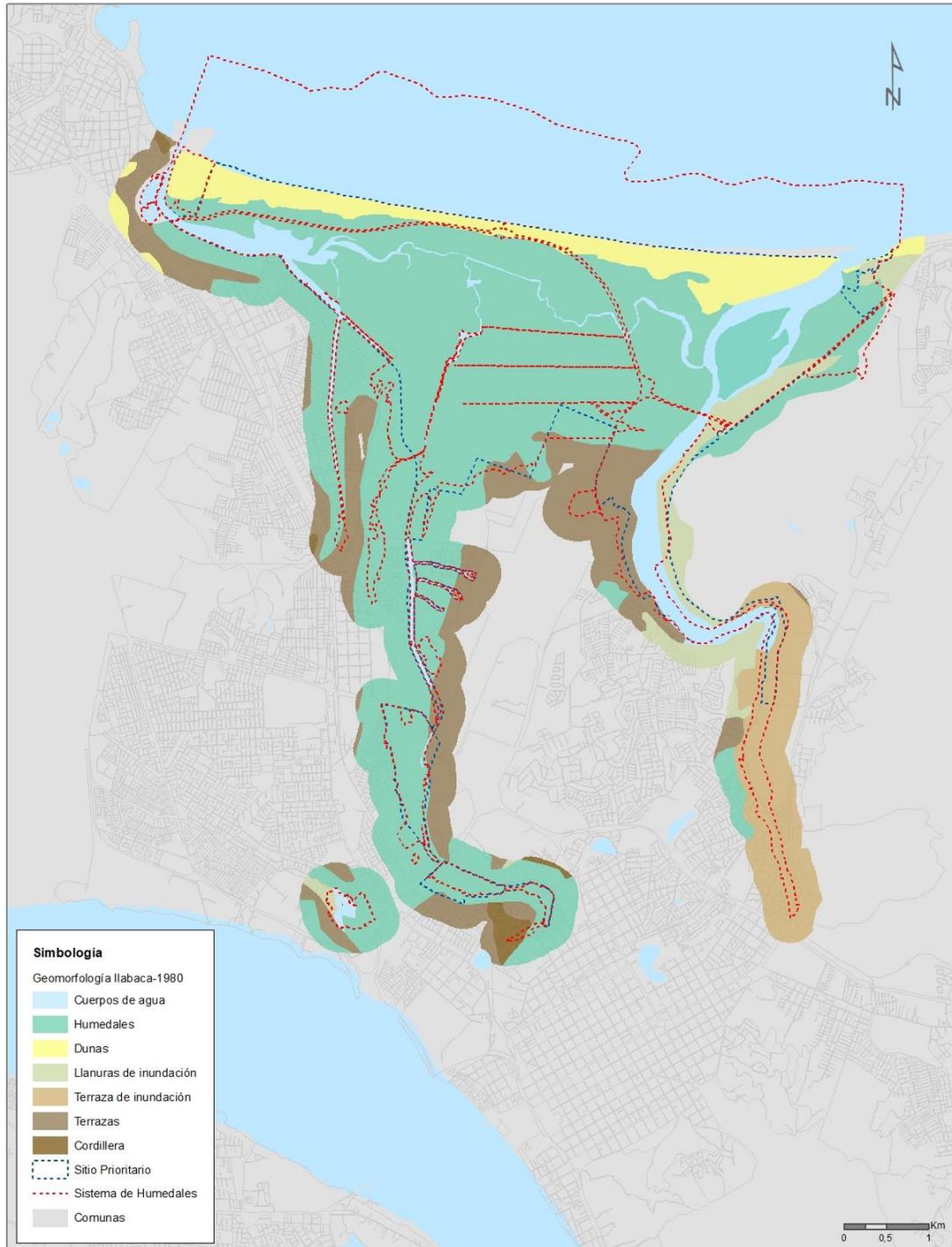
La cartografía geomorfológica para área de interés reconoce 14 unidades (Figura 9). Para el dominio litoral se identificaron 5 unidades que correspondieron al 29,7% del área, representadas por unidades con influencia reciente como: zona marina adyacente (1021 ha), playas (22 ha), dunas (228,8 ha); y unidades con herencia litoral, como: plataforma de erosión marina (127,6 ha) y llanura en arenas de dunas (209 ha). En términos de su caracterización destacan en extensión la playa, que se encuentra desde el límite del área urbana en Talcahuano, hasta la desembocadura del Río Andalién; adyacente a esta unidad es posible reconocer un extenso campo dunar litoral, clasificadas en dos categorías, antedunas monticulares y cordones dunares relictos cubiertos con vegetación detallada en el apartado de área de estudio (Munizaga, 2015).

El dominio estuarial representó el 26,5% de la zona de interés, integrado por tres unidades geomorfológicas. La principal unidad correspondió a la plataforma de marisma, extensa unidad de unas 1204 ha, sujeta principalmente a las variaciones de inundaciones diarias de mareas, en su interior se reconocen una serie de canales naturales y artificiales, los que controlan los niveles de inundación de las áreas más distales a la línea de costa. Por su parte el estuario comprende unas 209 ha, definido como una zona dinámica, sujeta a las variaciones estacionales de la marea, que condiciona la salinidad y la textura de los sedimentos en el sistema. Una comparación con la carta de 1980, destaca la construcción de un porcentaje importante de canales artificiales, en una superficie de 40,5 ha, dichos sistemas se comportan como áreas de transición entre los ambientes estuariales y de agua dulce, controlando la inundación periódica del humedal.

El tercer dominio correspondió al sistema fluvial, representa el 36,7% de la zona de interés, en 4 unidades. La mayor parte, queda representada por zonas ocupadas temporalmente por crecidas de cauces naturales y/o artificiales, como la llanura de inundación (1013 ha) y el paleocauce del Biobío (643 ha). Unidades como el humedal palustre y el Río Andalién, ocuparon 281 y 47 hectáreas respectivamente. Es importante destacar que las áreas indicadas han sido fuertemente urbanizadas por el "dominio antrópico".

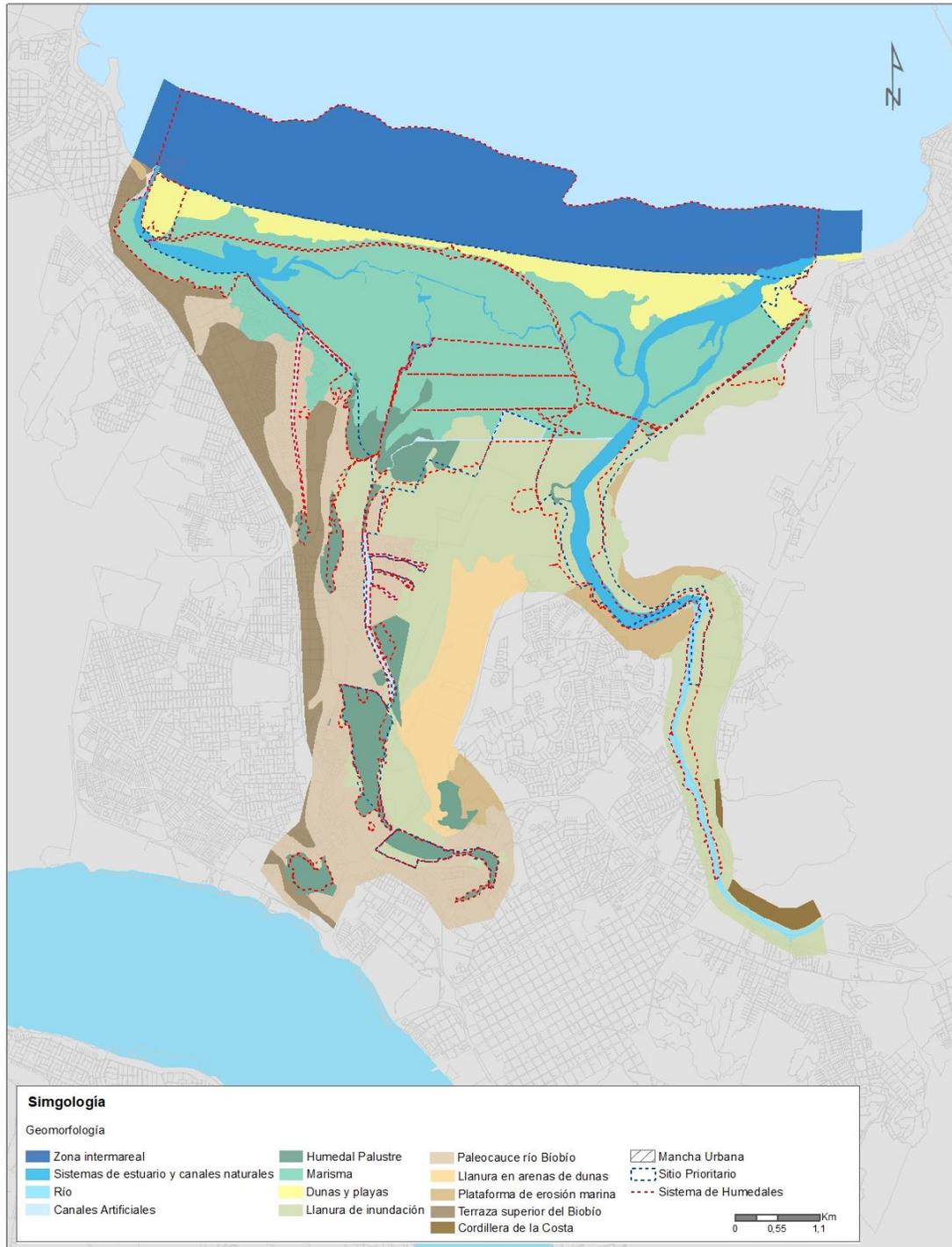
Efectivamente, de cara a reconocer la importancia de la influencia antrópica, la unidad dominio antrópico, representado por los diversos procesos de urbanización, ha provocado diversas transformaciones. Rojas et al., (2017), realizan un análisis geomorfológico desde 1943-2011 en el curso inferior del Río Andalién, sus resultados muestran que la superficie urbana se ha incrementado en 1457 ha, principalmente sobre relieves de acumulación (llanuras, humedales) (altitudes <8 m y pendientes <0,5) y con modificaciones que han reducido la superficie y longitud en la red hídrica adyacentes, lo que se ha traducido en una mayor exposición de los asentamientos a inundaciones fluviales.

Figura 8. Geomorfología (Ilabaca, 1980)



Fuente: Ilabaca (1980)

Figura 9. Geomorfología



Fuente: Elaboración propia

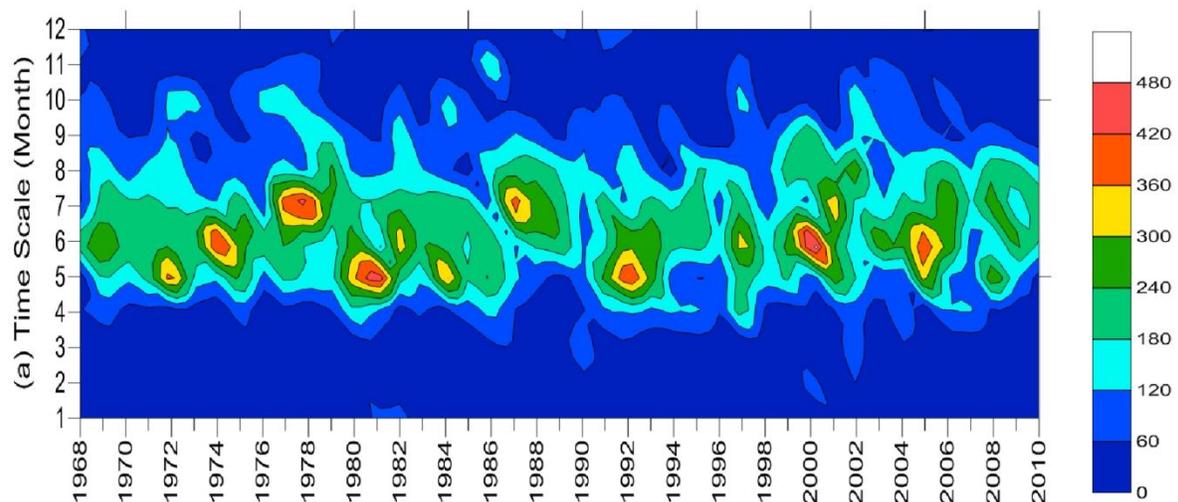
c) Aspectos hidrológicos

Se levantó información del Ministerio de Obras Públicas (Dirección General de Aguas y Dirección de Obras Hidráulicas), bases de datos científicas y de universidades. Se describieron las cuencas aportantes en términos topográficos, régimen hidrológico y sus respectivos caudales (mínimos, medios y máximos), fuentes superficiales aportantes y antecedentes hidrogeológicos (acuíferos) según información disponible. Además, se incluyó una descripción climática y estadística descriptiva de las precipitaciones basada en datos de estaciones cercanas.

- Precipitaciones

El clima de la zona de estudio corresponde al tipo mediterráneo templado con influencia oceánica (Csb), con veranos secos e inviernos húmedos. Las temperaturas y precipitaciones presentan un comportamiento estacional marcado, en efecto las temperaturas medias invernales rondan los 10°C, mientras que en época estival varían entre 16-20°C. Por su parte las precipitaciones muestran un comportamiento similar (Figura 10), la lluvia se concentra en invierno, durante los meses de mayo-agosto con umbrales que pueden sobrepasar los 300 mm mensuales, fuera de la época de invierno se presentan máximos secundarios en otoño y primavera, variables entre 60-180 mm mensuales, mientras que en verano las lluvias son episodios esporádicos.

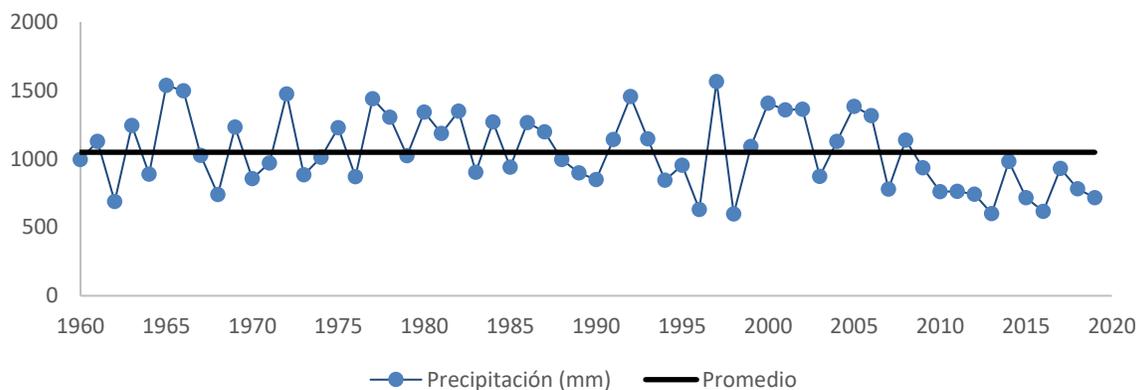
Figura 10. Comportamiento estacional de las precipitaciones por meses (time scale). Colores representan montos de precipitación mensual



Fuente: Rojas, 2015.

Respecto al comportamiento histórico de las precipitaciones, para Devynck (1970), la lluvia promedio anual se situaba en torno a los 1200 mm. Actualmente, ese monto decreció a 1048 mm en el período 1960-2020 y para la última década fue de 760 mm (Figura 11), correspondiendo al período de bajas precipitaciones denominado “mega-sequía”, aunque se proyecta una reversión parcial del déficit extraordinario de precipitaciones para las próximas décadas (Garreaud *et al.*, 2019).

Figura 11. Precipitaciones anuales estación Carriel Sur (DMC) 12 m.



Fuente: Elaboración propia

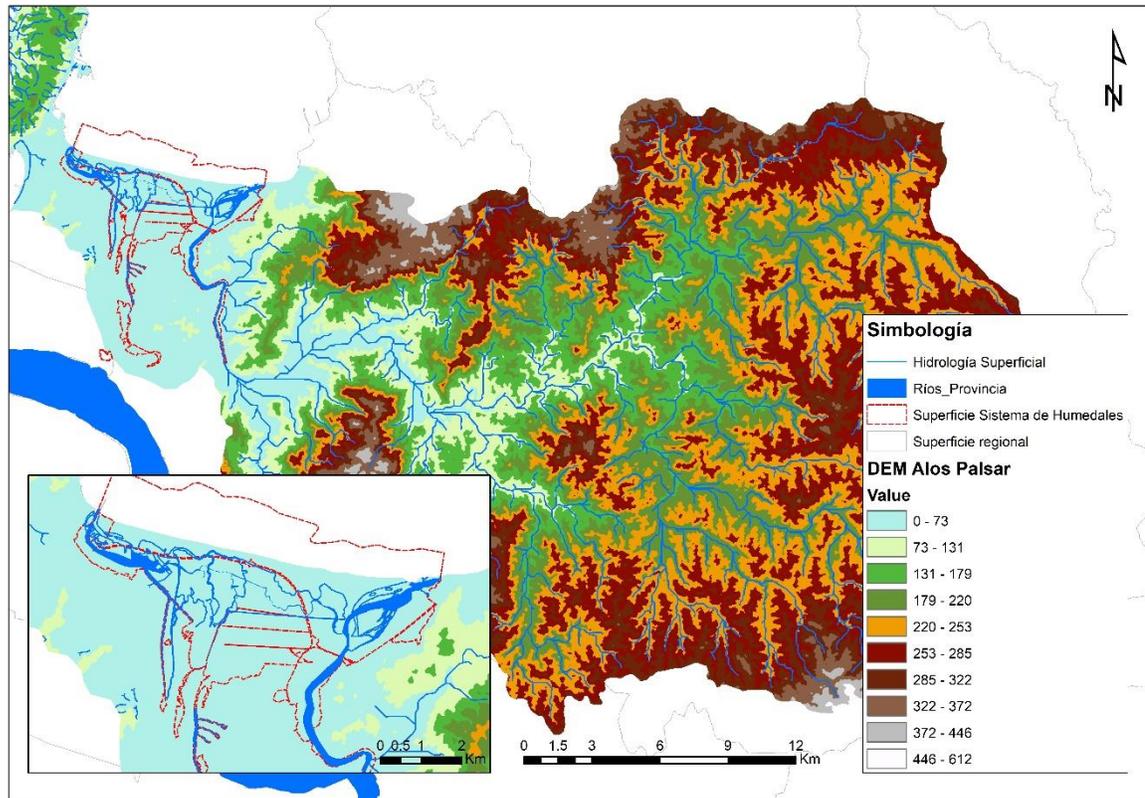
- Hidrología superficial

La hidrología del Sistema Humedal se alimenta de tres fuentes principales: a) hidrología superficial continental, b) aporte marino y c) aportes subsuperficial-subterráneos. A nivel superficial continental la principal fuente aportante corresponde a la subcuenca del Andalién (715 Km<sup>2</sup>), según Rojas (2015) es un sistema fluvial exorreico, dendrítico, de régimen pluvial de quinto orden, que drena los cordones costeros graníticos desde las comunas de Florida a Concepción, desemboca en la bahía del mismo nombre, tras recorrer 42,3 Km.

El comportamiento de los caudales es determinado mayormente por la estacionalidad de las precipitaciones. El caudal promedio anual alcanza los 14,3 m<sup>3</sup>/s en la estación de cierre de la cuenca, aunque en los últimos años producto del descenso de las precipitaciones se ha evidenciado un menor caudal; estudios recientes reportan una tendencia creciente de evapotranspiración y disminución significativa de flujos superficiales, posiblemente vinculado al aumento de plantaciones exóticas en la cuenca de 35,22% a 63,93% durante el período 1986-2011 (Martínez-Retureta et al., 2020). Estudios de caudales extremos, muestran que los valores de descarga pueden aumentar en varias órdenes de magnitud durante crecidas, por ejemplo: 183 m<sup>3</sup>/s (T=2), 565 m<sup>3</sup>/s (T=50) a 634 m<sup>3</sup>/s (T=100) en la estación fluviométrica Andalién camino a Penco. El principal afluente del Río Andalién en la sección inferior corresponde a la cuenca del Estero Nonguén, que aporta un 13% de su caudal durante crecidas (Rojas et al., 2017a; Arrau Ingeniería E.I.R.L., 2012).

A nivel artificial destacan los canales El Morro y Canal Ifarle localizados al oeste del Sistema Humedal. El Canal Ifarle fue construido como sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias bajo el enfoque tradicional de soluciones para inundaciones, diseñado para un periodo de retorno de 100 años, drena una superficie aproximada de 400 ha. Al igual que el Río Andalién, las precipitaciones son un aporte importante para el aumento de caudales, mientras que, en verano, los caudales disminuyen y mantienen un funcionamiento hidrológico con aportes provenientes desde el nivel freático cercano a superficie y de las mareas en los sectores más cercanos a la línea de costa (ver apartado de mareas). El Canal Ifarle posee actualmente proyecciones de ampliación, las obras deberán considerar lo establecido en la Ley de Humedales Urbanos, especialmente en el punto referido al “*diseño y construcción de infraestructura que pueda afectar al humedal, deberán ser compatibles con la mantención de la conectividad biológica, su estructura, funcionamiento y la conservación de hábitats*”

Figura 12. Principales cursos hídricos superficiales de la subcuenca



Fuente: Elaboración propia

- Hidrología subsuperficial-subterránea

Aunque los aportes de escorrentía superficial pueden disminuir en época estival, los flujos superficiales-subterráneos son un importante aporte para mantener el Sistema Humedal (en conjunto con las mareas). El área de interés y los humedales se localizan en el denominado “Acuífero Talcahuano”, el cual se alimenta de 5 cuencas de drenaje de forma superficial, subsuperficial o subterránea. Las entradas al acuífero provienen principalmente de la recarga directa de lluvias y la infiltración de ríos, mientras que las principales salidas son subterráneas al mar y afloramientos (indicativo de régimen natural) (DGA, 2013).

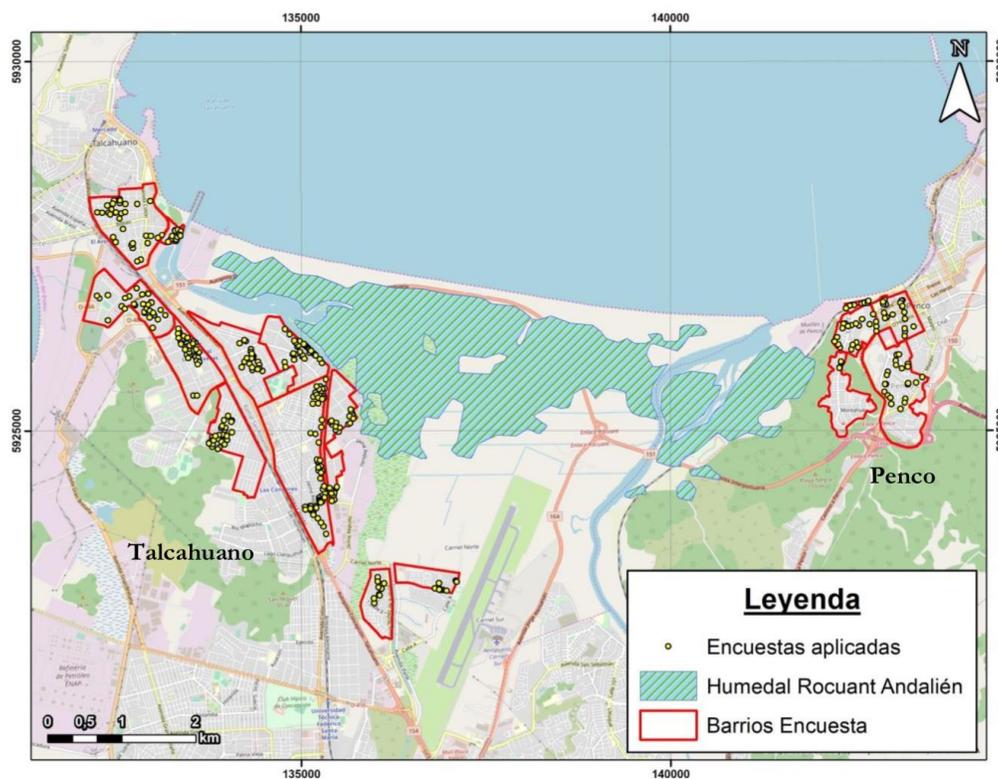
Es importante destacar, que las zonas de humedales y marismas, son propensas a estar permanentemente anegadas y no solo en estaciones lluviosas, según SERNAGEOMIN (2010), dicha condición se asocia con una topografía deprimida y malas condiciones de drenaje. En el caso de la marisma Rocuant-Andalién, se localiza en una terraza inferior (o llanura), con niveles máximos de altitud de 4 m, la que disminuye hacia los canales del Morro y la desembocadura del Andalién, dicha unidad presenta una baja permeabilidad, lo que se traduce en áreas de anegamiento en invierno, así como también un nivel freático cercano a la superficie (Ilabaca, 1980).

d) Aspectos culturales

**Encuesta Biofilia Urbancost**

En primer lugar, se revisaron antecedentes previos del Humedal Rocuant-Andalién, procedente de la encuesta de percepción de *Biofilia* que levantó el equipo de investigación el año 2019 para los humedales Los Batros en San Pedro de la Paz y Rocuant-Andalién en Talcahuano-Penco (Villagra et al., 2020). Esta encuesta se encuentra georeferenciada y corresponde a una base de datos que contiene información respecto de 5 barrios de la comuna de Penco y 12 barrios de la comuna de Talcahuano, sobre percepción de valores de biofilia de 370 personas que habitan los alrededores del Humedal Rocuant-Andalién (Figura 13), cabe señalar que previamente este instrumento fue analizado por Moraleda (2019) en su tesis de Magíster.

Figura 13. Distribución de los encuestados



Fuente: : *Elaboración propia, 2019.*

Una de las respuestas de la encuesta, corresponde a la definición de humedal con la que se identifica más la persona encuestada, habían 4 opciones en la encuesta original, (i) una que respondía a la dimensión ecológica (resaltando elementos como el equilibrio ecológico del humedal), (ii) dimensión negativa (resaltando características negativas atribuidas a los humedales como la generación de malos olores por aguas estancadas e inundaciones o basura), (iii) dimensión productiva (resaltando el vínculo de los humedales con la agricultura a pequeña escala) y (iv) una dimensión cultural (resaltando la realización de actividades y manifestaciones culturales en relación a ellos). Por tanto, esta última dimensión nos permitía hacer un pre-diagnóstico sobre si los valores culturales eran valorados.

Preguntas ¿Qué es para Ud. un humedal?

1. Área que presenta condiciones ambientales bajo un delicado equilibrio ecológico, donde interactúan los ámbitos (sistemas) terrestres, atmosférico y acuático.
2. Terrenos húmedos debido a aguas estancadas y desperdicios domésticos que generan mal olor e inundaciones en tiempos de lluvia.
3. Son terrenos altamente productivos para la agricultura, generador de trabajo a pequeña escala.
4. Son terrenos utilizados para costumbres ancestrales y ritualidades.

La encuesta realizada en 2019, indica que la mayor valoración fue para la dimensión ecológica del humedal, reconociendo el sistema ecológico, respecto de los valores biofílicos, los más resaltados son los atributos simbólico y negativista. Por tanto, solo el simbólico es atribuible a los aspectos culturales. En ese sentido la muestra respondió positivamente a las afirmaciones “Al estar en el humedal me siento más cercano a mis creencias espirituales” y “Me gustaría destinar un espacio del humedal en memoria de un ser amado”.

#### Encuesta previa al taller 0

Para obtener datos actualizados se diseñó un nuevo instrumento digital aplicado via online que se envió a los integrantes del Comité Técnico Local, al cual se incorpora la pregunta sobre la definición del humedal según los atributos de biofilia (Tabla N°1: Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales del Sistema Humedal Rocuant- Andalién, Vasco de Gama, Paicaví - Tucapel Bajo). La encuesta online se realizó en octubre 2020 previo al taller de indentificación, con la finalidad de conocer además de estos valores, las actividades culturales que realizan en el Sistema de Humedales Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo. Por tanto, el levantamiento de información de aspectos culturales se realizó mediante encuestas, actividades de participación ciudadana con el Comité Técnico Local, y la revisión de iniciativas culturales presentes en los distintos Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO's) de las comunas de Concepción, Talcahuano, Penco y Hualpén.

El levantamiento de información comenzó con la aplicación de la encuesta, luego la identificación de actividades culturales en los talleres organizados por CODEFF – Audubon, en el marco del proyecto “Plan de Acción de Conservación del Humedal Rocuant-Andalién” (PAC-HRA) que también permitió conocer la percepción de la biofilia del Sistema Humedal. La encuesta fue contestada por 29 participantes del Comité Técnico Local y la ejecución de los talleres se realizó en tres jornadas; cada una destinada a un sector del comité. Urbancost estuvo a cargo de 1 hora por jornada realizada; donde se trabajó de manera remota por medio de la plataforma Zoom (Más detalles del Taller Sociocultural en el apartado de participación ciudadana).

La encuesta consistió en preguntas abiertas y cerradas, que permitieron identificar a los/las participantes, conocer su nivel de vinculación al territorio y percibir el nivel de biofilia respecto al Sistema Humedal.

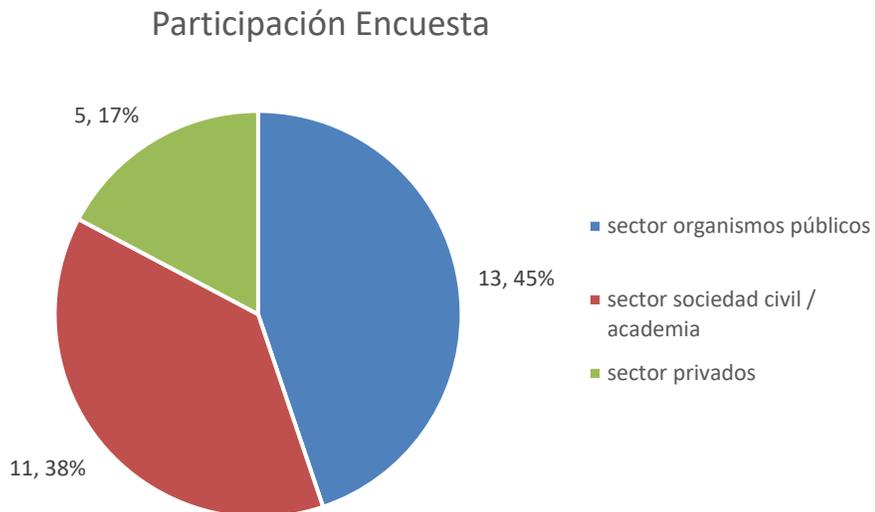
Tabla 1. Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales del Sistema Humedal Rocuant- Andalién, Vasco de Gama, Paicaví - Tucapel Bajo.

<b>1. Agrupación/ Institución /Empresa que representa:</b> _____				
<b>2. Cargo:</b> _____				
<b>3. Comuna donde se desempeña:</b>				
a) Talcahuano	b) Penco	c) Hualpén	d) Concepción	e) Otro
<b>4. ¿Cuánto tiempo lleva en el cargo/agrupación? :</b> _____				
<b>5. Sector del Sistema Humedal al cual se vincula su trabajo:</b>				
a) Rocuant Andalién Sector Talcahuano		b) Rocuant Andalién Sector Penco		
c) Rocuant Andalién Sector Área Metropolitana		d) Rocuant Andalién Sector Vasco de Gama, Hualpén		
e) Rocuant Andalién Sector Paicaví - Tucapel Bajo, Concepción		f) Otro		

<b>6. ¿Qué es un humedal para usted?:</b>			
a) Es un área natural que presenta condiciones ambientales, con un delicado equilibrio ecológico, donde interactúan los ecosistemas terrestres, atmosféricos y acuáticos.		b) Son terrenos húmedos debido a sus aguas estancadas; junto a desperdicios domésticos generan mal olor e inundaciones en tiempos de lluvia.	
c) Son terrenos altamente productivos para la agricultura u otras actividades, generadores de trabajo a pequeña escala.		d) Son terrenos naturales utilizados para costumbres ancestrales y ritualidades.	
e) Otro			
<b>7. ¿Considera usted, que el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo aporta aspectos culturales a su entorno?:</b>			
a) Si		b) No	c) No sabe
<b>8. ¿Sabe o reconoce actividades socioculturales que se realicen en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo?:</b>			
a) Si		b) No	c) No sabe
<b>9. Nombre las actividades socioculturales que reconoce/desarrollan en el Sistema Humedal Rocuant- Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo: _____</b>			
<b>10. Usted o la agrupación/institución que representa ¿Desarrolla/n actividades socioculturales en Sistema Humedal?:</b>			
a) Si		b) No	C) No sabe
<b>11. ¿Qué tipo de actividades desarrolla/n en este/estos lugar/lugares? (Puede marcar más de una opción):</b>			
a) Investigación	b) Recreación	c) Espiritual	d) Deporte
e) Trabajo	f) Educación	g) Fotografía	h) Turismo
i) Otro			
<b>12. Especifique, ¿Qué actividades socio-culturales desarrolla en el Sistema Humedal?: _____</b>			
<b>13. Según su experiencia y apreciación personal, ¿Cuáles serían las acciones y/o actividades socio-culturales que desarrollaría o implementaría en el Sistema Humedal? ¿Por qué? : _____</b>			
<b>14. Respecto al Sistema Humedal, ¿Con cuál de las siguientes frases/oraciones se identifica? (Puede marcar más de una opción):</b>			
a) Debemos salvar el humedal porque es útil para nuestro barrio		b) Necesitamos preocuparnos sólo de las áreas del humedal que son de utilidad para nosotros	
c) Disfruto cuidando del humedal		d) Me gusta recolectar cosas del humedal	
e) Me gustaría aprender más sobre el humedal		f) Necesitamos conocer más sobre las especies y del funcionamiento del humedal	
g) Me gusta caminar y observar el humedal		h) Me gusta la belleza del paisaje del humedal	
i) Al estar en el humedal me siento más cercano a mis creencias espirituales		j) Me gustaría destinar un espacio del humedal en memoria de un ser amado	
k) Tenemos el deber de cuidar el humedal		l) Tengo simpatía por los defensores del humedal	
m) Siento una fuerte conexión con el humedal		n) Me siento triste cuando el humedal está sucio y/o contaminado	
o) Somos parte del humedal y éste influye en nosotros y el entorno en que vivimos		p) Podemos cambiar el humedal para satisfacer nuestras necesidades	
q) El humedal me da susto en la noche		r) El humedal es un lugar de delinquentes	
s) Ninguna de las frases u oración me identifica			
<b>15. ¿Cuál es su expectativa respecto al sistema humedal, de aquí a 5 años? : _____</b>			

La encuesta fue respondida por 29 participantes del Comité Técnico Local, de los cuales el 45% (13 respuestas) son de organismos públicos, mientras que el 38% (11 respuestas) provino del sector sociedad civil/academia (Figura 14). Finalmente, 5 respuestas que corresponden al 17% pertenecen al sector privado.

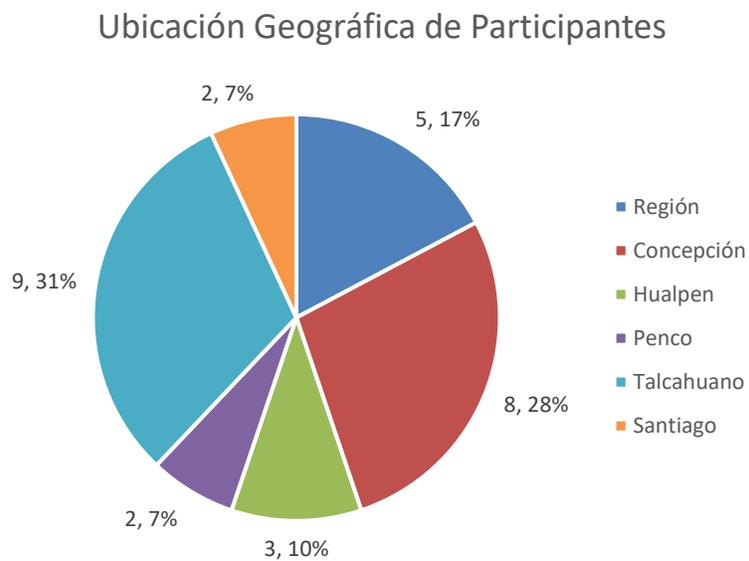
Figura 14. Participación total en la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la distribución geográfica del cumplimiento de labores, el 59% del CTL desempeña funciones y/o actividades en las comunas de Talcahuano y Concepción, mientras que un 17% responde a competencias regionales. Por otro lado, las comunas de Hualpén y Penco tienen menor participación en el comité. Las 2 respuestas provenientes de la Región Metropolitana corresponden a 2 estudiantes en práctica del Comité por la Defensa de la Flora y la Fauna (CODEFF) (Figura 15).

Figura 15. Ubicación geográfica de los participantes de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales



Fuente: Elaboración propia.

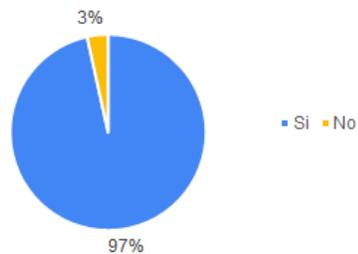
En relación a la vinculación territorial que existe en el Comité Técnico Local con el Sistema Humedal, podemos señalar que casi en su totalidad (28 respuestas) reconocen el aporte cultural del Sistema Humedal al entorno (Figura 16). Además un 86%, (25 personas) responden tener conocimiento acerca de actividades socioculturales realizadas en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo (Figura 17). Al consultar sobre el desarrollo de actividades de parte de los representantes, el 62% respondió que sí desarrolló actividades en el sistema descrito, sin embargo casi un tercio de los encuestados no realizaron ningún tipo de actividades socioculturales vinculadas al sistema humedal (Figura 18).

Dentro de las actividades señaladas, se destaca el desarrollo del turismo de aves según estacionalidad, con la elaboración de guías mediante la fotografía y la educación ambiental; visitas guiadas en alianza con establecimientos educacionales, jornadas de información y caminatas que se complementan con actividades de limpieza y mantenimiento del humedal; estudios de los diversos parámetros de los humedales; actividad pesquera que incluye recreación y esparcimiento; jornadas culturales en las que se desarrollan, como por ejemplo conciertos musicales, y lecturas poéticas. Se señala que sería una buena oportunidad para la instalación de letreros que fomenten el respeto por el espacio y la protección por las áreas naturales; realización de deportes.

Con respecto a los lugares donde se desarrollan las actividades mencionadas, se considera el sector Rocuant y el Canal Ifarle en Talcahuano, Río Andalién a la altura de Lomas de San Sebastián, Canal El Morro, diversas lagunas tales como Lo Méndez, Lo Custodio y Lo Galindo, Playa Negra en Penco y su conexión con Playa Rocuant-Andalién y finalmente, Humedal Vasco de Gama en la comuna de Hualpén.

Figura 16. Respuestas a pregunta 7 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales

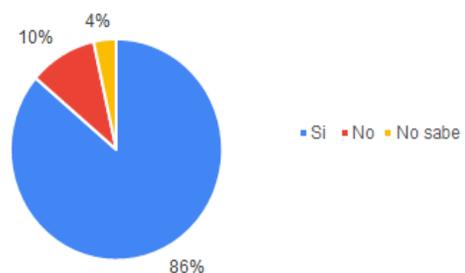
**¿Considera usted, que el Sistema Humedal Rocuant- Andalién, Vasco de Gama, Paicaví - Tucapel Bajo aporta aspectos culturales a su entorno?**



Fuente: Elaboración propia

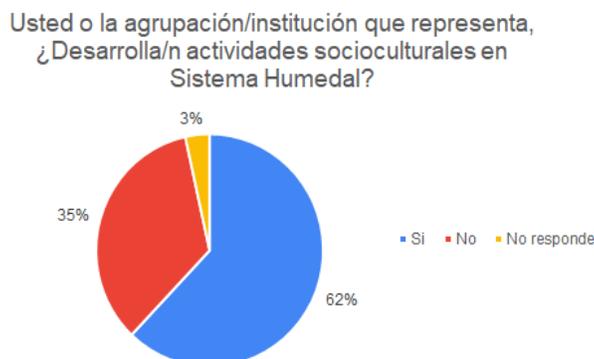
Figura 17. Respuestas a pregunta 8 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales

**¿Sabe o reconoce actividades socioculturales que se realicen en el Sistema Humedal Rocuant- Andalién, Vasco de Gama, Paicaví - Tucapel Bajo?**



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Respuestas a la pregunta 10 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales



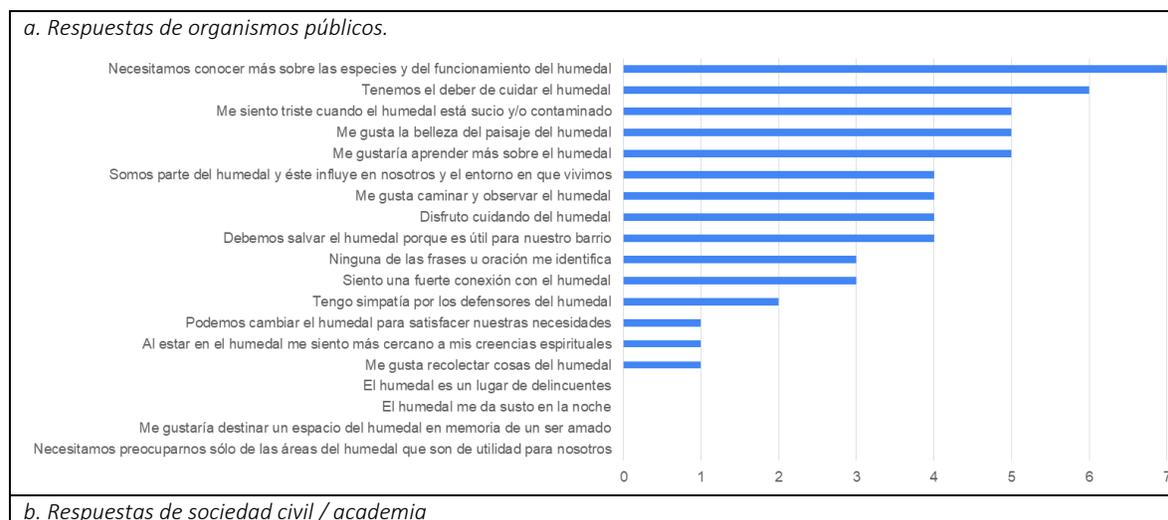
Fuente: Elaboración propia

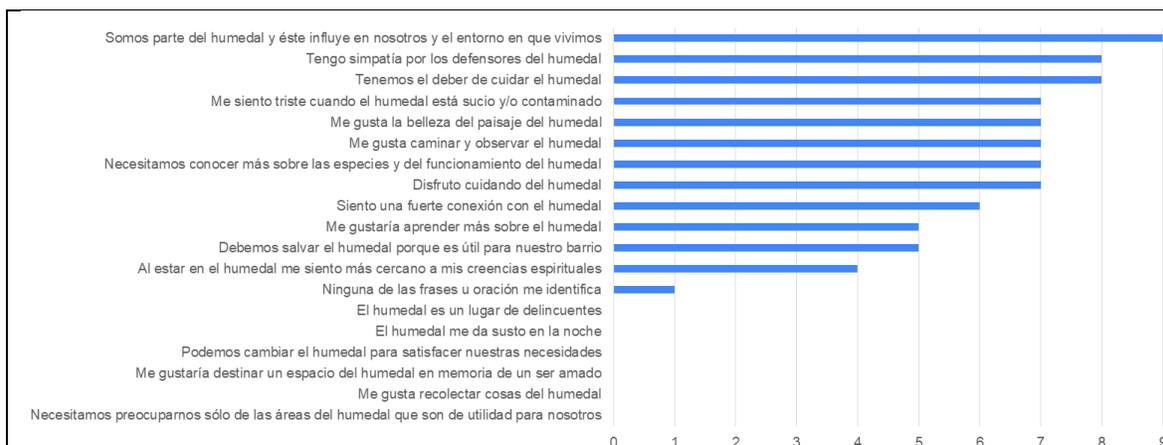
En relación a los valores de biofilia, los organismos públicos tienden a valorar los aspectos ecológicos-científicos como “conocer más sobre las especies del humedal” y aspectos humanistas como “tenemos el deber de cuidar el humedal” y menos los valores dominantes “podemos cambiar el humedal para satisfacer nuestras necesidades”, valores simbólicos como “al estar en el humedal me siento más cercano a mis creencias espirituales” y naturales como “me gusta recolectar cosas en el humedal”.

En el caso de los actores privados, coincide con sociedad civil y la academia, presentándose el valor dominante como “somos parte del humedal y éste influye en nosotros y en el entorno que vivimos” y en segundo lugar valores ecológicos-científicos como “necesitamos conocer más sobre las especies y el funcionamiento del humedal”.

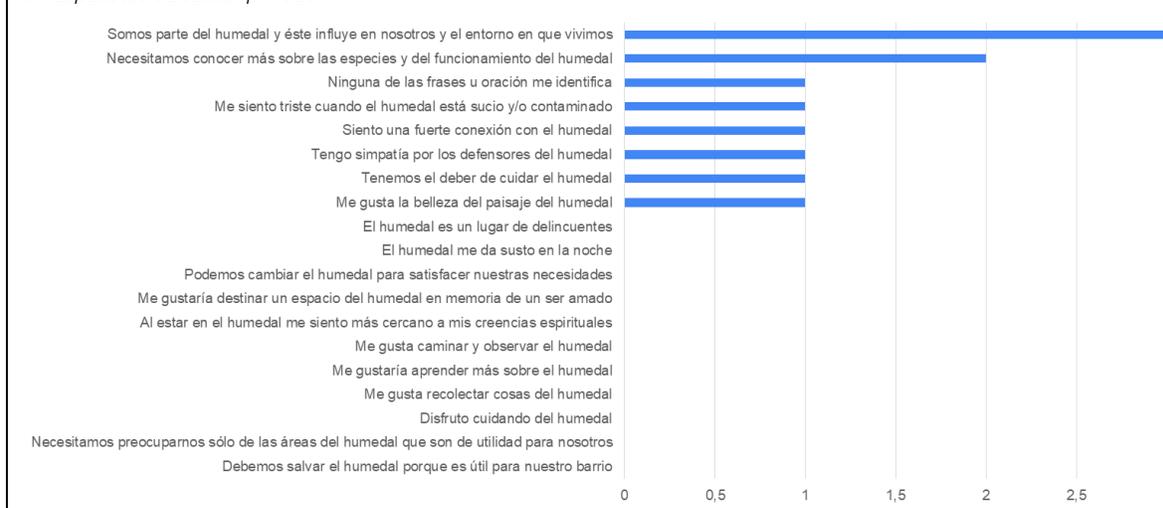
Cabe destacar que ninguno de los actores valoró aspectos negativos del Humedal, asociados al miedo “el humedal me susto por la noche” y/o “ el humedal es un lugar de delincuentes”

Tabla 2. Respuestas a la pregunta 14 sobre Biofilia de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales agrupadas por tipo de encuestados





*c. Respuestas de sector privado*



Fuente: *Elaboración Propia*

**Reconocimiento del Humedal (Actividad 1 de taller 0, Nube de palabras)**

La actividad interactiva N°1 del taller 0, consistió en ingresar a la aplicación Mentimeter y escribir 3 palabras que identifican o reconocen de forma intrínseca al Sistema Humedal. Las palabras que presentaron mayor repetición tomaron mayor tamaño y se localizan hacia el centro de la nube. Para el sector de organismos públicos la definición de “naturaleza y recreación” fueron las más mencionadas (3 veces cada una); sin embargo la recreación también es mencionada de manera distinta “lugar de recreación”, por tanto la recreación sería la principal asociación generada por los servicios públicos para un Humedal. También a partir de distintos conceptos se nombró a la conservación (Figura 19).

Para los representantes de la sociedad civil / academia, la asociación preferida para definir un Humedal al igual que en los representantes de organismos públicos, fue “naturaleza”, seguido por “ecosistema” y “vida” (Figura 19); se repite de distintas maneras la definición “servicios ecosistémicos”, haciendo mención a la regulación, el agua, reducción de riesgos, aprendizaje, sumidero de carbono. También se destaca las apreciaciones vinculadas de relaciones sociales como “respeto”, “historia”, y “armonía”.

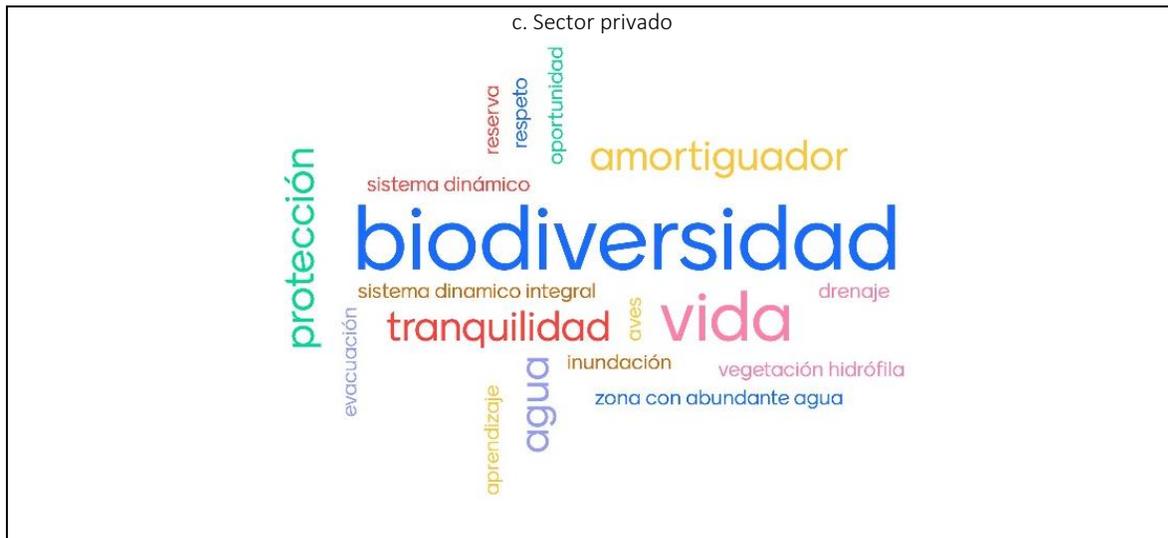
Finalmente, para los participantes de organismo privados (Figura 19), la “biodiversidad” fue la definición más repetida entre los conceptos, destacaron también “vida”, al igual que el sector de la sociedad civil, hicieron referencia a los servicios ecosistémicos que brindan los Humedales por ejemplo “drenaje”, “agua”, “amortiguador”. Reconocieron a los Humedales como sistemas dinámicos que presentan “oportunidades”, pero no se especificó el tipo de oportunidades.

Con esta actividad se pudo evidenciar que:

- La definición de humedal esta principalmente asociada a su condición de ecosistema natural que presenta gran diversidad (vida).
- El Comité Técnico Local, reconoce algunos de los servicios ecosistémicos brindados por los Humedales.
- El reconocimiento de la biodiversidad es transversal en las y los participantes del Comité Técnico Local.
- Los organismos públicos dan más valor a la recreación.

Figura 19. Respuestas a la pregunta: “Represente, en 3 palabras, ¿Qué es un humedal para usted?”





Fuente: Elaboración propia, con plataforma Mentimeter

### Evaluación de aspectos socio-culturales (Actividad 2)

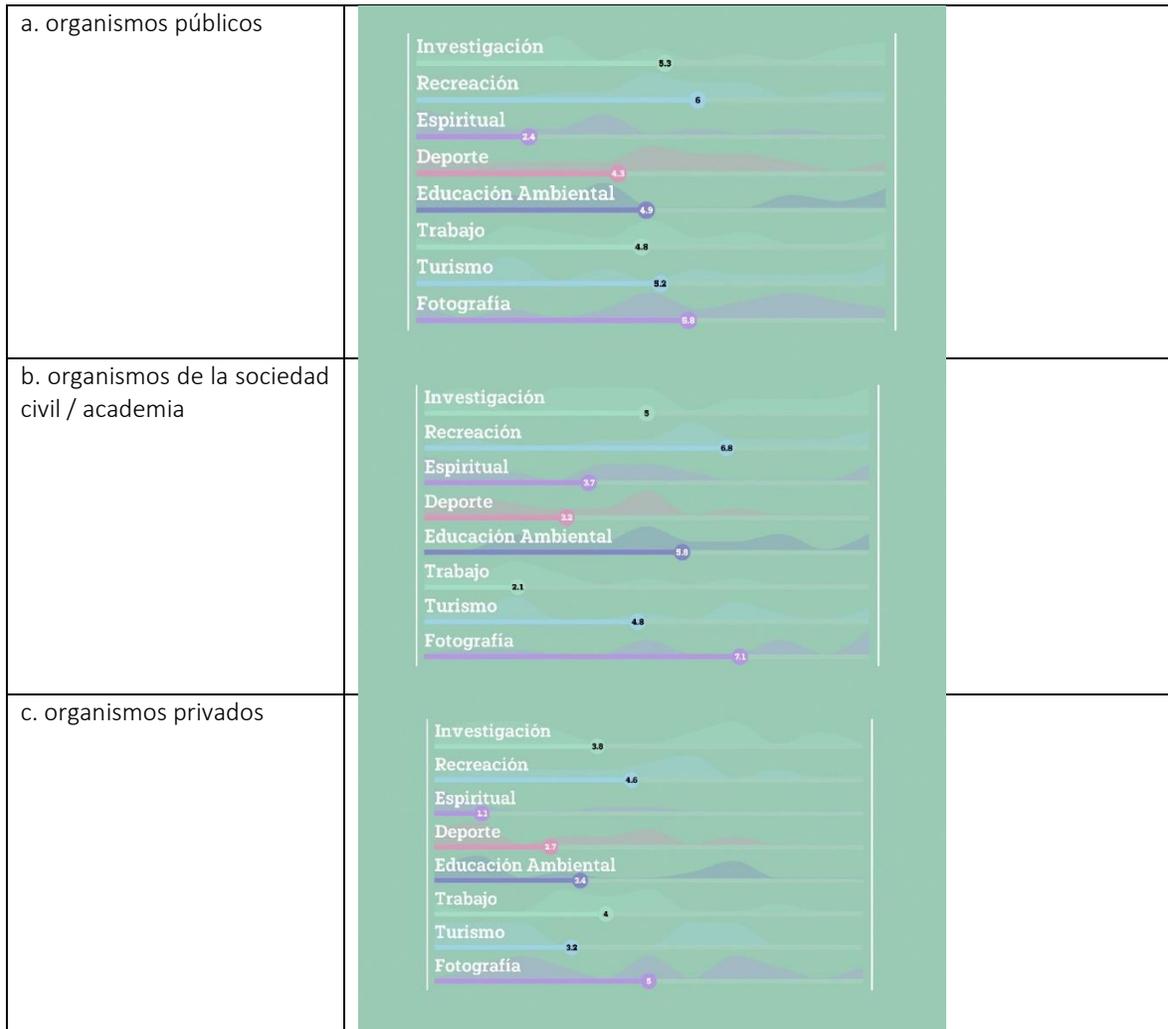
Para el sector **organismos públicos**, se registraron 17 respuestas, primero se solicitó que se ponderaran (pregunta 2.1) las actividades más desarrolladas en el Sistema Humedal; en el sector de representantes de organismos públicos, la actividad que obtuvo una mayor valoración, en una escala de 1 a 10, fue la recreación (6), seguido de la fotografía (5.8); casi con la misma valoración se encontraron investigación (5.3) y turismo (5.2). Luego, en la pregunta 2.2, se solicitó priorizar las actividades otorgan mayor valor al Sistema Humedal, resultó en primer lugar la educación ambiental, segundo la investigación y tercero la recreación. Finalmente en la pregunta 2.3, se pidió indicar qué actividades debieran ser consideradas para la delimitación; entre las más mencionadas destacan las actividades relacionadas a la educación ambiental y al turismo de avistamiento de aves.

Para el sector de **organismos de la sociedad civil / academia**, se registraron 14 respuestas, donde se aplicaron las mismas preguntas; respecto a la ponderación que se obtuvo de las actividades más desarrolladas en el Sistema Humedal (pregunta 2.1); este sector, valoró con mayores puntuaciones la fotografía (7.1), la recreación (6.8) y la educación ambiental (5.8); aquellas que obtuvieron la menor valoración fueron el trabajo (2.1) y deporte (3.2). Luego, en la pregunta 2.2, al priorizar las actividades que otorgan mayor valor al Sistema Humedal, resultó en primer lugar la investigación, segundo la educación ambiental y tercero la fotografía. Estos resultados, coincidieron con el sector de organismos públicos, al valorar en primer y segundo lugar la educación ambiental y la investigación. Finalmente, en la pregunta 2.3, se indicó que las actividades debieran ser consideradas para la delimitación; son aquellas relacionadas con el turismo de avistamiento de aves y la educación ambiental.

Para el sector de **organismos privados**, se registraron 10 respuestas, donde se aplicaron las mismas preguntas; respecto a la ponderación que se obtuvo de las actividades más desarrolladas en el Sistema Humedal (pregunta 2.1); este sector, valoró con mayores puntuaciones la fotografía (5), la recreación (4.6) y el trabajo (4); aquellas que obtuvieron la menor valoración fueron las actividades relacionadas al ámbito espiritual (1.1) y deporte (2.7). Luego, en la pregunta 2.2, al priorizar las actividades que otorgan mayor valor al Sistema Humedal, resultó en primer lugar la investigación, segundo la educación ambiental y tercero la recreación. Estos resultados, coincidieron con el sector de organismos públicos en su totalidad y con el sector de representantes de la sociedad civil, al valorar en primer y segundo lugar la educación ambiental y la investigación. Finalmente en la

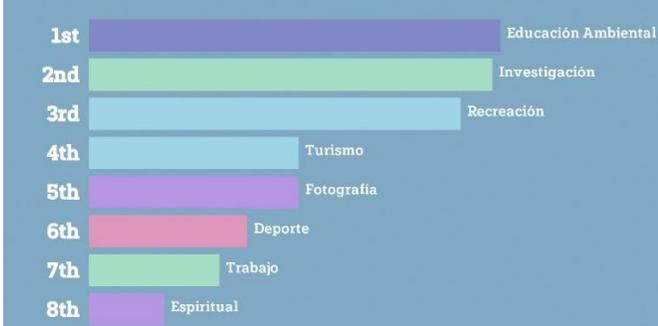
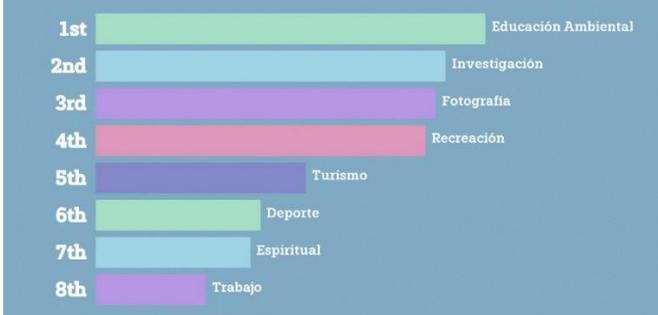
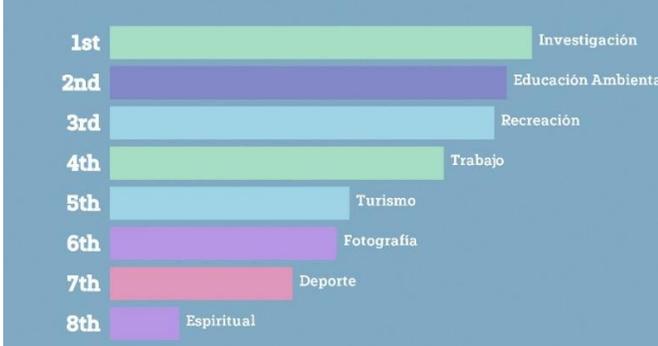
pregunta 2.3, se indicó que las actividades debieran ser consideradas para la delimitación; se mencionó que la delimitación debiese estar enfocada en aspectos técnicos o en relación a los usos del territorio.

Tabla 3. Respuestas a pregunta 2.1 ¿Cuáles son las actividades socioculturales más desarrolladas actualmente en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Pacaiví-Tucapel Bajo?



Fuente: Elaboración propia, con plataforma Mentimeter

Tabla 4. Respuestas de **organismos** a pregunta 2.2 ¿Qué actividades socioculturales priorizaría para valorar el Sistema Humedal?

a. organismos públicos		
b. organismos de la sociedad civil / academia		
c. organismos privados		

Fuente: Elaboración propia, con plataforma Mentimeter

Tabla 5. Respuestas de **organismos públicos** a pregunta 2.3 ¿Qué actividades socioculturales incluiría para la delimitación del Sistema Humedal?

"Centro de educación ambiental"	"Recolección de plantas medicinales o hierbas"	"Participación – Gobernanza"
"Sector de avistamiento de aves"	"Miradores y pasarelas para observación de aves"	"Trabajo"
"Infraestructura"	"Una actividad teórico-práctica. Ir a terreno con una persona experta y que se indique el porqué cierto punto geográfico es humedal y aclarar dudas,	"Miradores para avistamientos"

	aprender en conjunto. Saber que ocurre ahí, que SSEE existen ahí.”	
“Centro de rehabilitación de aves y fauna, reforestación, incluir a la comunidad local”	“Lugares de recolección recursos de subsistencia”	“Educación Ambiental Aviturismo Restauración de ecosistemas alterados”
“Investigación”	“Reconocimiento del hábitat de aves y procesos biogeoquímicos del humedal”	“Avistamiento de especies (flora y fauna)”
“Acceso ciudadano responsable”	“Reconocer lugares de nidificación, identificar lugares de avistamiento de aves, rutas o senderos responsables habilitados para educación ambiental, centro de educación ambiental, agricultura urbana sustentable.”	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Respuestas de **organismos de la sociedad civil** / academia a pregunta 2.3 ¿Qué actividades socioculturales incluiría para la delimitación del Sistema Humedal? (13 respuestas)

“Ocupación de suelo uso agrícola, recolección de hierbas y plantas medicinales”	“Investigación, Ecoturismo, Educación Ambiental”	“Horticultura y ganadería en pequeña escala, sistemas de producción extensivos, (por nada intensivos).”
“Uso público (educación ambiental, turismo, etc.)”	“Turismo, investigación, recreación, educación ambiental”	“Investigación, turismo de observación de aves”
“Reuniones multidisciplinarias y visitas al humedal con los técnicos, profesionales de la administración pública y políticos que toman decisiones en torno a cualquier aspecto del humedal (especialmente relativas a sus condiciones urbanísticas)”	“Feria Multidisciplinaria Artístico-Medio Ambiental”	“Senderismo por fuera del humedal”
“Pesca artesanal aledaña, ecoturismo, investigación contribuyendo al trabajo de monitoreo actual, horticultores”	“Turismo, deporte”	“Espacios para conservación y educación ambiental guiada, remediación del humedal”
“Incluir a la comunidad local, conservación, educación ambiental, baños de bosque.”		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Respuestas de **organismos privados** a pregunta 2.3 ¿Qué actividades socioculturales incluiría para la delimitación del Sistema Humedal?

“Recolección de hierbas y plantas medicinales”	“No creo que la actividad del hombre deba determinar la delimitación. La delimitación debe ser objetiva y así se	“Deporte, observación”
--	--	------------------------

	determinará la relación humana con el humedal”	
“Hacer actividad de terreno de carácter teórico-practica para aclarar dudas de qué es humedal o no”	“La delimitación debería darse por una mezcla entre lo humano y lo natural, no sacamos nada con delimitar si eso es ajeno a los roles de los terreno, a eso sumaría tipo de vegetación, crecidas del agua y sitios ocupados por especies”.	“Estudio de fauna y flora realizar una línea de base del humedal”
“Los usos asociados al ecosistema”	“Se deben considerar elementos técnicos objetivos para delimitar el humedal. Una vez conocido y definido el Sistema Humedal existente se podrán definir las actividades socioculturales a desarrollar”	

Fuente: *Elaboración propia*

En el Anexo se presenta el recuento de actores clave sistematizados en el taller 0, agrupados en 13 categorías finales: Junta de vecinos, Propietarios, Organizaciones territoriales, Academia, Pescadores, Empresas, Municipios, Escuelas, Grupos étnicos, Aeropuerto, ONG's, Deportes y Autoridades.

### Percepción escénica (Actividad 3)

Esta actividad, se planteó para conocer la percepción del paisaje que presenta el Sistema Humedal. Se presentó una imagen del sector Rocuant–Andalién, donde se aprecian algunos cuerpos de agua y avifauna. A lo lejos se presenta la ciudad de Talcahuano.

La pregunta “¿Qué le evoca e inspira esta imagen?” (Figura 20) recolectó diversidad de apreciaciones (tablas 8, 9 y 10), estas se pueden asociar a la nube de palabras de la actividad N°1. Entre representantes de organismos públicos, se generaron conceptos asociados a la tranquilidad, la protección y resguardo. Algunos representantes de organismos de la sociedad civil / academia, manifestaron su interés por la defensa y protección, así como también el amor o cariño que sintieron al ver la fotografía. En cambio los actores del sector privado, manifestaron el interés de modificar para mejorar el entorno, hicieron referencia a las amenazas que se aprecian en la fotografía y también reconocieron la “tranquilidad” o “respiro” en esta imagen.

Figura 20. Imagen asociada a la pregunta ¿Qué le evoca e inspira esta imagen?



Fuente: *Urbancost 2020 – Fotografía de Agosto de 2020*

**Tabla 8. Sector organismos públicos (19 respuestas)**

Tranquilidad	Amenaza	Fauna
Resguardar	Oportunidad	Amenaza por la urbanización
Resguardo natural	Cuidado, protección	Esperanza
Tranquilidad, bienestar	Futuro	Tranquilidad
Vida	Reservorio de agua, vida	Abandono
Tranquilidad, paz, armonía	Legado	Esperanza
Empatía		

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 9. Sector sociedad civil / academia (11 respuestas)**

Un espacio amenazado	Inmensidad	Majestuosidad
Paz	Pasión por la defensa, amor a la vida, acción de actuar	Preocupación
Interés de proteger el humedal ante la creciente expansión urbana que avanza rápidamente por esta área natural	Me produce cariño, tranquilidad, ganas de protegerlo, pena por las amenazas que tiene	Disminución del humedal por la urbanización
Tranquilidad	Admiración, belleza paisajística, tranquilidad, diversidad de especies, agua-vida, dinámica ecológica compleja	

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 10. Sector privado (11 respuestas)**

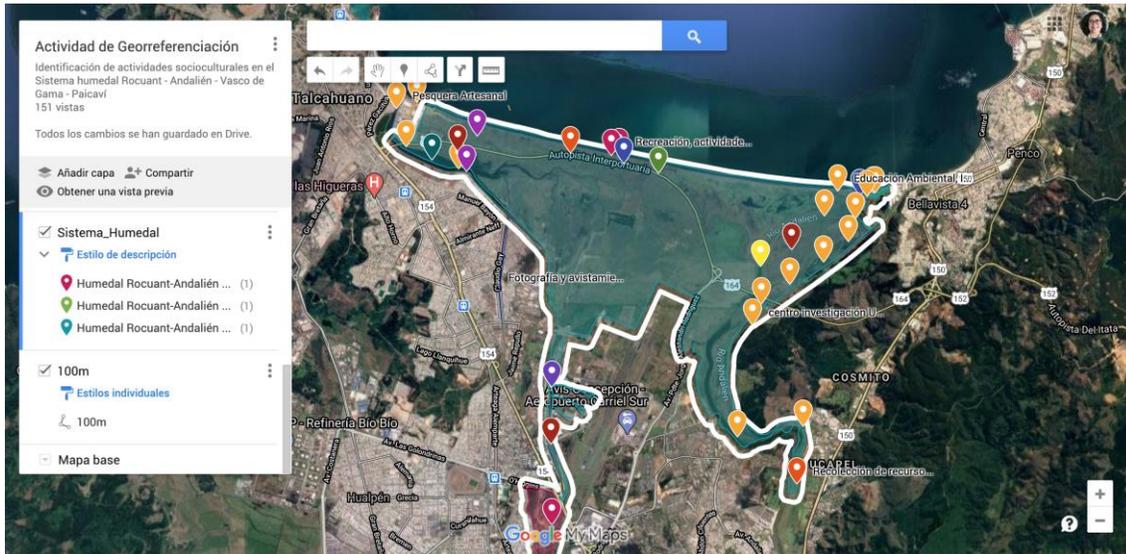
Oportunidad de integrar el humedal a la ciudad y viceversa	Naturaleza viva	Un entorno pacífico, rico en vida, el entorno perfecto para el desarrollo de cualquier actividad productiva
Tranquilidad	Disminución del humedal	Pasear e integración
Un pantanal con posibilidades de convertirse en algo mejor	Respiro	Un espacio que naturalmente tiene una vocación que hay que resguardar porque en su rol de amortiguador y de sostén, lo necesitamos urgentemente más allá de su belleza escénica, es estratégico. Perderlo tiene un costo invaluable.
La posibilidad de un desarrollo sustentable	Dinámica hidráulica con efectos ambientales	

Fuente: *Elaboración propia*

#### **Georreferenciación (actividad 4)**

En Google Maps, los participantes mediante el monitor indicaban la ubicación de las actividades culturales que reconocían, para ello se presentó un visor con la delimitación del Sitio Prioritario para la Conservación, que permitió identificar de manera georreferenciada las actividades que se desarrollan en el humedal (Figura 21).

Figura 21. Ejemplo de georreferenciación de actividades culturales en talleres



Fuente: Elaboración propia

La recolección de datos en el taller (Tabla 11) permitió desarrollar un mapa resultado que muestra la localización de las actividades detectadas. Las principales actividades se refieren a: investigación, educación, recolección, restauración, recreación, fotografía, accesos, exclusión, trabajo, avistamiento de aves, conservación y otros (Figura 22). También los participantes marcaron puntos como exclusión o lugares que para ellos perjudican las actividades culturales, tales como la “ganadería”.

Tabla 11. Recolección de actividades culturales identificadas

Actividad	Descripción	Cod_Actividad
Investigación	Actividades relacionadas a la investigación y centros de investigación	1
Recreación	Actividades relacionadas a la recreación y esparcimiento	2
Espiritual	Actividades relacionadas a creencia religiosas o ceremonias	3
Deporte	Actividades deportivas	4
Trabajo	Actividades relacionadas a trabajos que se realizan en el humedal	5
Educación	Actividades de educación ambiental, charlas, seminarios, visitas guiadas	6
Fotografía	Actividades de toma de fotografías paisajística, flora y fauna	7
Turismo	Actividades relacionadas al turismo	8
Avistamiento	Actividades de avistamiento de flora y fauna	9
Recolección	Recolección, extracción y abastecimiento de recursos naturales del humedal; agua y plantas medicinales	10
Accesos	Puntos de accesos a playas y senderos	11

Conservación	Zonas consideradas con gran potencial de biodiversidad para la conservación	12
Otros	Identificación de sectores del humedal, como marismas, desembocadura, paleocauce	13
Restauración	Zonas con potencial de restauración	14
Exclusión	Actividades que se considera debieran excluirse del humedal	15

Fuente: *Elaboración propia*

### Actividades socioculturales identificadas

Sin duda desde los aspectos culturales, las actividades con mayor representación son los accesos que permiten recorrer playas y senderos, la identificación de zonas de paisaje en el humedal, clasificada como “otros”, los lugares para la recolección de especies, los puntos de conservación o áreas con interés para la preservación, los puntos de avistamiento de aves y los lugares para la recreación y el esparcimiento (Tabla 12).

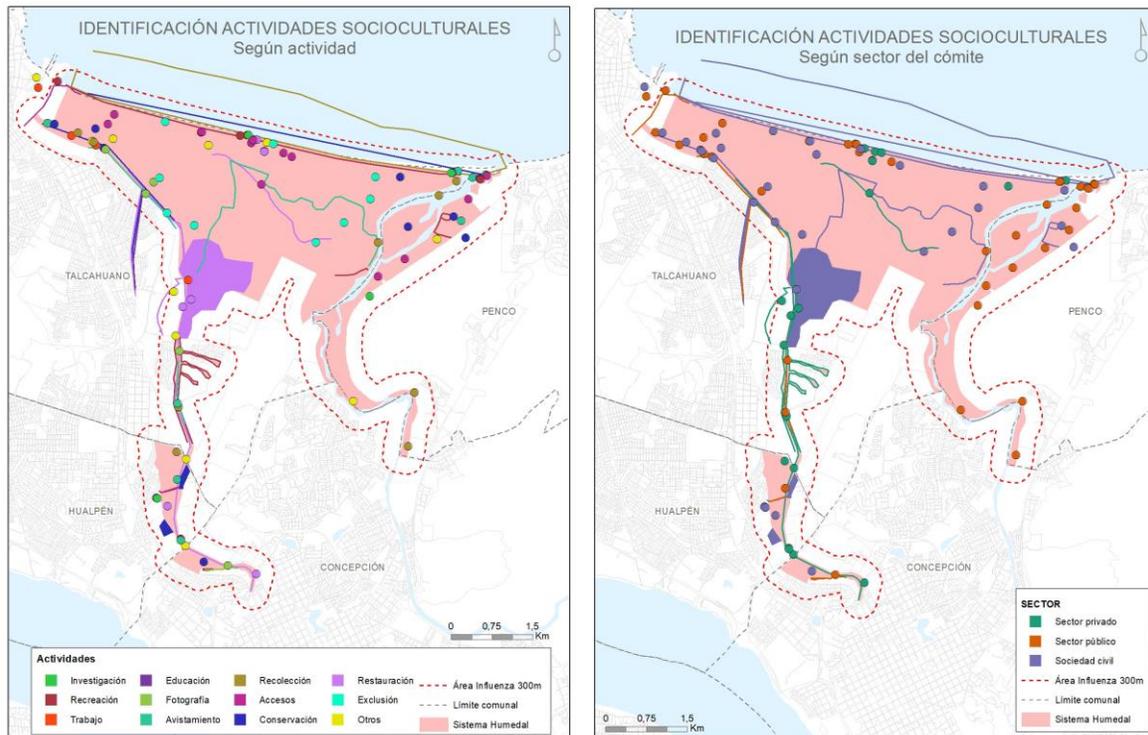
Tabla 12. Repetición de identificación de actividades.

Actividad	Repeticiones
Investigación	5
Recreación	6
Trabajo	4
Educación	3
Fotografía	5
Avistamiento	7
Recolección	9
Accesos	13
Conservación	8
Otros	11
Restauración	7
Exclusión	9

Fuente: *Elaboración propia*

El mapa (Figura 22) nos permite identificar donde se localizan estas actividades, en general se distribuyen de forma dispersa, destacándose la marisma para la investigación científica, la playa para el acceso al disfrute de la contemplación del paisaje, la recreación en los lugares donde se puede apreciar a los cuerpos de agua y la vegetación, el avistamiento de aves por todo el sistema en especial el Canal Ifarle y Humedal Vasco de Gama.

Figura 22. Distribución de actividades culturales identificadas en el Taller



Fuente: Elaboración propia

### Revisión de PLADECO

Finalmente, se revisaron los Planes de Desarrollo Comunal PLADECO, con los cuales se elaboró un listado de planes culturales procedentes de la Dirección de Desarrollo Comunitario y Dirección de Medio Ambiente de los municipios involucrados y una actualización de las organizaciones comunitarias ambientales y sociales de interés.

La ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (N° 18.695), establece que la gestión municipal contará con al menos 5 instrumentos, uno de ellos, corresponde al Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO). En el artículo N° 7 de dicha ley, se indica que el PLADECO es "... instrumento rector del desarrollo de la comuna, contemplará las acciones orientadas a satisfacer las necesidades de la comunidad local y a promover su avance social, económico y cultural"

Para la elaboración y ejecución de este plan, el municipio deberá contemplar la participación ciudadana, así como la participación de otros organismos públicos que tengan competencias en el ámbito comunal. En él, se debe presentar la proyección de futuro de la comuna y la estrategia para lograr estos objetivos. La vigencia de este instrumento de 4 años por lo que se trata de un trabajo dinámico, de adaptación y continuo en el tiempo.

En el contexto de la adaptación a las nuevas demandas de la comunidad, fue necesaria la revisión de estos instrumentos de los municipios que son parte del Comité Técnico Local, para conocer la visión de estas comunas

respecto a la culturalidad e importancia que implican los humedales para Penco, Talcahuano, Hualpén y Concepción.

#### Comuna de Penco (PLADECO 2020 - 2027)

El PLADECO de la comuna de Penco, reconoce como parte de las características identitarias del territorio, el sistema hídrico compuesto por los ríos Biobío y Andalién, humedales costeros y un conjunto de lagunas urbanas. Dentro del objetivo estratégico de Protección y Conservación del patrimonio natural y cultural (intangibles y tangibles); se señala como plan para el cumplimiento, el apoyo técnico para la elaboración del expediente para Santuario de la naturaleza al Humedal Urbano Rocuant–Andalién. Además consideran un Estudio y Diseño de Plan de Puesta en Valor del Patrimonio Natural de Penco. Bajo el mismo objetivo se considera la implementación del Plan Local de Cambio Climático.

Otro objetivo vinculado indirectamente a la valorización de humedales en la comuna, corresponde a “Promover y vincular la gestión integrada de: Riesgos, Residuos y Educación Ambiental” por medio del fomento de la educación ambiental comunal, se busca crear un plan para la educación ambiental en la comuna, así como campañas de prevención de contaminación ambiental.

#### Comuna de Talcahuano (PLADECO 2018 – 2021)

La elaboración del PLADECO de la comuna de Talcahuano, contempló la participación de actores relevantes, quienes identificaron potencialidades u oportunidades de desarrollo económico a través de la explotación del potencial turístico de los recursos naturales presentes en la comuna, reconociendo los miradores en los cerros de la comuna y también los humedales que son frecuentados por aves migratorias.

Dentro de Plan se reconocen problemáticas asociadas a la temática ambiental, entre ellas se señala la degradación y/o pérdida de humedales del sector Rocuant–Andalién; para resolver esto, se plantea recuperar las áreas degradadas del humedal; promover acciones de recuperación del borde costero y humedal, como el monitoreo de calidad de agua y suelos, calidad sanitaria. Se señala también controlar y fiscalizar permanentemente, actividades de construcción en sectores aledaños al humedal.

Se destaca en el PLADECO, el significativo avance en la recuperación ambiental y sanitaria de las zonas degradadas por contaminación, vectores sanitarios y micro basurales; especialmente en el sector del Humedal Rocuant - Andalién, Canal el Morro, Bahía de San Vicente, entre otras áreas urbanas. Esta recuperación permitió mejorar la calidad de agua, reducir o eliminar malos olores, recuperar y conservar cuerpos lacustres (lagunas Recamo y Redacamo) que han sido un aporte al desarrollo urbano de Talcahuano en aspectos recreativos.

Dentro del lineamiento “Talcahuano Sustentable y con Manejo Integral del Riesgo”, se plantea como objetivo estratégico “Promover acciones de recuperación y protección ambiental del borde costero y humedales”. Aquí se señala la educación ambiental y participación ciudadana; además de la recuperación de ecosistemas y promoción de su valor, como ejes para el cumplimiento de estos objetivos. Dentro de las visiones territoriales y presentación de la cartera de iniciativas, se presenta la iniciativa N° 45 (figura N°23)

Figura 23. Iniciativa Urbano y Ciudad

**45. Descripción de la Iniciativa**

Nombre de la Iniciativa	Habilitación de espacios recreativos de acceso público en Humedal Rocuant, Cerro el Guindo y Cerro San Miguel.
Sector o Barrio	Sector Medio Camino
Lineamiento	Talcahuano, Ciudad Integrada Espacial y Territorialmente
Objetivo estratégico	Mejorar las condiciones de habitabilidad de los sectores habitacionales periféricos y deficitarios de la Comuna.
Objetivo de la Propuesta	Habilitar espacios recreativos que potencien el recurso medio ambiental y permita la recreación de la comunidad
Descripción de la Propuesta	Se construirá una red de espacios públicos que se integren al entorno medio ambiental y que permitan la habilitación de espacios de juegos y recreativos para la comunidad en el Humedal Rocuant, laderas del Cerro El Guindo y laderas del Cerro San Miguel.
Presupuesto Estimado y Fuente de financiamiento	M\$ 1.500.000- (mil quinientos millones) MINVU, programa espacios públicos

Fuente: Pagina 271, PLADECO, Municipalidad de Talcahuano.

Comuna de Hualpén (PLADECO 2016 – 2020)

El Plan de Desarrollo Comunal de la Comuna de Hualpén, señala la importancia de los ecosistemas para el desarrollo turístico de la comuna, entre ellos destaca el Santuario de la Península de Hualpén, Caleta Lengua, Caleta Chome y los Humedales distribuidos por la comuna. Además identifica “recursos ambientales” como aquellos que pueden incidir en la economía del territorio, siendo estos agotables y por ende requieren de una “administración eficiente” que apunte a la sustentabilidad. Entre estos recursos, mencionan el agua, promoviendo la conservación de los recursos hídricos y con ello la protección de los humedales, el borde costero y la rivera del Río Biobío. Reconocen en los humedales los beneficios de almacenamiento de agua dulce y servicios de mitigación frente al cambio climático.

Reconocen un valor potencial de los humedales para el ecoturismo, para posicionar este valor, apuntan a la generación de un ciclo turístico, con distintos puntos de interés, brindando actividades y servicios que contribuyan a potenciar el atractivo turístico natural. Por medio del mejoramiento e instalación de puestos de información turística en distintos puntos estratégicos de la comuna.

A través del PLADECO, reconocen como una debilidad, el control de desechos líquidos en canales y humedales, plantean como necesario no perder la calidad de humedales, para esto apuntan a la generación de más políticas ambientales.

Comuna de Concepción (Trabajando una nueva ciudad al 2030)

El Plan de Desarrollo Comunal de la Comuna de Concepción no se encontró disponible; en su lugar se analizó el Plan de Cultura disponible, debido a que este apunta al desarrollo cultural de la comuna al año 2030. En él, no se señala nada referente a humedales directamente, pero sí podemos asociar la vinculación de humedales a cuerpos de agua como las lagunas. Respecto a ellas, señalan que éstas han sido escasamente integradas a la

visión de ciudad. Reconocen que la localización geográfica de Concepción abre las posibilidades a desarrollar un importante rol turístico.

Escasamente mencionan las potencialidades de los ríos Andalién y Biobío, se centran principalmente en la importancia de las lagunas urbanas que son reconocidas por sus habitantes. Plantean la necesidad de impulsar a Concepción como una ciudad universitaria-cultural, prestadora de servicios, deportiva y turística. Para lograr que Concepción se transforme en una ciudad deportiva y turística, plantean que por medio de circuitos deportivos, se podría integrar la totalidad de sus valores naturales; en tanto para potenciar a la comuna como una ciudad turística, buscan implementar al mediano plazo (2014 -2020) un “Plan de Recuperación de las lagunas urbanas”, gestionado por fondos sectoriales.

e) Aspectos socio-económicos

Para realizar el análisis socioeconómico del humedal se revisó primero la información disponible del Censo de Población y Vivienda, correspondiente al año 2017, del cual se obtuvieron las principales variables sociodemográficas, tales como: población, vivienda, edad, género, densidad de población y densidad de viviendas. En segundo lugar, se determinó el nivel económico a través de la caracterización de Adimark y bases de datos a nivel de manzanas con conteo de hogares con clasificación de NSE (Nivel Socioeconómico) con las cuales podemos integrar información de estimación de ingresos a nivel de hogares. En tercer lugar, respecto de destino y avalúos del SII, se analizó según la georreferenciación de la cartografía online del SII, ya que la solicitud hecha por nuestro equipo fue rechazada por el SII. Finalmente se solicitó por medio del portal de transparencia del INE la información de los recientes permisos de edificación que permitan obtener un valor estimado del suelo a edificar. Toda la información referida a este análisis fue realizada en un radio de 300m del entorno cercano al límite del humedal.

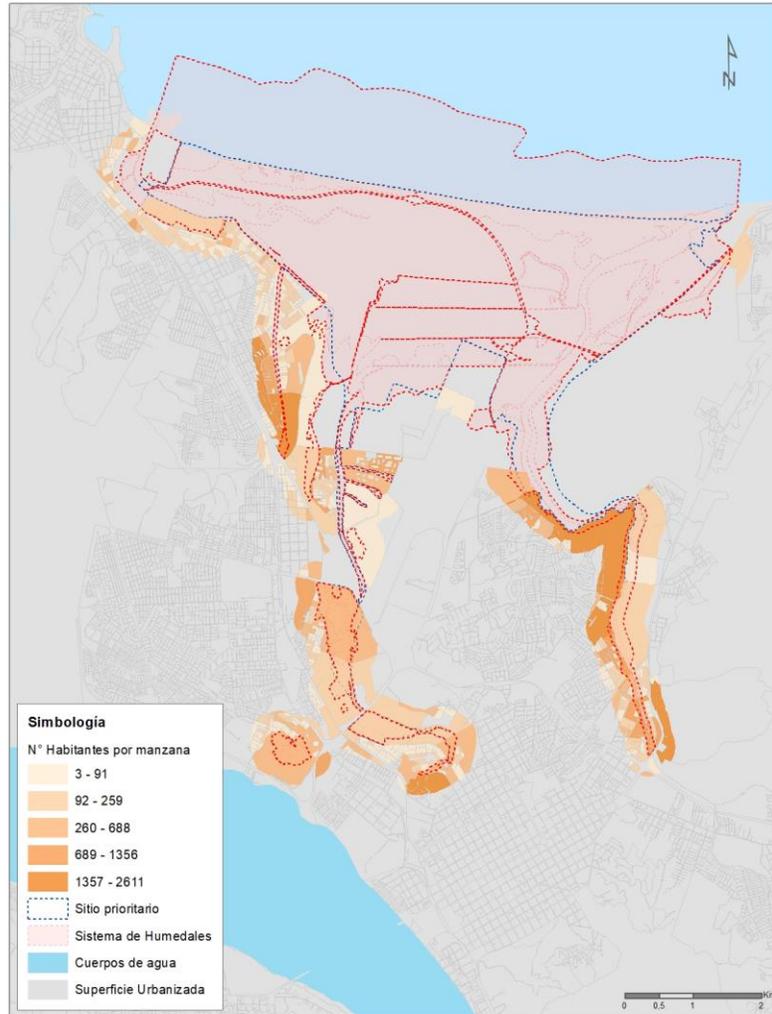
**Análisis Censo**

Se revisó la información disponible del Censo de Población del año 2017, con el cual pudimos obtener variables sociodemográficas como población, vivienda, edad y género. Densidad de Población y la Densidad de viviendas.

- Población

Alrededor de 300m de los límites del humedal habitan aproximadamente 105.845 personas, siendo Concepción la comuna que concentra la mayor cantidad de población (44.748), seguida de Talcahuano (41.618), Hualpén (10.963) y finalmente Penco (8.516). Ahora bien, la mayor cantidad de habitantes se encuentran ubicados principalmente en los lugares que coincide con el aumento de la oferta inmobiliaria durante los últimos 15 años. En Talcahuano estos sectores se encuentran en Jaime Repullo, Salinas, Huertos Familiares y Brisas del Sol. Por su parte Concepción concentra la población en los sectores de Los Notros, Campos de Bellavista, Lomas de San Sebastián, Collao, Valle Noble y sector de Tucapel bajo. Finalmente, en Hualpén la población se concentra en el sector de Colón 9000 y Parque Central (Figura 24).

Figura 24. Habitantes por manzana censal

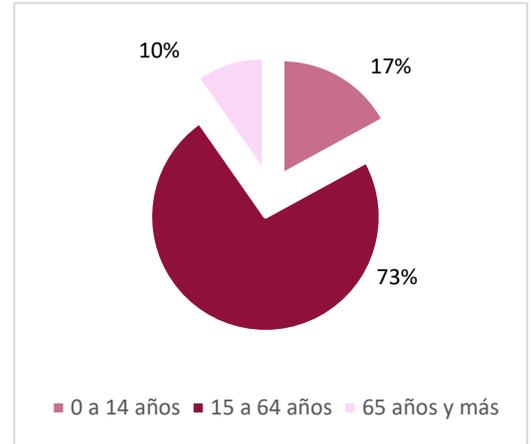
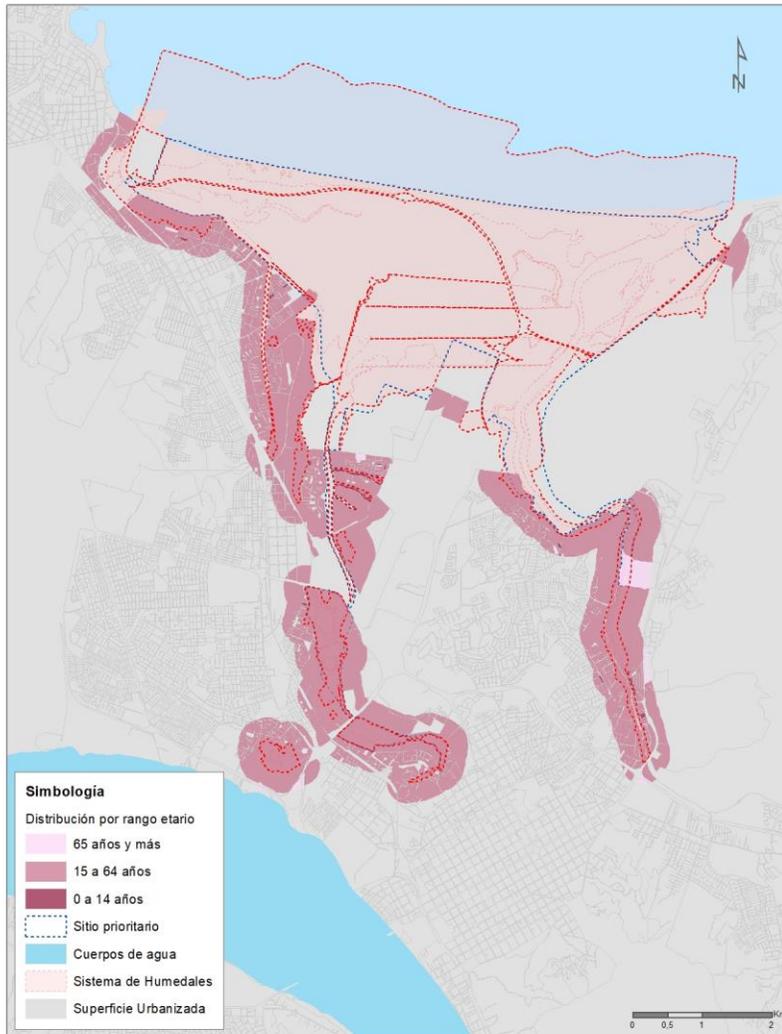


Fuente: : Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017

### - Edad

En relación al rango etario se encuentra que la población predominante corresponde al rango de edad entre 15 y 64 años abarcando un 73% de la población total, la población correspondiente a rango de edad entre 0 y 14 años presenta pequeños sectores con mayor predominancia y posee un 17% de la población total, siendo el sector de Los Notros el único en el cual predomina la población sobre 65 años y más, la cual considera sólo un 10% de la población total dentro del radio de 300m del límite del humedal (Figura 25).

Figura 25. Habitantes por rango etario

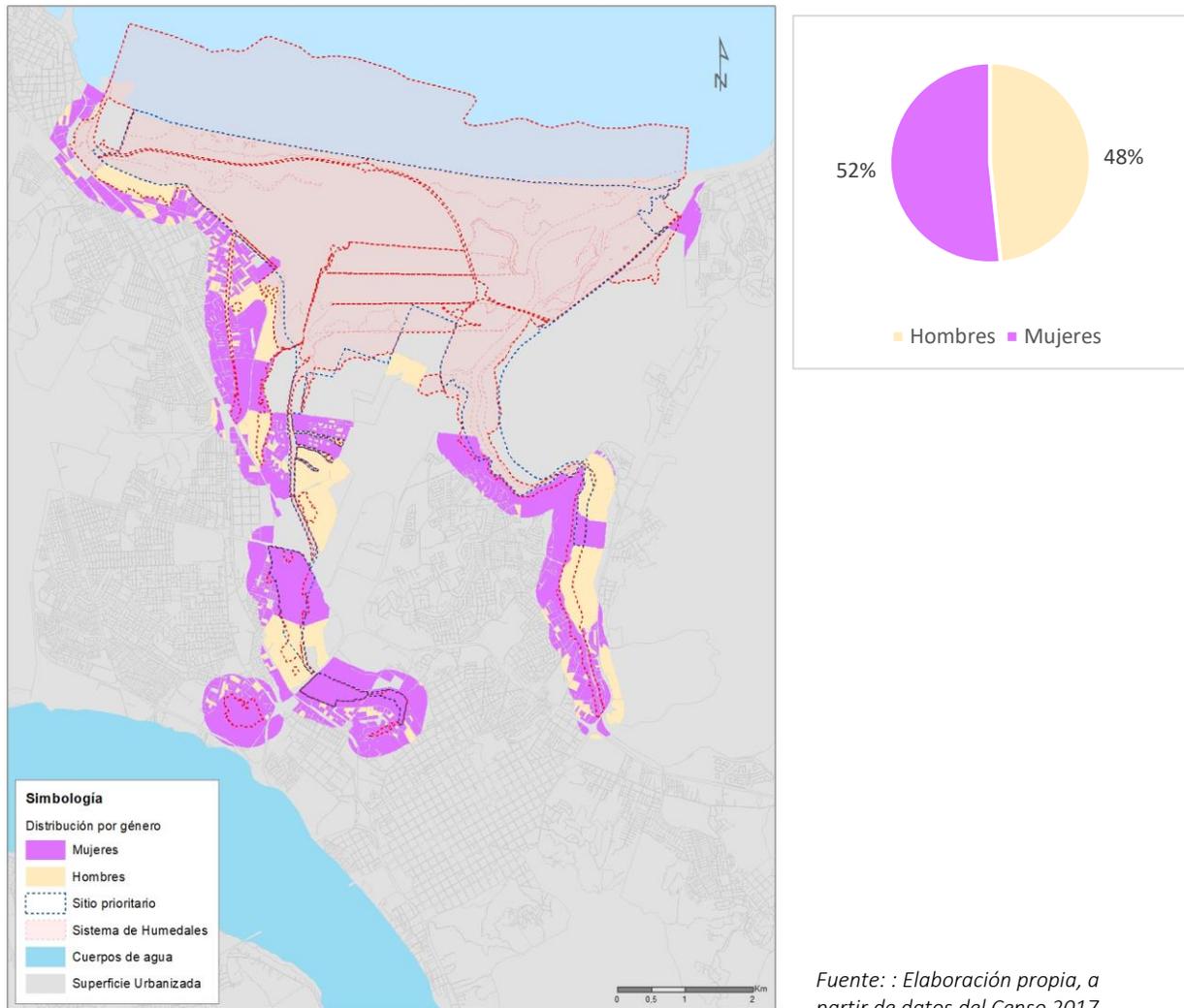


Fuente: : Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017

### -Género

En relación a la distribución de la población por género, se observa que existe mayor predominancia de mujeres en el área de influencia del Sistema Humedales, sin embargo no existe gran diferencia numérica respecto a la proporción hombres, ya que sus valores varían de 52% y 48% respectivamente. (Figura 26)

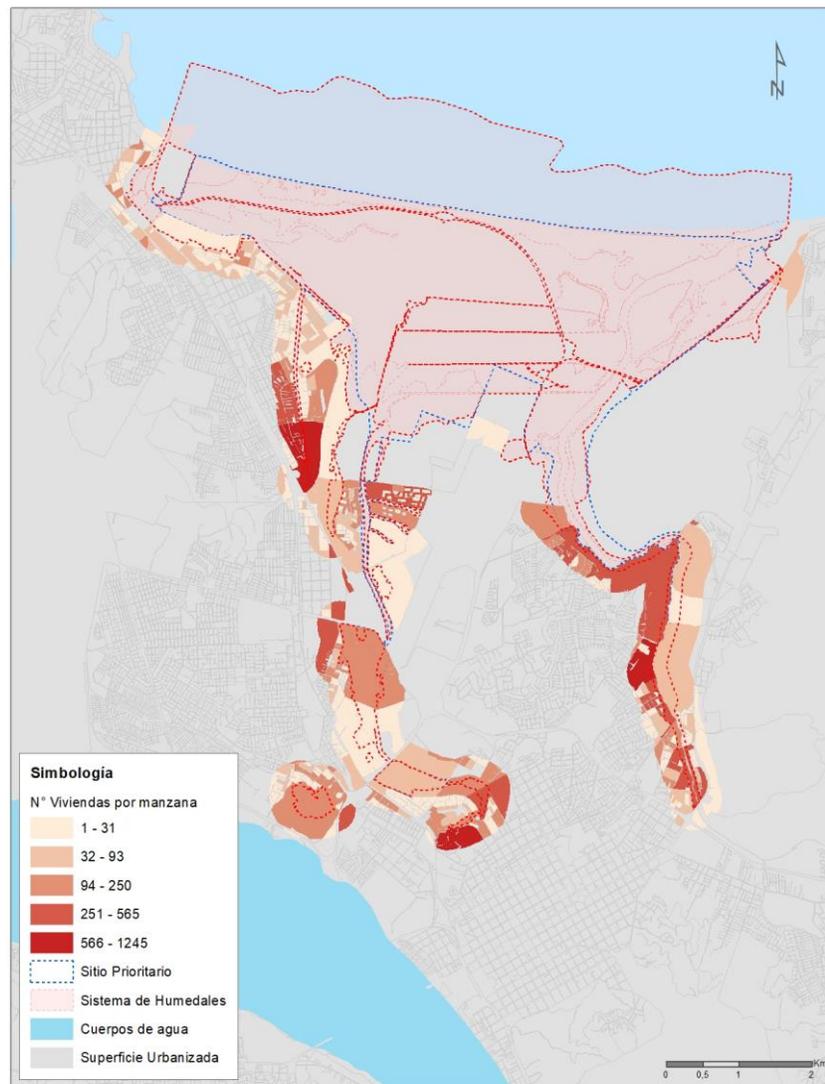
Figura 26. Habitantes por género



- Viviendas

En cuanto a distribución de viviendas, existen 31.110 unidades en 719 manzanas censales, las cuales se distribuyen por manzana censal entre 1 unidad a 1.245. En específico, el 67% de las manzanas presenta una cantidad inferior a 31 viviendas, con una totalidad de 8.321, principalmente distribuidas en el entorno de todo el Sistema de Humedal, aunque con mayor proporción en la comuna de Talcahuano. El 24% de las manzanas contiene entre 32 y 93 unidades (7.872 viviendas), seguidas por un 5% de cobertura con viviendas entre 94 y 250, por ejemplo las situadas en bordes del Andalién. La mayor concentración de viviendas se produce en manzanas cubiertas por 250 y 1.245 unidades (rojizos), estas se distribuyen por ejemplo en los condominios del sector de Brisas del Sol, cercano al Casino Marina del Sol. En 3 manzanas, equivalentes al 0,4%, existe la mayor concentración o mayor cantidad de viviendas por manzana dentro del radio (566-1.245 unidades) totalizando 3.013 viviendas, estas coinciden con sectores con proyectos habitacionales de tipo departamento, por ejemplo los construidos en el entorno del Humedal Paicaví (Tabla 13 y Figura 27).

Figura 27. Viviendas por manzana



Fuente: : Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017

Tabla 13. Distribución de viviendas Censo 2017

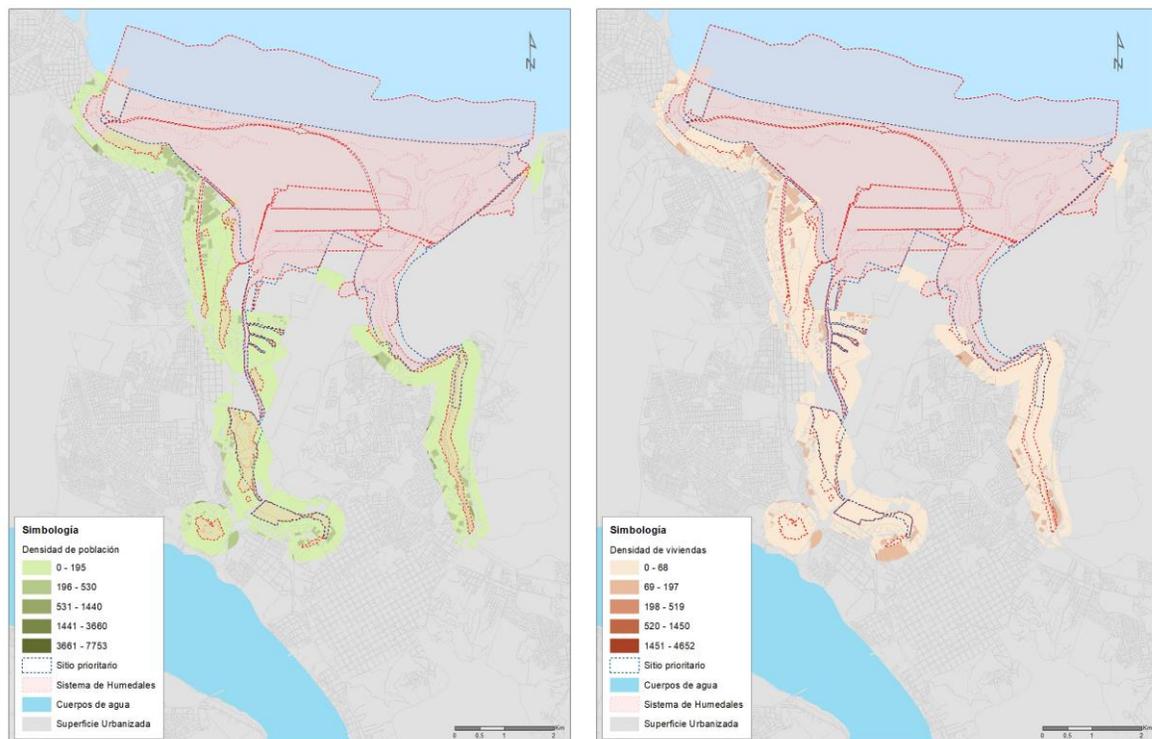
Rango viviendas	Nº Manzanas	Nº Viviendas	Porcentaje %
1 - 31	488	8321	67,9%
32 - 93	173	7872	24,1%
94 - 250	40	5836	5,6%
251 - 565	15	6068	2,4%
566 - 1245	3	3013	0,4%
<b>Total</b>	<b>719</b>	<b>31110</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017

- Densidad de población y viviendas

La densidad es una variable que explica la estructura urbana de la ciudad, por investigaciones propias que indican que Concepción ha experimentado un crecimiento disperso y extendido es esperable que se observen densidades bajas. De acuerdo a los datos del Censo, tanto para la densidad de población como las de viviendas, el sector no presenta altos niveles de densidad, promoviéndose un modelo de ciudad que ocupa más suelo en torno a los humedales, lo cual es relativamente consistente con las condiciones del suelo para ser urbanizado, aunque en un modelo de planificación más sustentable, esto podría haber sido una zona de amortiguación entre el ecosistema y las viviendas. De acuerdo a la distribución espacial de las variables, en algunos sectores se eleva el valor de las densidades (verdes y rojos más intensos) estos se localizan en áreas cercanas al Canal Ifarle secundario en Talcahuano, en el sector de Parque Central en Hualpén, sector de Penco, Fundadores de Chile, y en Concepción las Lomas de San Sebastián, característicos de viviendas de 1 o 2 pisos (Figura 28 y Tablas 14 y 15).

Figura 28. Densidad de población y viviendas



Fuente: : *Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017*

Es importante mencionar que la densidad de viviendas a medida que se incrementan puede tener un efecto positivo en la dispersión de plantas exóticas (Rojas et al., 2015), por tanto será relevante trabajar los entornos motivando acciones de arquitectura de paisaje e infraestructura verde, al menos en los espacios públicos como áreas verdes con un tratamiento e inclusión de especies nativas.

Tabla 14. Tablas de densidad de población y viviendas

Rango Densidad Viviendas	N° Manzanas	Porcentaje %	N° viviendas/ha	Superficie (ha)
0 - 68	567	66,7	23904	1570,4
69 -197	231	27,2	22098	119,9
198 - 519	35	4,1	11531	6,8
520 - 1450	11	1,3	8076	0,6
1451 - 4652	6	0,7	16209	0,1
<b>Total</b>	<b>850</b>	<b>100</b>	<b>81819</b>	<b>1697,9</b>

Rango Densidad Población	N° Manzanas	Porcentaje %	N° Habitantes/ha	Superficie (ha)
0 - 195	523	66,7	61603	1581,2
196 - 530	272	27,2	74577	107,6
531 - 1440	39	4,1	32542	8,4
1441 - 3660	10	1,3	23670	0,6
3661 - 7753	6	0,7	37174	0,1
<b>Total</b>	<b>850</b>	<b>100</b>	<b>229565</b>	<b>1697,9</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017.

El resumen de los datos del Censo de presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15. Resumen variables Censales

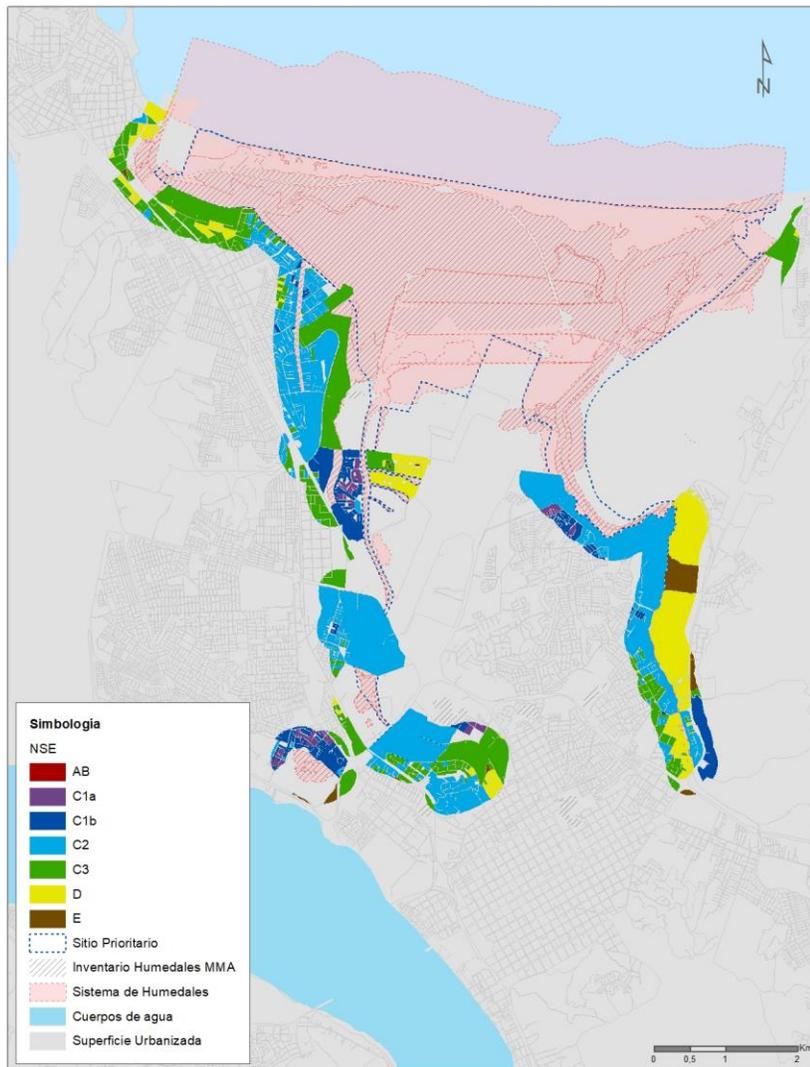
Variables	Población	Vivienda	Género		Rango Etario			Densidades	
			Hombres	Mujeres	0 a 14	15 a 64	65 y más	Densidad población	Densidad vivienda
Concepción	44748	16068	22066	22623	6747	30437	4522	95411	36275
Hualpén	10963	3852	5161	5802	1554	7683	1252	20805	7190
Penco	8516	2894	4044	4438	1865	5837	611	13028	4113
Talcahuano	41618	14831	19806	21785	7162	29554	3359	100321	34241
<b>TOTAL</b>	<b>105845</b>	<b>37645</b>	<b>51077</b>	<b>54648</b>	<b>17328</b>	<b>73511</b>	<b>9744</b>	<b>229565</b>	<b>81819</b>
%			48	52	17	73	10		

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Censo 2017.

### Análisis Socioeconómico (NSE)

El nivel socioeconómico se analizó según la clasificación de GSE Adimark. De acuerdo a la encuesta Adimark, el 44% de la población que se encuentra dentro del radio, pertenece al grupo socioeconómico C2, con 17.425 hogares que presentan ingresos por hogar promedios de \$1.360.000; le sigue el tramo C3 que corresponde a hogares con ingresos promedios de \$899.000, con un 28,7% equivalente a 11.235 hogares; por tanto es una zona que se va consolidando principalmente por ingresos C2 y C3, lo cual también caracteriza una demanda por viviendas tipo casas (Tabla 16). En relación a los ingresos bajos, no existe un porcentaje relevante con ingresos promedio de \$324.000, ya que sólo un 0,2% de los hogares se encuentran dentro del tramo E, lo que confirma que los hogares que se encuentran dentro del límite representan a un sector medio y también medio-alto, ya que un 12% ya califica en el rango C1b, es decir población con un jefe de hogar con buen nivel educacional y profesional (Figura 29).

Figura 29. Clasificación socioeconómica



Fuente: : Elaboración propia, a partir de datos del Adimark

Tabla 16. Nivel Socioeconómico

NSE	Ingresos promedio	Total Hogares	Porcentaje Hogares
C1a	\$ 2.739.000	1.134	2,9
C1b	\$ 1.986.000	4.828	12,3
C2	\$ 1.360.000	17.425	44,6
C3	\$ 899.000	11.235	28,7
D	\$ 526.000	4.400	11,3
E	\$ 324.000	77	0,2
<b>Total</b>		<b>39.099</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Adimark.

### **Precios de Suelo (Avalúo fiscal de los terrenos)**

Se analizó la información de destinos y avalúos del SII (Servicio de Impuestos Internos), la cual fue solicitada oficialmente pero tuvo una respuesta negativa (SII con fecha 25/01-2021: "Se rechazó solicitud debe pedirla vía ley de transparencia"), por tanto se procede a georreferenciar toda la cartografía disponible a fecha de marzo 2021. Se revisó la delimitación de todos los predios existentes dentro del rango de los 300 metros, abarcando las comunas de: Talcahuano, Hualpén, Penco y Concepción. La georreferenciación de los predios se realizó observando la información desde la página web del Servicio de Impuestos Internos (SII)<sup>3</sup>, específicamente desde el servicio de *Cartografía Digital SII Mapas*.

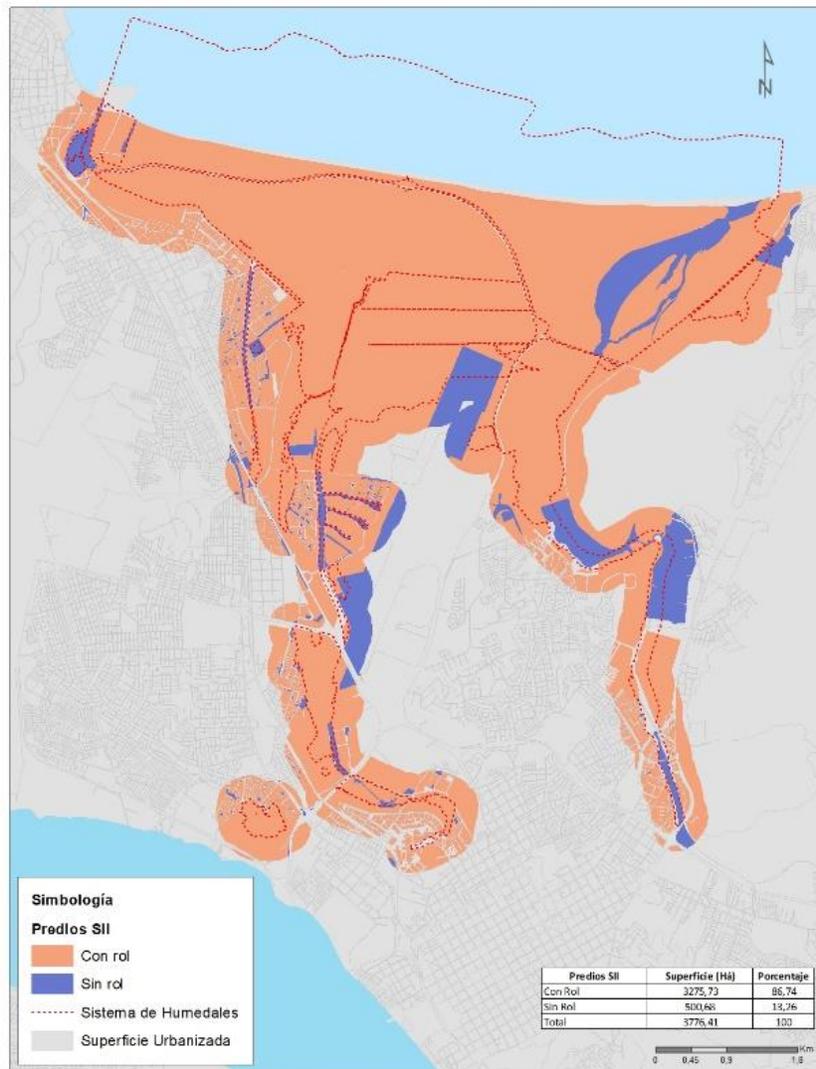
Una vez digitalizados los predios se incorporaron como atributos a cada unidad espacial los siguientes datos: Número de Rol Predial y el Avalúo Total en pesos. Ambos datos, sumado al cálculo de superficie en metros cuadrados, permiten realizar diferentes análisis espaciales.

Del total de datos se observa que el 86,7 % cuenta con Rol y el 13,2% no tiene rol, se subentiende que los polígonos con rol son de propiedad privada, aunque no se verifica el nombre de los propietarios. Los polígonos sin rol abarcan una superficie total de 500,68 hectáreas, mientras que los predios que poseen Rol una de 3.275 hectáreas (Figura 30).

---

<sup>3</sup> <https://www4.sii.cl/mapasui/internet/#/contenido/index.html>

Figura 30. Roles prediales SII



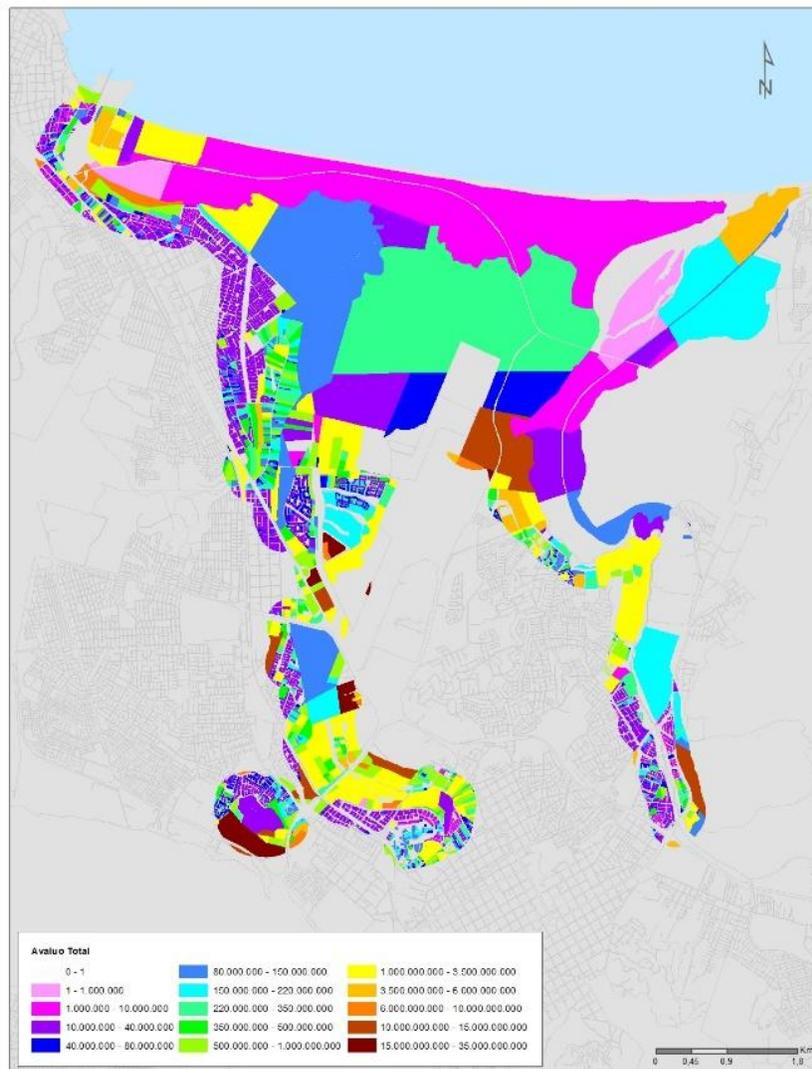
Fuente : *Elaboración propia, a partir de datos de SII*

Respecto del avalúo fiscal, los valores del entorno del humedal se distribuyen desde los \$17.483 a un máximo de \$64.324.726.656, la media de avalúo es de \$86.895.666. Los terrenos más baratos corresponden a sitios aún no urbanizados como el borde costero, abarcando parte de la duna y marisma, áreas colindantes al curso del río Andalién y la laguna costera del Sistema de Estuario. En las áreas más urbanizadas, la zona donde se proyecta el Parque Santa Clara en Talcahuano, también está dentro de los avalúos más bajos. Las zonas densamente pobladas, donde se han construido villas y viviendas familiares, no superan los 80 millones de pesos, con excepción de las viviendas en el entorno del Casino Marina del Sol y el Centro Comercial Mall Plaza del Trébol, donde los valores de las casas superan los 100 millones de pesos.

Respecto a la superficie interna del humedal, los avalúos se distribuyen desde los \$17.493 hasta los \$31.178.424.262 con un promedio de valor \$872.268.903,90. Tres predios uno de 306 ha, un segundo de 76 ha y un tercero de 31 ha, conforman gran parte de marisma (polígonos verde fluor en la Figura 31) están

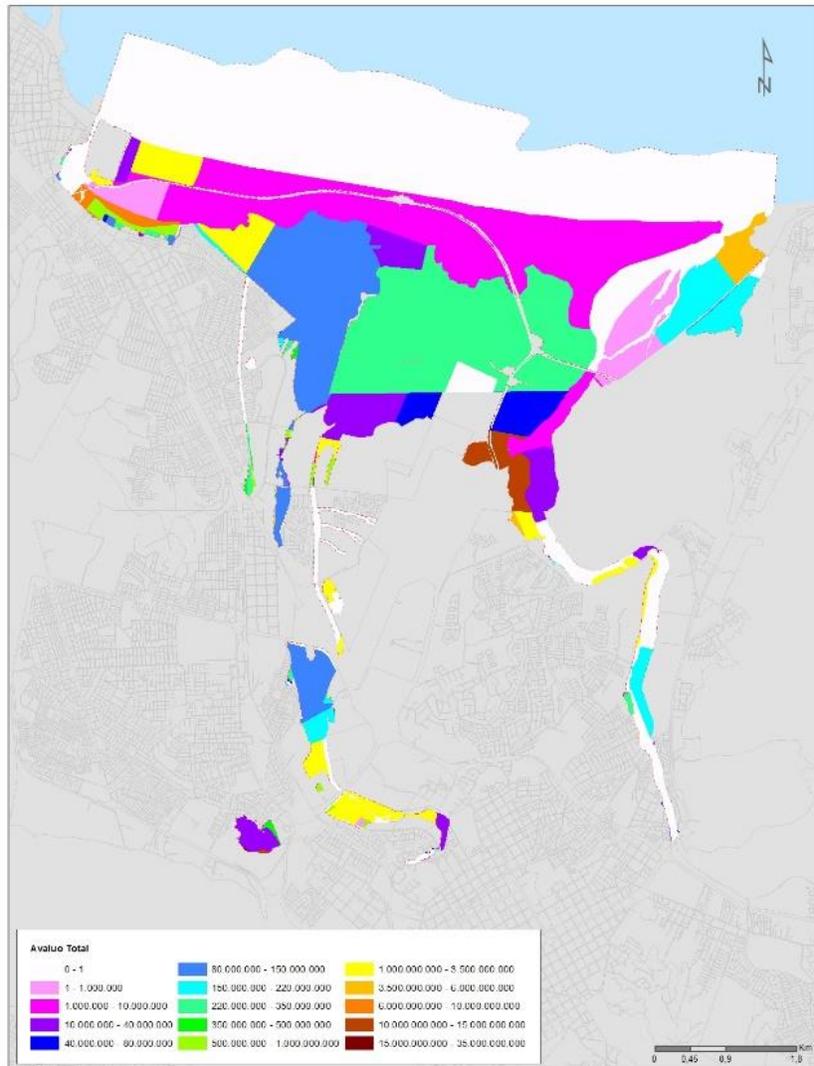
avaluados cada uno en más de 300 millones de pesos, también el predio que limita con la laguna costera y la ruta interperportuaria superan los 1400 millones. En la zona isla Rocuant, colindante a las pesqueras de Talcahuano tiene un avalúo total que que supera los mil millones de pesos, al igual que ambos en amarillo en la Figura 31. Los suelos con mayor avalúo no están dentro del humedal, sino en el área de influencia y corresponde a destinos comerciales como el Mall Plaza del Trébol y el terreno de Jumbo e Easy en la costanera. Dentro del área de influencia inmediata del humedal, el valor de suelo más alto se da a un predio que se encuentra en el área próxima al aeropuerto y accesible por la avenida Alessandri por más de 11 mil millones de pesos.

Figura 31. Distribución de avalúos SII en el entorno del Sistema Humedal



Fuente: : Elaboración propia, a partir de datos de SII

Figura 32. Distribución de los avalúos total al interior del Sistema Humedal

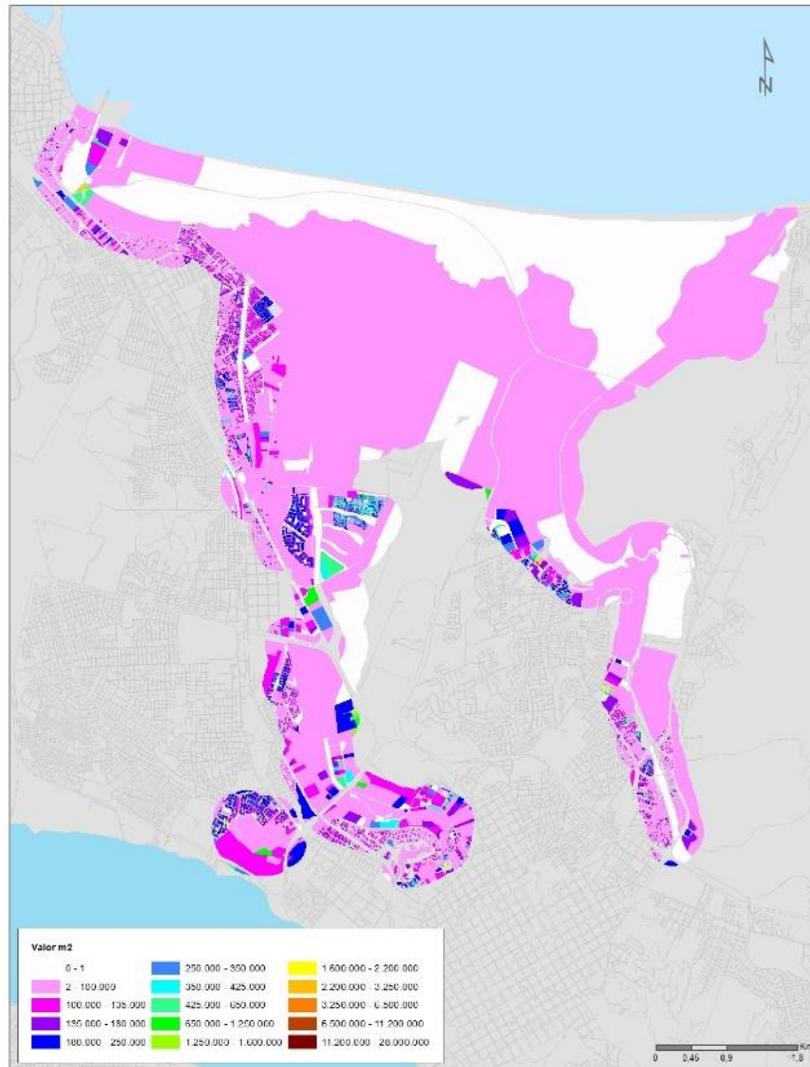


Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de SII

A partir del dato del valor total del avalúo se puede observar el valor del metro cuadrado de suelo, dividiendo el avalúo total por la superficie en metros cuadrados del predio. Los valores van desde los 2 pesos hasta los 27 millones de pesos con un promedio de \$161.158. En las áreas del humedal que aun permanecen sin construcción es suelo es muy barato, de hecho en parte de la marisma el valor es de 1 peso por metro cuadrado, resto de la marisma y humedales palustre no supera los 100 mil pesos. En sectores industriales el valor no supera los 100 mil pesos y en los urbanizados recientemente con uso residencial, los valores fluctuan principalmente entre 100 mil y 350 mil pesos, también algunos predios urbanizados, que incluyen uso comercial superan los 350 mil pesos (Figura 33). Previamente la tesis de Soto (2019) determinó que los suelos de mayor precio y uso residencial estaban asociados a inundaciones con períodos de retorno de 100, 200 y 500 años, dado el alto valor, esto permite deducir un potencial aumento en los daños a la propiedad por una inundación. Así mismo en períodos de retorno de 5 y 50 años es menor el valor del suelo afectado. En este sentido

humedales costeros del noreste de EEUU, lograron reducir los daños a la propiedad del Huracán Sandy en 625 millones de dólares (Narayan et al.,2017), aspecto al cual igualmente se deben poner atención al momento de edificar de acuerdo a los usos propuestos que revisaremos en el apartado de instrumentos de planificación territorial.

Figura 33. Distribución de los valores de usos de suelo por metro cuadrado al interior del Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de SII

### Nivel de edificación

Se analizan los permisos de edificación recientes (última década) los cuales permiten obtener una aproximación del cómo se ha ido urbanizando en el entorno del Sistema Humedal.

- Permiso Edificación por año, cantidad de unidades construidas y superficies.

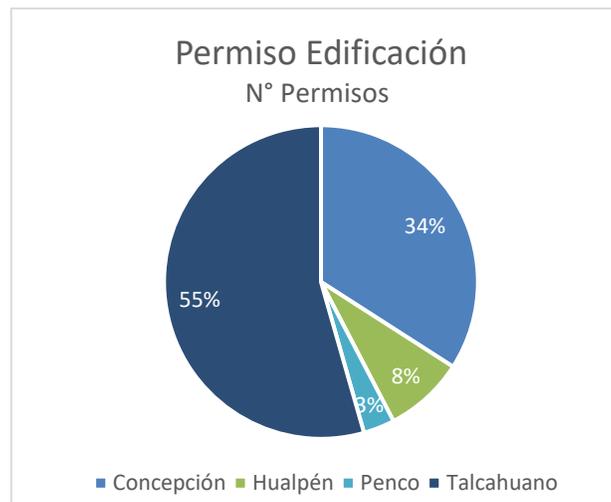
Desde el año 2010 hasta el año 2019 se han ingresado 713 permisos de edificación dentro del radio de 300m del Sistema Humedal, de los cuales las comunas con mayor cantidad de estos son las de Talcahuano (388), representando el 55% , seguida de Concepción (243) con el 34%, luego Hualpén (59), un 8 % y Penco con 23, representando un 3% (Tabla 17 y Figura 34 ).

Tabla 17. Permisos, superficie y unidades por comunas

Comunas	Permisos	Superficie (m <sup>2</sup> )	Superficie (ha)	Cantidad unidades
Concepción	243	306.343	30,63	3.884
Hualpén	59	92.253	9,23	191
Penco	23	25.776	2,58	324
Talcahuano	388	402.746	40,27	4.268
<b>Total</b>	<b>713</b>	<b>827.118</b>	<b>83</b>	<b>8.667</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

Figura 34. Proporción de permisos de edificación



Fuente: Elaboración propia

En relación a la evolución en el tiempo, los años 2014 y 2015 son los más intensos, es decir cuando hubo una mayor cantidad de permisos tanto en estas comunas como en el entorno del Sistema Humedal (Tabla 18). El número de permisos tiene una distribución progresiva en la primera mitad de la década, desde el año 2010 hasta el 2014, se encuentra el peak con 154 permisos de edificación, luego el 2015, 150 permisos. Un ejemplo de esos años es la construcción de la urbanización Parque Central (Figura 35). Desde la segunda mitad de la década, los permisos comienzan a descender hasta el año 2019 donde se encuentran 15 solicitud de permisos (Figura 36).

Tabla 18. Permisos, superficies, unidades por años

Año	Permisos	Superficie (m <sup>2</sup> )	Superficie (ha)	Cantidad unidades
2010	20	56.327	5,63	708
2011	54	128.569	12,86	1.210
2012	50	70.308	7,03	494
2013	82	82.929	8,29	987
2014	154	70.047	7,00	724
2015	150	121.546	12,15	1.409
2016	65	39.767	3,98	342
2017	65	116.980	11,70	1.169
2018	58	91.017	9,10	1.077
2019	15	49.628	4,96	547
<b>Total</b>	<b>713</b>	<b>827.118</b>	<b>83</b>	<b>8667</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

Figura 35. Urbanización Parque Central (Hualpén)



Fuente: Urbancost Agosto, 2020

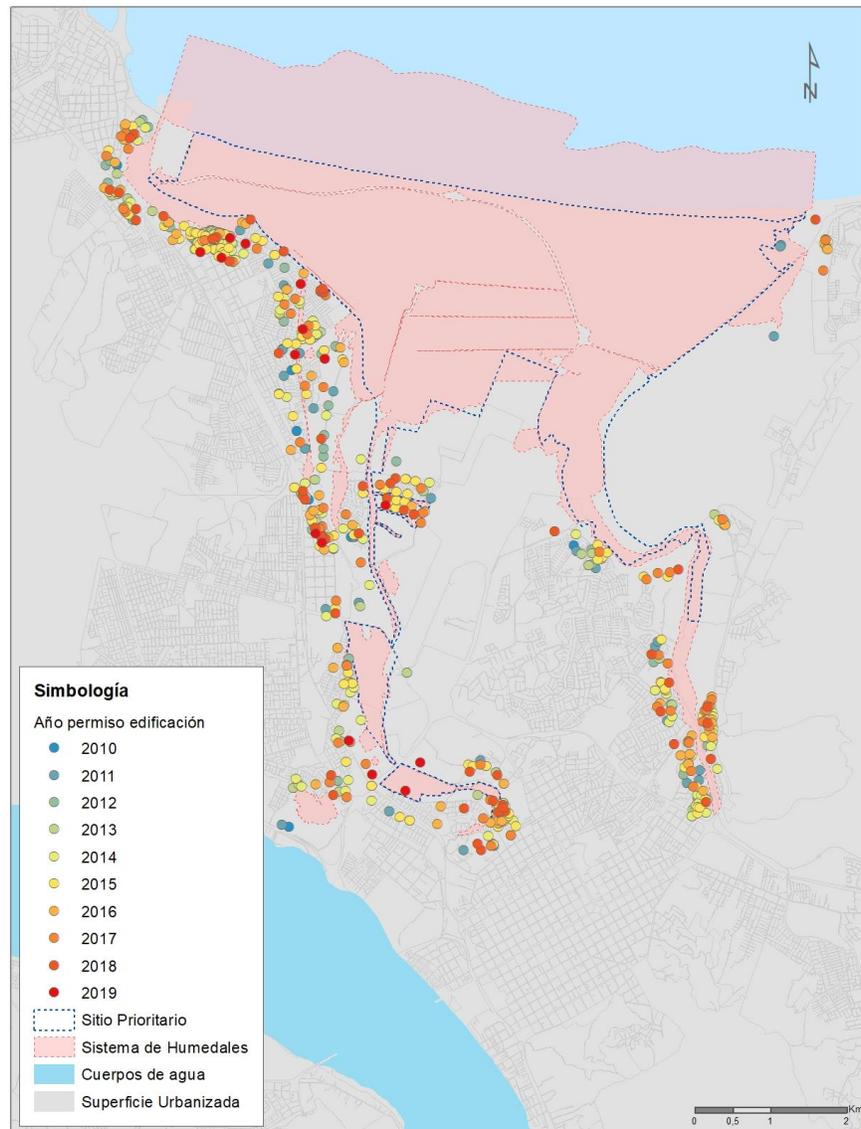
Figura 36. Permisos de edificación



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

Al observar la distribución espacial de los permisos de edificación, podemos identificar los sectores donde el crecimiento urbano se ha expandido con más intensidad, principalmente en la comuna de Talcahuano en el sector de Rocuant–El Morro, Santa Clara, Salinas, Jaime Repullo y Brisas del Sol. El área de mayor construcción también coincide con algunos sectores que fueron afectados por el terremoto del año 2010, donde miles de familias perdieron sus hogares en los sectores más cercanos al mar. En caso de de Concepción, la concentración de permisos de edificación se encuentra ubicados en el sector de Tucape Bajo y en Lorenzo Arenas, además del sector de Campos de Bellavista y sector de los Notros cercanos al río Andalién, por último a partir del año 2018 se observa un incremento de los permisos en el Humedal Paicaví (Figura 37).

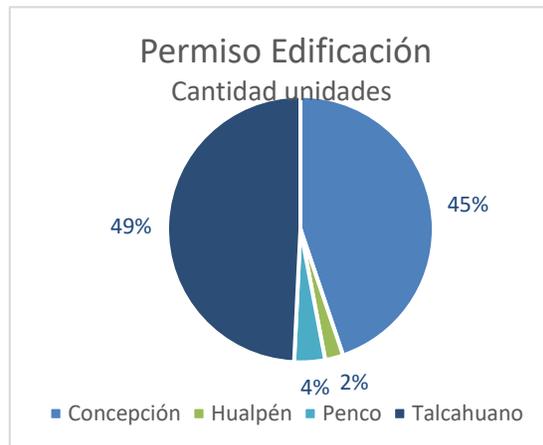
Figura 37. Edificaciones por año



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

En cuanto a las unidades de construcción, estos 713 permisos de edificación representan 83 hectáreas en total, encontrando las mayores construcciones en cuanto a ocupación de superficie en los años 2011 (12,86 ha), 2015, (12,15 ha) y el 2017 (11,70 ha). A su vez del total de permisos se desprende la solicitud de construcción de 8.667 unidades de viviendas, siendo nuevamente el año 2015, el que presenta la mayor cantidad de unidades, un total de 1.409. Al analizar, respecto a las comunas que más han crecido, esta tendencia coincide con la cantidad de permisos, siendo Talcahuano y Concepción las que presentan la mayor superficie construida y también la mayor cantidad de unidades siendo los valores de 40,27 ha con 4.268 unidades para la primera comuna mencionada y 39,63 ha y 3.884 unidades para la segunda (Figura 38). En la distribución espacial también se observan concentraciones en sectores particulares en la comuna Penco, entre Forjadores de Chile y Villa Montahue, en Talcahuano en el sector de San Marcos y Brisas del Sol y finalmente en Concepción en el sector de Campos de Bellavista, donde existen permisos que abarcan entre 241 y 300 unidades (Figura 39).

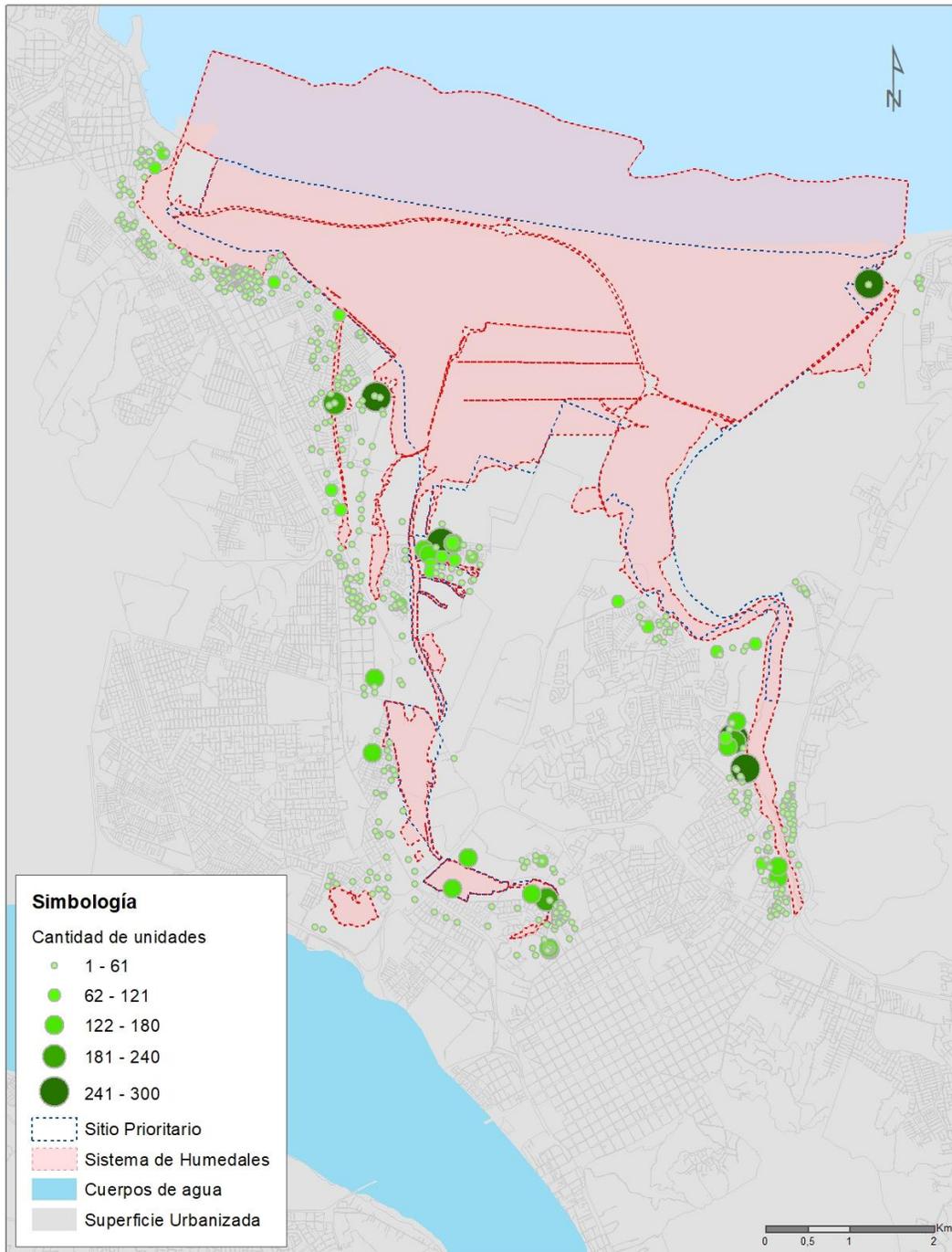
Figura 38. Gráfico de permisos de edificación por unidades



Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos de INE



Figura 39. Permisos de edificación por unidades



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

La distribución de las unidades de permisos en el entorno del Sistema de Humedales está exactamente ajustada a la ley, de acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA)<sup>4</sup>, existe una restricción sobre la cantidad de unidades que pueden ser construidas, así como también la superficie en cuestión, de acuerdo a esta ley aquellos proyectos que se emplacen en una superficie igual o superior a 7 hectáreas o consulten la construcción de 300 o más viviendas o edificios de uso público con una capacidad para cinco mil o más personas o con 1000 o más estacionamientos deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, situación que obviamente no ha ocurrido en la zona de estudio.

- Permiso Edificación por Uso de Destino

En cuanto a los permisos de edificación por uso de destino, encontramos que en este período de tiempo (2010 -2019) de los 713 permisos, 509 corresponden a permisos con destino habitacional, 50 a permisos con destino mixto y 154 a permisos a construcciones no habitacionales. En cuanto a cantidad de unidades, el 58,8% de las unidades corresponden a destino habitacional, siendo el 2011 el año donde se encuentra la mayor cantidad de estas unidades, el 39,2% corresponde a destino mixto, siendo el año 2018 donde se encuentra su valor más alto y solo el 2% corresponde a destino no habitacional, siendo su máxima edificación los años 2011 y 2012 (Tabla 19).

Tabla 19. Permisos habitacionales según tipo de uso

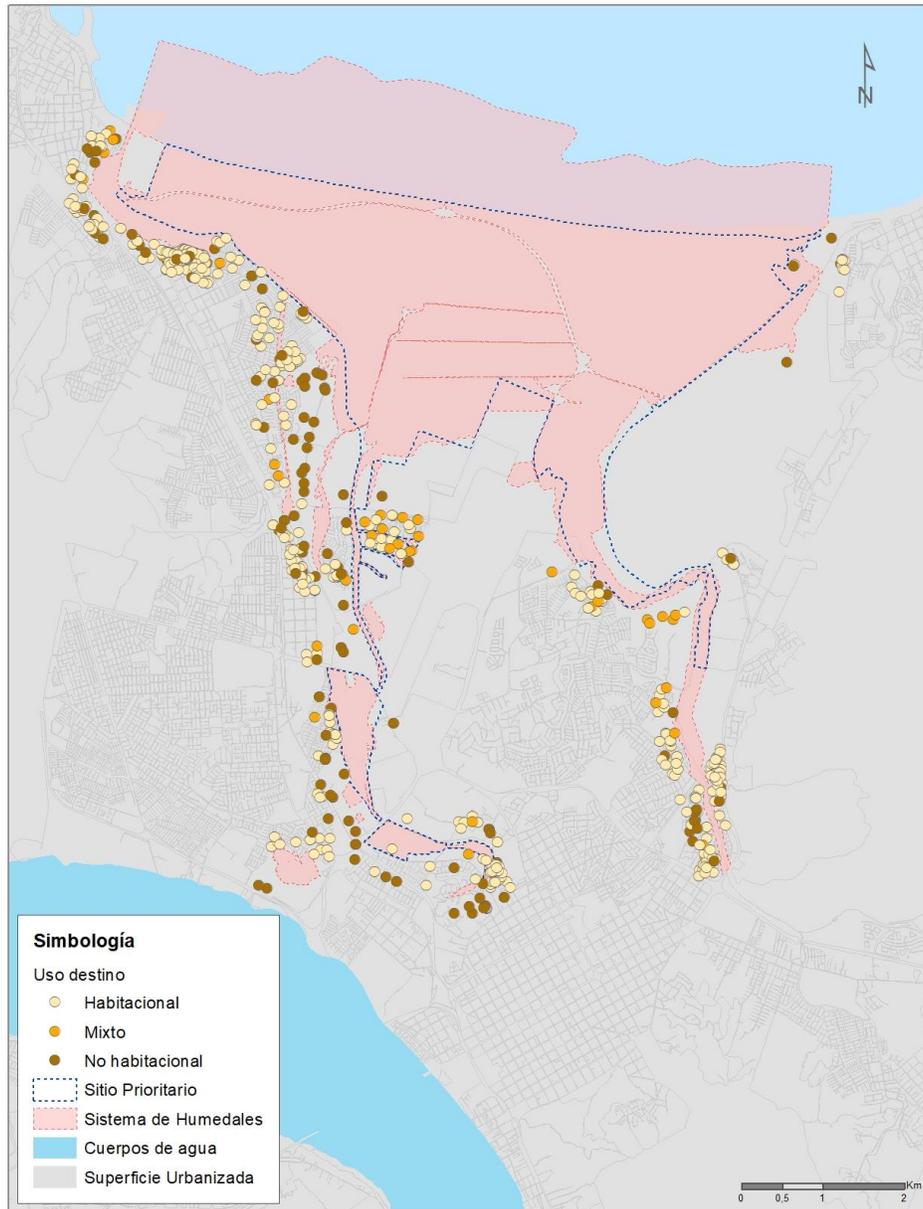
Comunas	Habitacional			Mixto			No habitacional		
	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)
Concepción	181	2.490	16,95	18	1.347	9,41	44	47	4,28
Hualpén	35	38	0,34	1	129	0,85	23	24	8,03
Penco	18	317	1,80	0	0	0,00	5	7	0,78
Talcahuano	275	2.254	16,26	31	1.918	14,21	82	96	9,80
<b>Total</b>	<b>509</b>	<b>5.099</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>3.394</b>	<b>24</b>	<b>154</b>	<b>174</b>	<b>23</b>

Fuente: *Elaboración propia, a partir de datos de INE*

En la cartografía se observa la distribución de los destinos de uso de los permisos de edificación, encontrándose en el sector de Talcahuano cercano la zonas de Rocuant, El Morro, Santa Clara, Salinas, Jaime Repullo y San Marcos edificaciones principalmente de tipo habitacional, luego en las áreas de Huertos Familiares y Parque Industrial, existen edificaciones del tipo no habitacional. En el barrio de Brisas del Bol encontramos gran cantidad de edificaciones del tipo mixto y habitacionales. En el sector cercano a la ubicación del Humedal Vasco de Gama existen edificaciones de tipo habitacional y no habitacional, encontrando posteriormente que en el sector de Tucapel Bajo donde se ubica el Humedal Paicaví existe una gran concentración de edificaciones del tipo habitacional principalmente y algunas del tipo no habitacional. En la comuna de Concepción en sitios cercanos al Río Andalién se observan edificaciones igualmente del tipo habitacional y no habitacional.

<sup>4</sup> D.40 Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental; art 3, letra h, h.1.3 (Corregir) <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053563>

Figura 40. Distribución de permisos según uso de destino



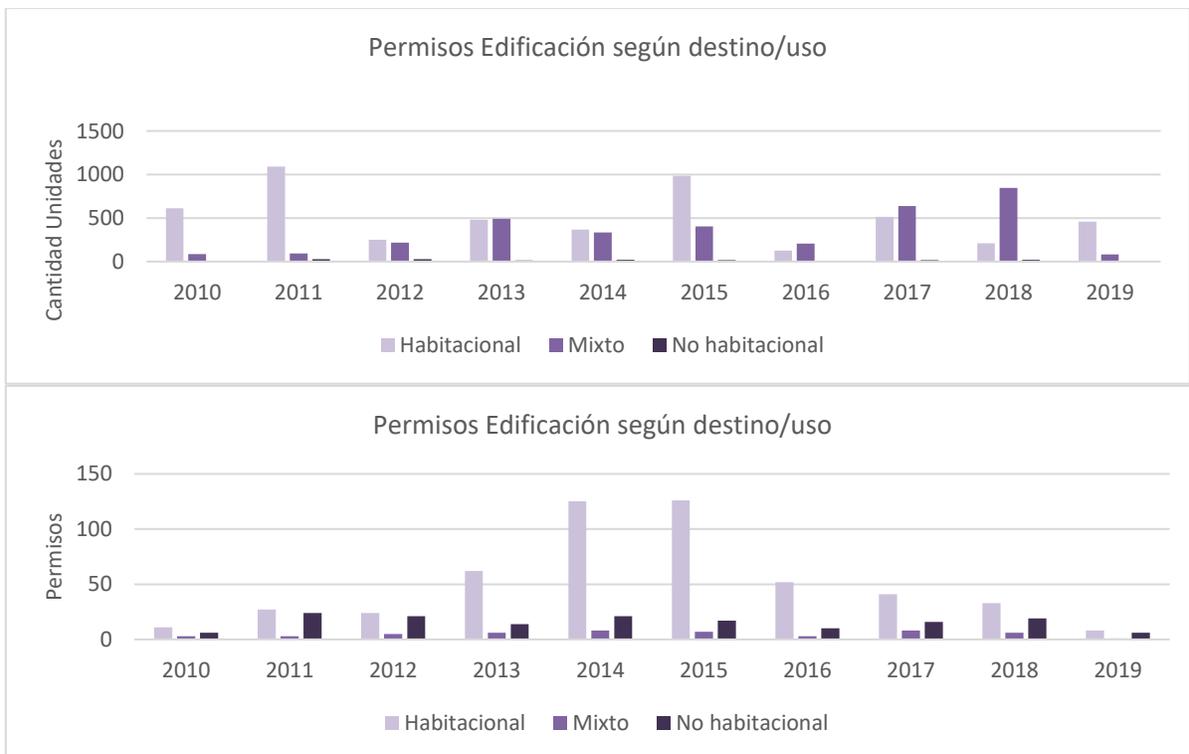
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

Tabla 20. Resumen permisos edificación por año y uso de destino

Año	Habitacional			Mixto			No habitacional		
	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)	Permisos	Cantidad Unidades	Área (ha)
2010	11	611	3,57	3	87	0,62	6	10	1,45
2011	27	1.090	6,82	3	93	0,78	24	27	5,26
2012	24	251	1,74	5	216	1,77	21	27	3,52
2013	62	482	3,42	6	491	3,67	14	14	1,20
2014	125	369	2,63	8	333	2,28	21	22	2,10
2015	126	986	8,14	7	405	3,36	17	18	0,65
2016	52	126	0,68	3	206	1,56	10	10	1,74
2017	41	515	3,18	8	637	4,73	16	17	3,78
2018	33	210	1,75	6	845	5,17	19	22	2,18
2019	8	459	3,41	1	81	0,54	6	7	1,01
<b>Total</b>	<b>509</b>	<b>5.099</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>3394</b>	<b>24</b>	<b>154</b>	<b>174</b>	<b>23</b>

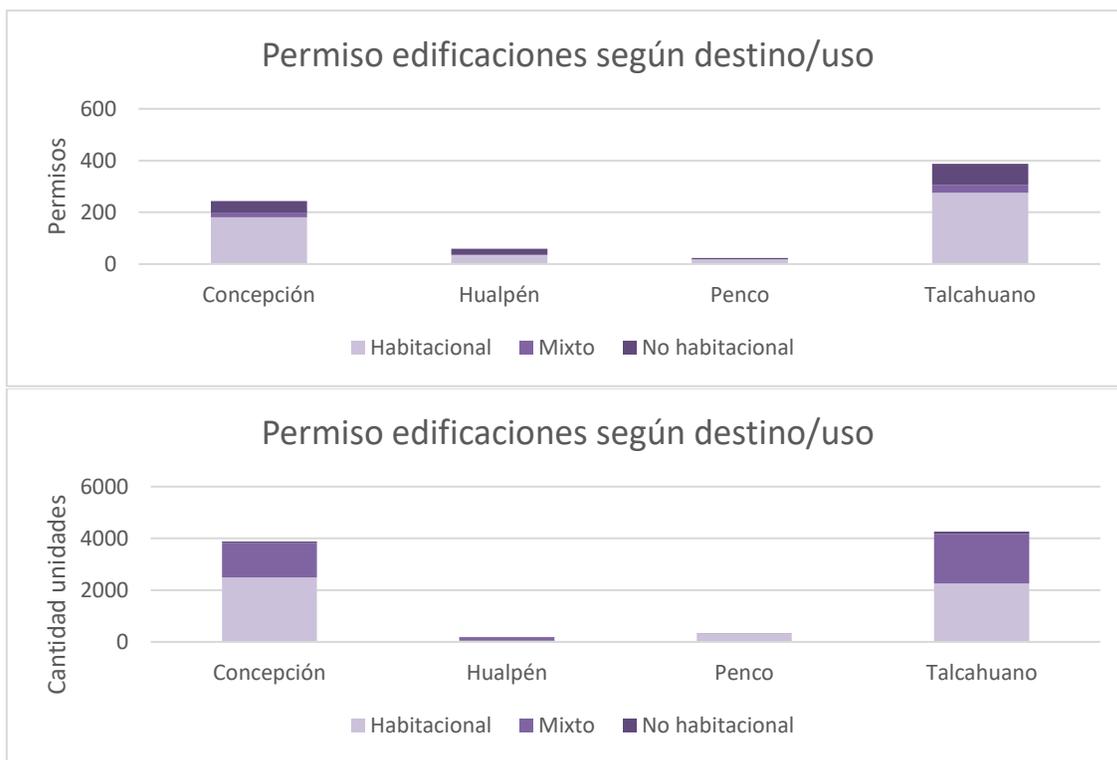
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de INE

Figura 41. Permisos de edificación según destino por año



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

Figura 42. Permisos de edificación según destino por comunas



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

## 2.2 Procesamiento de Imágenes Satelitales

En la delimitación de los límites del Sistema Humedal se consideró un trabajo combinado entre la toma de datos de campo y el procesamiento del mosaico de la imagen satelital otorgada por el Ministerio de Medio Ambiente (Ver Anexo). Las principales técnicas aplicadas para el mapeo de los humedales son los criterios de vegetación, de topografía y de hidrología, utilizando teledetección. Una combinación de estos factores puede producir un producto final de buena calidad. Es importante destacar que los límites de los humedales son dinámicos y, por lo tanto, es de vital importancia considerar su variación temporal en periodos húmedos.

El estudio se realiza con la imágenes de alta resolución (0,8 m/píxel) del año 2020 (abril) de cuatro bandas espectrales, proporcionada por la contraparte técnica del Proyecto GEF Humedales Costeros e imágenes gratuitas Sentinel-2 de 10 metros de resolución espacial. La imagen de alta resolución presenta 4 bandas (3 en el visible y 1 en el infrarrojo cercano) que permiten la aplicación el indicador espectral de vegetación e índice topográfico, más fotointerpretación y vectorización en sistemas de información geográfica. También se revisan los antecedentes de la infomación sistematizada, mencionados anteriormente (por ejemplo factores biológicos y sociales)

### a) Criterio vegetación Indicadores Espectrales

Los indicadores espectrales permiten detectar lugares con vegetación adaptada a condiciones de humedad e inundación temporal, además de detectar las zonas temporal y permanentemente inundadas. Para complementar esta sección se utilizaron imágenes Sentinel 2A MSI. Estas imágenes cuentan con las correcciones suficientes para realizar cálculos entre bandas y poder generar zonificaciones de vegetación adaptada al Sistema Humedal. En la tabla 21 se describen los indicadores aplicados a las imágenes.

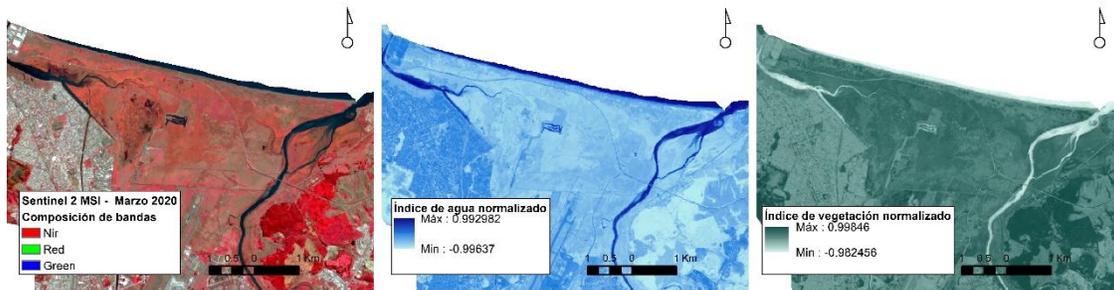
Tabla 21. Indicadores espectrales aplicados

Nombre	Formula	Fuente
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Rouse et al., (1973)
Normalized Difference Water Index	$NDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$	Xu (2006)

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores espectrales utilizados (Figura 43), permitieron obtener un análisis de los cuerpos de agua y la vegetación. No obstante, debido a la escala, es decir el tamaño de los humedales, no fue posible realizar el mismo procedimiento para los humedales de Paicaví y Vasco da Gama, por tanto para este caso se fotointerpretó la vegetación, mediante análisis visual, a través de la digitalización en archivos vectoriales. El indicador de vegetación normalizada permitió diferenciar la vegetación de marisma a través de una estratificación entre valores -1 hasta 0 siendo las zonas sin vegetación y cuerpos de agua, mientras que las zonas ubicadas entre el 0 al 0.3 se caracterizaron por presentar las especies de *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa*. Desde 0.3 hacia adelante se encontraron otros tipos de vegetación como árboles nativos, plantaciones forestales, agricultura y otra vegetación. Por otro lado, al examinar el indicador NDWI, se establecieron al menos 3 categorías, valores entre -1 a 0 se consideraron sectores con vegetación y sin agua, mientras que los valores entre 0 a 0.2 son valores con suelos húmedos, y valores entre 0.2 a 1 son valores en donde existen cuerpos de aguas, lagunas y estuarios.

Figura 43. Indicadores espectrales aplicados



Fuente: Elaboración propia, a partir de Sentinel-2

#### b) Criterio de Topografía

Se utilizó un modelo de elevación digital LIDAR solicitado al MINVU (2012), las características de este modelo son de una resolución espacial de cinco metros que permitió calcular curvas de nivel y el indicador topográfico de humedad, que permite obtener las zonas en donde se concentra la humedad o zonas saturadas con agua. Para calcular este índice, se utilizó el WhitteboxTools Processing plugin para QGIS 3.16.

Los resultados del índice de humedad topográfico (Figura 44), muestran valores desde 0 a 33, siendo el valor 0 con nula humedad o posibilidad de acumular agua, mientras que los valores 33 son aquellos directamente relacionados con el agua.

En términos generales, las zonas de humedad, coincide con las zonas de baja pendiente y con los Sitios Prioritarios propuestos cuando se alcanza sobre 10, de esta forma se tomaron todos los valores entre 10 y 33 en la que se encontraron alrededor de 1.380 hectáreas, distribuidas fundamentalmente entre la marisma y los humedales palustres. Adicionalmente se encontraron áreas inundables en zonas aledañas al Humedal Vasco da Gama, Paicaví y el Canal Ifarle. Las zonas aisladas, generalmente como líneas, no fueron consideradas debido a que son propias de construcciones detectadas por el modelo de elevación digital LIDAR.

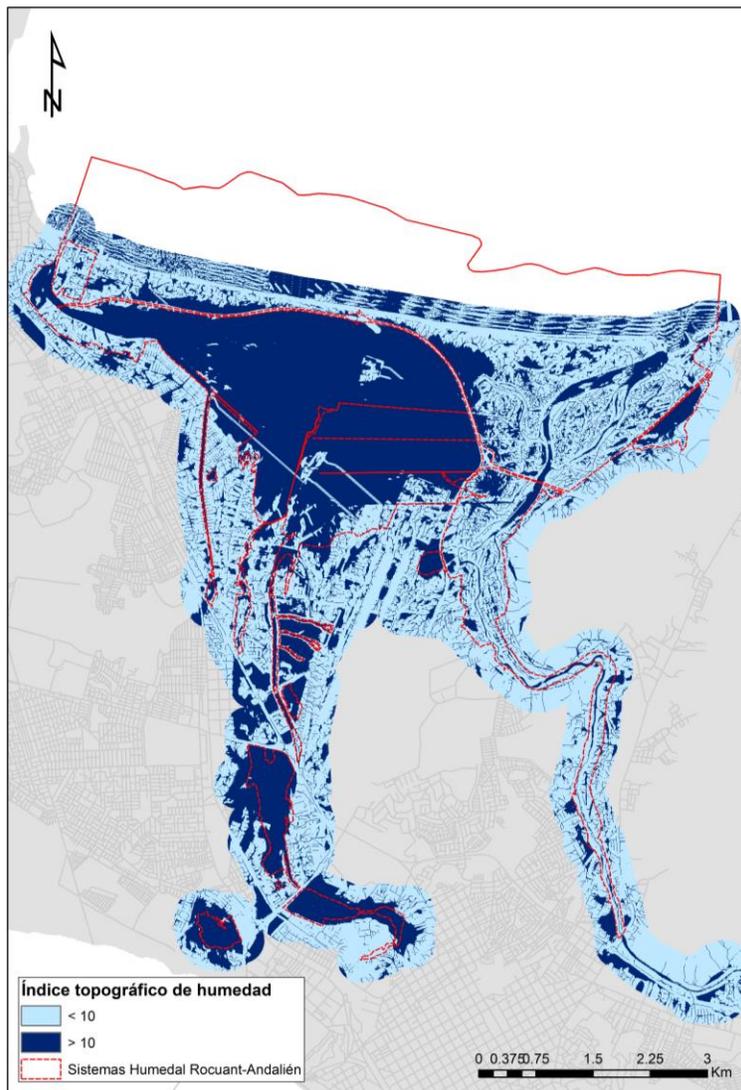


Figura 44. Indicador de humedad topográfica

Fuente: Elaboración propia

### 2.3 Revisión de cartografía de inventario nacional

Se revisó la reciente cartografía del inventario nacional de humedales del Ministerio del Medio Ambiente (Edáfica, 2020), el inventario es un antecedente relevante porque corresponde a un sistema de seguimiento ambiental de los humedales, para la planificación, manejo, conservación (uso sustentable), preservación o protección de los humedales de Chile, a escala nacional, regional y local. Para el Sistema de Humedales evaluado se detecta una superficie correspondiente a 1.367,49 ha. El inventario nacional tiene la particularidad de identificar a la marisma Rocuant–Andalién como humedales palustres, siendo para el inventario el tipo más representativo con 1.137,46 ha. Consideramos que esto es un error, ya que gran parte de esa zona tiene intrusión salina y funciona como Marisma, es decir humedal costero. Se presupone que el error de clasificación de la imagen satelital se debe a la falta de medición y validación con datos de terreno, ya que básicamente es una delimitación por imágenes de satélite. Sigue en la delimitación la detección de humedal lacustre con 26,11 ha, en la cual se clasifican las lagunas urbanas de la ciudad de Concepción, finalmente se define una superficie de 191,26 ha de humedales ribereños en los cuerpos de agua permanentes como el Río Andalién, quedando 11,13 ha sin clasificar como un tipo de Humedal.

Considerando las inconsistencias en la clasificación del inventario actual, sobre todo en el dejar como un mismo tipo de ecosistema Humedal al Rocuant-Andalién, con los que sí son palustres como el Vasco de Gama y el Paicaví, más las mediciones de terreno y características geomorfológicas de este estudio, se decide incorporar al inventario como un área de influencia cuya delimitación y clasificación pueda ser perfeccionada por este estudio, pero como criterio principal es que toda su superficie sea reconocida en la presente delimitación.

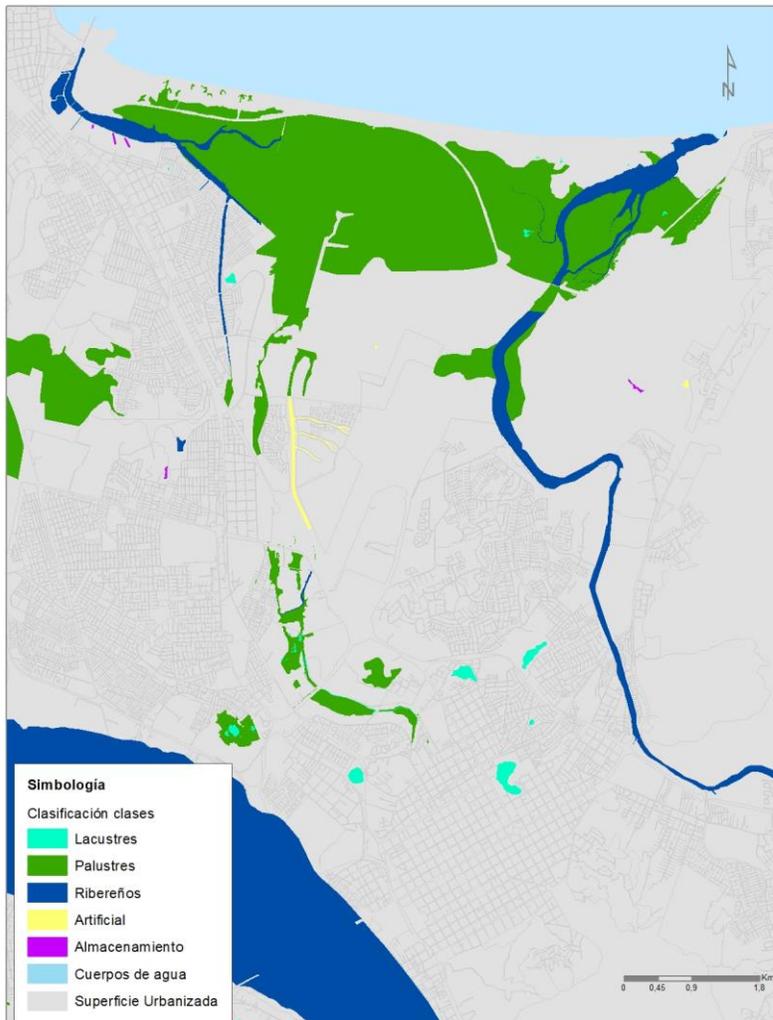


Figura 45. Clasificación del Sistema de Humedales por el Inventario Nacional 2020

Fuente: Edáfica 2020

## 2.4 Delimitación del Sistema Humedal

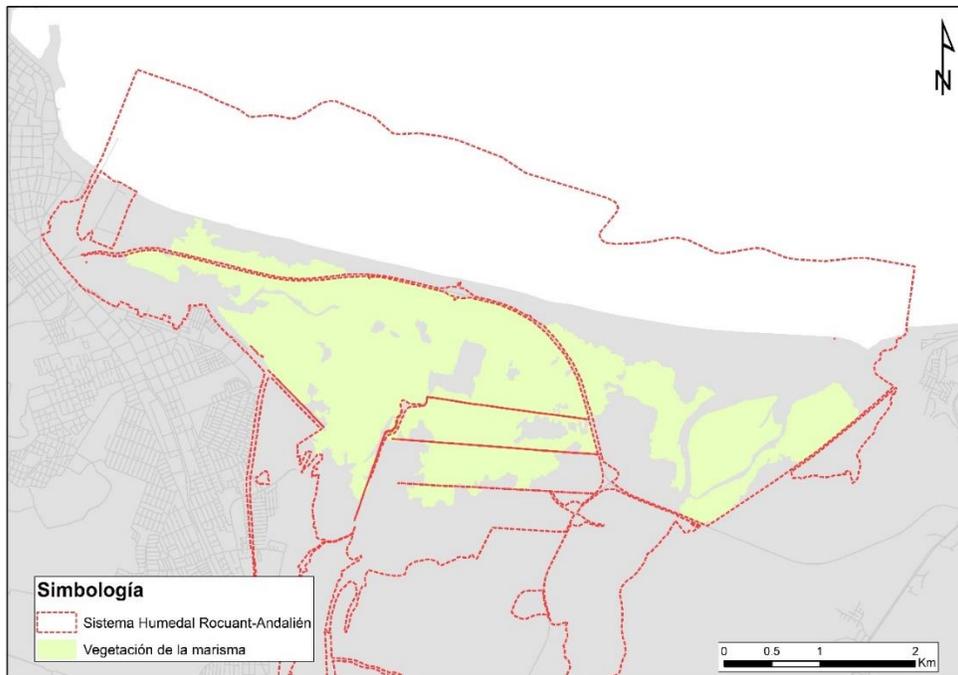
### a) Determinación de espejo de agua y vegetación

Para determinar el espejo de agua se considerarán los suelos anegados permanente o estacionalmente y la hidrología de los principales afluentes (ríos y esteros) que alimentan y son relevantes para el funcionamiento ecológico del Sistema Humedal. Para detectar la vegetación se incluirá los tipos hidrófila y ripariana. A partir de los índices espectrales detallados anteriormente se discrimina la vegetación del agua. Para el caso del espejo de

agua se utilizó el índice “Normalized Difference Water Index”, propuesto por McFeeters (1996) utilizando la banda infrarroja y la banda verde.

El indicador de agua normalizado indicó los principales cuerpos de agua junto con las zonas que poseen mayor humedad, mientras que el indicador de vegetación pudo diferenciar las principales áreas de la marisma Rocuant -Andalién (Figura 46). Sobre esta vegetación fue posible encontrar 790 hectáreas.

Figura 46. Extracción de las zonas de marisma



Fuente:  
Elaboración propia

b) Efectos de las mareas y su zona de influencia

En esta etapa se inició la determinación del efecto de las mareas y sus zonas de influencia en el Sistema Humedal, para ello se adaptó la metodología de Rojas et al., (2018), que consideró la medición durante un ciclo completo de marea, obtenido las sicigias de un mes (Perillo y Piccolo, 1993). Para las mareas salinas se utilizó un medidor multiparámetro HANNA HI 9829, los valores registrados en los puntos de muestreo en los canales naturales y artificiales del Sistema Humedal (Figura 47) fueron clasificados según clases de salinidad (Tabla 22) (Madden et al., 2008).

Tabla 22. Clases de salinidad

Clase de Salinidad	Nivel de Salinidad (PSU)
Dulce	0-0.49
Oligohalina	0.5-5
Mesohalina	5.01-18
Polihalina	18.01-30
Euhalina	30.01-40

Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Medición de la salinidad en canales del Sistema Humedal



Fuente: Urbancost

Para la influencia de la marea dinámica, se efectuaron mediciones del nivel del mar en el Sistema Humedal. Se instalaron tres sensores de presión autocontenido marca Hobo en los sectores escogidos para el estudio (Figura 48). Las mediciones del nivel del mar se extendieron por un periodo de 26 días, periodo durante el cual se midió una condición de sicigia en fase de luna llena (29/12/2020). La información obtenida correspondió a la medición de dos sensores ya que uno de ellos eventualmente fue sustraído por terceros. Adicionalmente, los datos fueron contrastados con mediciones realizadas en el sector puente Las Ballenas, provenientes del estudio de Rojas et al., (2018).

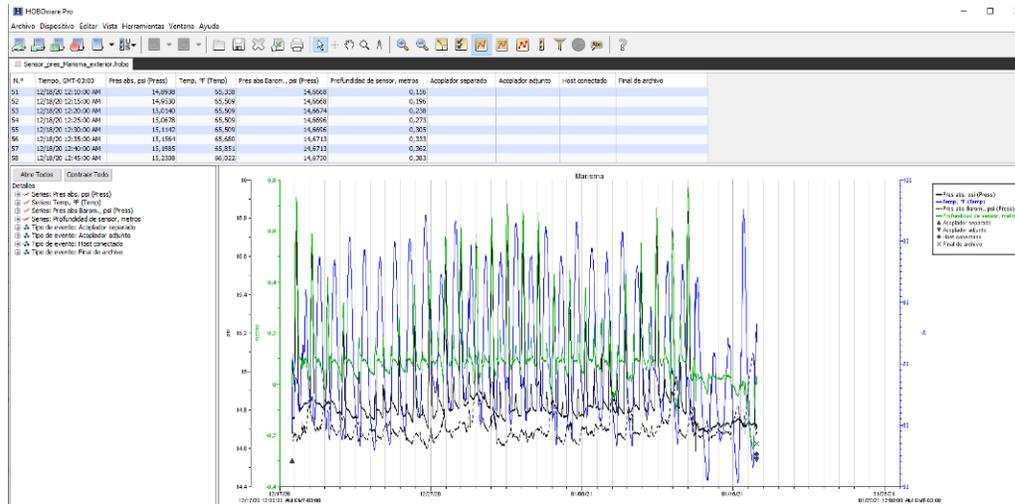
Figura 48. Localización sensores de presión



Fuente: Elaboración propia

El procesamiento de la información contenida en los sensores se hizo mediante el software Hoboware (Figura 49), utilizando la información de presión atmosférica medida durante el periodo de medición de los sensores. Las alturas del nivel del mar obtenidas por ambos sensores están referidas al cero del sensor. Para referir estas alturas al nivel medio del mar se estableció un apoyo geodésico entre un vértice referido al Nmm (Facu) y la ubicación de los sensores en terreno.

Figura 49. Proceso de información de sensores Hobo



Fuente: Elaboración propia

Se efectuó un apoyo geodésico para la ubicación de los sensores de presión instalados, objeto de vincular altimétricamente la medición de estos al nivel medio del mar (Nmm). El vértice base se encuentra en la entrada sur al campus de la Universidad de Concepción. Las coordenadas del vértice se encuentran en datum WGS-84 y su altura está referida al Nmm (Figura 50).

Figura 50. Vinculación vértice "Facu"- Sensores Presión



Fuente: Elaboración propia

Se efectuaron mediciones estáticas a partir del vértice “Facu”, con equipos GPS doble frecuencia marca Hemisphere modelo S-321. El procesamiento de la información se hizo mediante el software Trimble Bussines Center 5.0. Las soluciones de las mediciones fueron fijas con precisiones centimétricas horizontal y verticalmente (Figuras 51 y 52).

Figura 51. Solución de vectores medidos

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\luisf\OneDrive\Documents\Trimble Business Center\andalien-enero-13.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	56 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	18-01-2021 10:03:11 (UTC:-3)	Zona:	18 South
Zona horaria:	Hora estándar Sudamérica este	Geoida:	EGM 2008 Chile
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		O bra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

**Informe de procesamiento de líneas base**

**Procesando resumen**

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
facu --- sensor1 (B1)	facu	sensor1	Fija	0.006	0.032	337°34'16"	10511.151	-23.811
facu --- sensor2 (B2)	facu	sensor2	Fija	0.018	0.037	335°44'14"	11451.826	-23.968
facu --- sensor3 (B3)	facu	sensor3	Fija	0.015	0.022	346°25'53"	11132.009	-23.686

**Resumen de aceptación**

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
3	3	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Cuadro de coordenadas de ubicación de sensores

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\luisf\OneDrive\Documents\Trimble Business Center\andalien-enero-13.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	50 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	18-01-2021 8:58:27 (UTC:-3)	Zona:	18 South
Zona horaria:	Hora estándar Sudamérica este	Geoida:	EGM 2008 Chile
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		O bra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

**Lista de puntos**

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica
facu	675368.788	5921747.812	23.530	
sensor1	671559.126	5931543.948	0.122	
sensor2	670878.732	5932282.310	0.022	
sensor3	672980.171	5932620.236	0.184	

Fuente: Elaboración propia

c) Validación en terreno

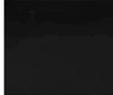
Se realizó mediante trabajo en terreno utilizando GPS en puntos para verificar los tipos de vegetación y cuerpos de agua. Así como los efectos de las mareas y su zona de influencia (Ver mapa en Anexo).

d) Presentación y validación de la propuesta

Terminada la revisión de los antecedentes mencionados anteriormente se elabora una primera cartografía que se presenta en el Taller N°1 realizado el 27 de Noviembre.

En la tabla 23 se exponen las principales coberturas de humedal propuestas para el Taller N° 1. La cartografía actual tiene algunas leves modificaciones respecto de las categorías propuestas en Informe N°1, debido a la revisión más precisa de información complementaria y trabajo en terreno.

Tabla 23. Usos de suelos propuestos para la delimitación del Sistema Humedal

Propuesta	Descripción	Imagen de referencia
<b>Humedal Semipermanente</b> (Temporalmente inundado)	Secciones de la marisma inundadas temporalmente por crecidas y mareas.	
<b>Humedal Permanente</b>	Sectores de la marisma, asociado a la parte estable colonizada principalmente por " <i>Spartina Densiflora</i> ".	
<b>Cuerpos de Agua</b>	Cuerpos de agua como estuarios, ríos, lagunas y estanques.	
<b>Dunas, playas y bancos de arenas</b>	Son fundamental para el resguardo del ecosistema, se encuentran compuestas por dunas y playas estabilizadas, además de los bancos de arenas del estuario.	
<b>Vegetación asociada</b>	Vegetación circundante, como praderas, matorrales y otras especies que se asocian al ecosistema del humedal.	

Fuente: Elaboración propia

La primera delimitación para el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví-Tucapel Bajo (Figura 53) reconoce una clasificación en áreas de humedal de 2.651 ha, categorizándose en Humedal Permanente, Semipermanente (Temporal), Cuerpos de Agua y un Área de Vegetación Asociada con potencial de restauración. Esta primera clasificación también reconoció un Área de Playas y Dunas y al momento de la realización del taller, aún no se incluían los datos de intrusión salina que se presentan en este informe.

Figura 53. Delimitación preliminar Taller N°1 del Sistema de Rocuant–Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví–Tucapel Bajo.



Fuente: Elaboración propia

El taller N°1, fue realizado el día 27 de noviembre de 2020, entre las 10:00 - 13:00. En el se presentó al Comité Técnico Local, la primera versión de la delimitación del Sistema Humedal, esta revisión preliminar permitió recoger apreciaciones generales en torno al primer polígono propuesto por el equipo de Urbancost, fue un

taller realizado via on-line en la plataforma Zoom y tuvo por objetivo principal, revisar la propuesta preliminar de delimitación y zonificación para el Sistema Humedal Rocuant–Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví–Tucapel Bajo.

e) Metodología de trabajo para la revisión de la propuesta de delimitación

En el taller 1 se presentó a la Contraparte Técnica y al Comité Técnico Local el mapa preliminar de la delimitación realizado con las metodologías de teledetección. Se utilizó el método verdad/terreno, donde los asistentes marcaron puntos y superficies sobre el mapa/límite propuesto, identificaron lugares que a su parecer, no debieron ser incluidos en la delimitación del Sistema Humedal, estas observaciones se analizaron y se tomaron en consideración (según corresponda) para una nueva delimitación.

Para el trabajo de revisión, se dividió al Comité en cuatro grupos de entre 10 a 11 personas, los cuales se definieron previos al taller. Se realizaron cuatro mapas online en Google Maps, uno por grupo (un link por cada grupo) y se trabajaron de forma paralela durante el taller. Las observaciones se registraron en una aplicación tipo pizarra digital (*Jamboard*), y luego se debatieron los resultados en una actividad tipo plenaria.

Tabla 24. Cronograma detalle taller N°1

Actividad	Descripción	Hora
Recepción	Abrir sala de zoom, bienvenida a integrantes conectados, esperar la conexión del CTL	10:00 – 10:05
Presentación resultados de delimitación	Presentación de resultados preliminares de delimitación. Insumo de trabajo fundamental para la revisión	10:05 – 10:25
Presentación metodología de revisión	Entrega de instrucciones metodológicas de trabajo utilizadas para el desarrollo del taller	10:25 – 10:40
Pausa		10:40 – 10:50
Formación grupos de trabajo para revisión	Separación de integrantes del CTL en grupos de trabajo para la revisión de límite preliminar	10:50 – 10:55
Actividad Revisión Límite	Desarrollo de actividad de revisión por grupos	10:55 – 11:40
Pausa		11:40 – 11:50
Plenaria actividad de revisión	Palabras abiertas al CTL para presentar observaciones, comentarios, sugerencias, etc.*	11:50 – 12:30
Actividad de cierre	Actividad de evaluación / autoevaluación de participación del CTL*	12:30 – 12:45

Fuente: *Elaboración propia*

Respecto a los comentarios sobre la delimitación, estas son dispersas y se refieren a varios ámbitos, por tanto se sistematizan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Comentarios sobre la delimitación

Observación
<b>Grupo 1</b>
Infraestructura tiene que adaptarse al Humedal
<b>Grupo 2</b>
No sacar las carreteras del Humedal, si bien fragmentan, son líneas que no deberían cortar el Humedal
Considerar rehabilitación de funciones (restauración) de espacios como playas

Agregar línea de costa mar hasta donde permite la definición de Humedal
El flujo del subsuperficial del Biobío puede ser importante de considerar para los flujos aportantes al Humedal
La costanera del Biobío también es importante
<b>Grupo 3</b>
Creo que se debería poder acceder al estudio que sustenta el taller, de manera de poder aportar y que sea provechoso el taller, ya que no se pudo acceder ni siquiera al link para incluir temas en el mapa
Obtener antecedentes antes de participar en talleres
Creo que no es suficiente participación en talleres para pronunciarse respecto de la primera revisión de la delimitación
<b>Grupo 4</b>
Brechas tecnológicas
Preocupación por sitios que ya están urbanizados/contraposición entre lo ambiental y lo que está construido

Fuente: Elaboración propia

Ante la pregunta ¿Qué faltó en la delimitación? Los asistentes señalaron lo siguiente:

Tabla 26. ¿Qué faltó en la delimitación?

Observación
<b>Grupo 1</b>
Faltó considerar la evacuación de aguas lluvias
Considerar segunda pista de ruta interportuaria
Plan de evacuación de aguas lluvias MOP (Canal Ifarle)
<b>Grupo 2</b>
Incorporar área marina adyacente
Incrementar hacia Talcahuano por área marina
Incrementar superficie de playas hacia Talcahuano y Penco
Incorporar buffers y áreas de riesgo usando años extremos
Revisar delimitación en Carriel Norte, se puede agregar esa área
<b>Grupo 3</b>
Creo que faltó solicitar antecedentes a los servicios públicos para nutrir la delimitación
Considerar terrenos particulares, bienes de uso público, falta visita a terreno
Sería ideal conocer la proyección base sin intervención, modelando la superficie que naturalmente debería cubrir el humedal. La delimitación del humedal no debiese considerar las intervenciones, luego potenciales zonas de conflicto se deben analizar de forma individual pero no restringir de entrada la delimitación.
<b>Grupo 4</b>
Laguna Redonda
Áreas inundables
Polígono de Laguna Redonda hacia Lorenzo Arenas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. ¿Qué oportunidades ven en resguardar lo que va quedando de humedal?

Observación
<b>Grupo 1</b>
Replantear Plan Maestro de Aguas Lluvias con nuevos antecedentes (actualización del diseño)
Cambio de paradigma Ambientales/Conservación del humedal
Afectación proyecto Canal Ifarle / Actualización del diseño
Plan Regulador Metropolitano de Concepción / Actualización de la áreas de valor natural
<b>Grupo 2</b>

Proteger la población humana circundante de inundaciones
Es fundamental la zonificación interior para reconectar flujos hídricos
Delimitar buffer además del humedal
Conservación de las aves a nivel Mundial
Áreas buffer de zonas de inundación
Terremotos generan dinamismo en la marisma
<b>Grupo 3</b>
Creo que es una oportunidad de trabajar de forma coordinada entre todas las partes con el objetivo común
Protección de humedal por la ley 21.202
Conocer que esperamos de un humedal, para poder restaurar el humedal
Recolección de opiniones de distintos organismos, permite consensuar términos para la delimitación
<b>Grupo 4</b>
ALERTA / Llegar a capacidades de diálogo y consenso para establecer soluciones

Fuente: Elaboración propia

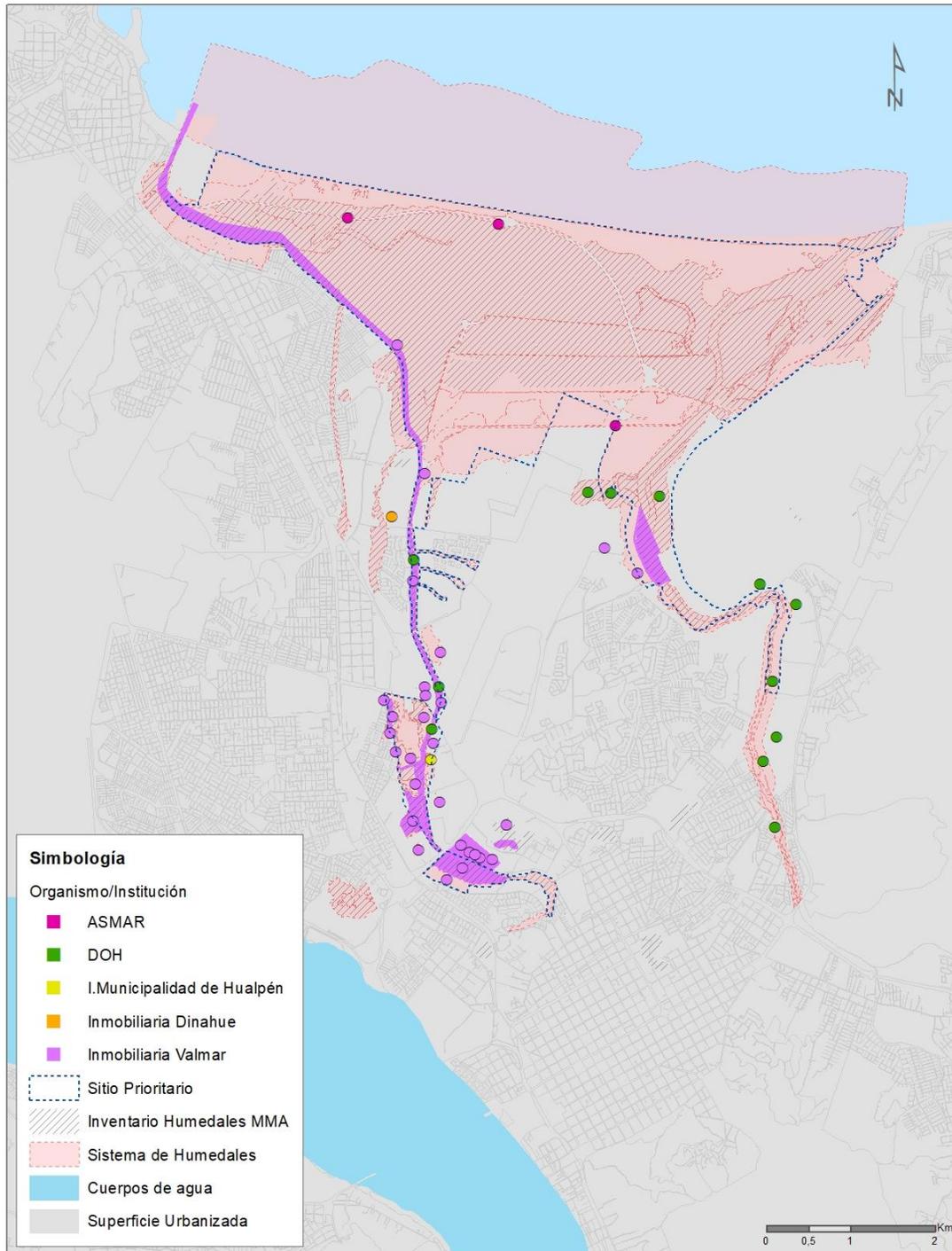
Al finalizar el taller, se acordó generar otra instancia de entrega de observaciones para perfeccionar delimitación, por tanto se generó una ficha de recepción de observaciones que se envió al Comité Técnico Local vía e-mail y se dió un plazo de 15 días para recibir nuevas observaciones (4 de Diciembre). Las respuestas a estas se pueden consultar en el Anexos N°1.

En el plazo estipulado se recibieron 29 observaciones, todas en su respectiva ficha. Si la contraparte requiriese leer el contenidos de las observaciones de las respectivas fichas, estas pueden descargarse del siguiente link [https://www.dropbox.com/sh/1dv1deekpzd98p6/AADevYQNiVQQETNpP\\_eQJt6va?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/1dv1deekpzd98p6/AADevYQNiVQQETNpP_eQJt6va?dl=0)

Las 29 observaciones fueron realizadas por parte de 7 actores del Comité Técnico Local:

- 1.ASMAR
- 2.DOH- Dirección de Obras Hidráulicas
- 3.GNL-Talcahuano
- 4.INMOBILIARIA DINAHUE
- 5.VALMAR
- 6.DGA – Dirección General de Aguas
- 7.Ilustre Municipalidad de Hualpén

Figura 54. Observaciones recibidas en el período de recepción



Fuente: Elaboración propia

f) Respuestas a Observaciones del CTL a delimitación

La siguiente tabla muestra la repuesta a las observaciones realizadas en el taller

Tabla 28. Observaciones a la delimitación en Taller del 27 de Noviembre

Observación	Respuesta Técnica
<b>Grupo 1:</b>	
Faltó considerar la evacuación de aguas lluvias	Lo solicitado, no se encuentra considerado en los TDR del proyecto para la delimitación del Sistema Humedal. Sin embargo, se incorporó la extensión del Canal Ifarle en la Figura 89 de infraestructura proyectada que se incluye en el apartado de "Instrumentos de Planificación Territorial"
Considerar segunda pista de ruta interportuaria	En la delimitación no se considerarán infraestructuras proyectadas según los términos de referencia. Se deja constancia de estas en la Figura 89, la cual representa las infraestructuras futuras sobre el sistema. Es se incluye en el apartado de "Instrumentos de Planificación Territorial"
Plan de evacuación de aguas lluvias MOP (Canal Ifarle)	Se considera en la delimitación toda la extensión de lo ejecutado del Canal Ifarle. En relación a lo proyectado, se deja como antecedente la cartografía específica de infraestructuras futuras (Figura 89) que se incluye en el apartado "Instrumentos de Planificación Territorial."
<b>Grupo 2:</b>	
Incorporar área marina adyacente	Se incorpora el veril de los 6 metros de profundidad en la bahía según Ley de HU
Incrementar hacia Talcahuano por área marina	Se incorpora el veril de los 6 metros de profundidad en la bahía según Ley de HU
Incrementar superficie de playas hacia Talcahuano y Penco	Se incorpora el veril de los 6 metros de profundidad según Ley de HU Se verifican los datos aves y puntos de nidificación (Francisco de la Barrera) de Ortiz, P., Jara, F. & Sanhueza, K. (2020), estos son polígonos y puntos de concentración de descanso, alimentación y nidificación de aves migratorias y residentes en el Humedal Rocuant-Andalién.  En el caso de la extensión de la playa en las comunas de Penco y Talcahuano, no es posible incrementar la delimitación de acuerdo con las referencias del sitio prioritario e del inventario 2020.
Incorporar buffers y áreas de riesgo usando años extremos	Se incorpora la inundación por efecto de mareas dinámicas en el sistema del estuario y marisma. Respecto a inundaciones fluviales se incluyó cartografía específica que valida las llanuras de inundación como humedal temporal.

Revisar delimitación en Carriel Norte, se puede agregar esa área	Considerando los antecedentes del inventario y el Sitio Prioritario se define la zona a incorporar como humedal, se incluye un área de conectividad del sistema. En las áreas restantes se verifican en terreno y con imágenes satelitales rellenos de aproximadamente 2m de escombros.
<b>Grupo 3:</b>	
Creo que faltó solicitar antecedentes a los servicios públicos para nutrir la delimitación	Se incluyen antecedentes desde diversas fuentes públicas en la elaboración del informe. Se solicita ser más específico en términos de los antecedentes considerados.
Considerar terrenos particulares, bienes de uso público, falta visita a terreno	Se incluyen fotos de los terrenos realizados en el informe N°2 y en la verificación de observaciones. Además, se complementa con el uso de imágenes satelitales. No se incluye información de terrenos particulares y de bienes de uso público, ya que los TDR no incluyen estos antecedentes.
Sería ideal conocer la proyección base sin intervención, modelando la superficie que naturalmente debería cubrir el humedal. La delimitación del humedal no debiese considerar las intervenciones, luego potenciales zonas de conflicto se deben analizar de forma individual pero no restringir de entrada la delimitación.	Se entenderá como proyección base el mapa geomorfológico del 80 (Ilabaca, 1980) y los antecedentes geológicos y de riesgo de inundación. Los datos se contrastaron con la geomorfología actual y la delimitación basada en los TDR  Se realizó un segundo polígono de delimitación, que muestra un área homogénea.
<b>Grupo 4:</b>	
Laguna Redonda	Consideramos que al ser un sistema lacustre, no se debe incorporar en el Sistema Humedal. De todas formas quedamos a espera de de Ministerio de Medio Ambiente
Áreas inundables	Se incluye un mapa de inundación fluvial y por mareas que fue considerado en la delimitación
Polígono de Laguna Redonda hacia Lorenzo Arenas	Consideramos que al ser un sistema lacustre no se debe incorporar en el Sistema Humedal.

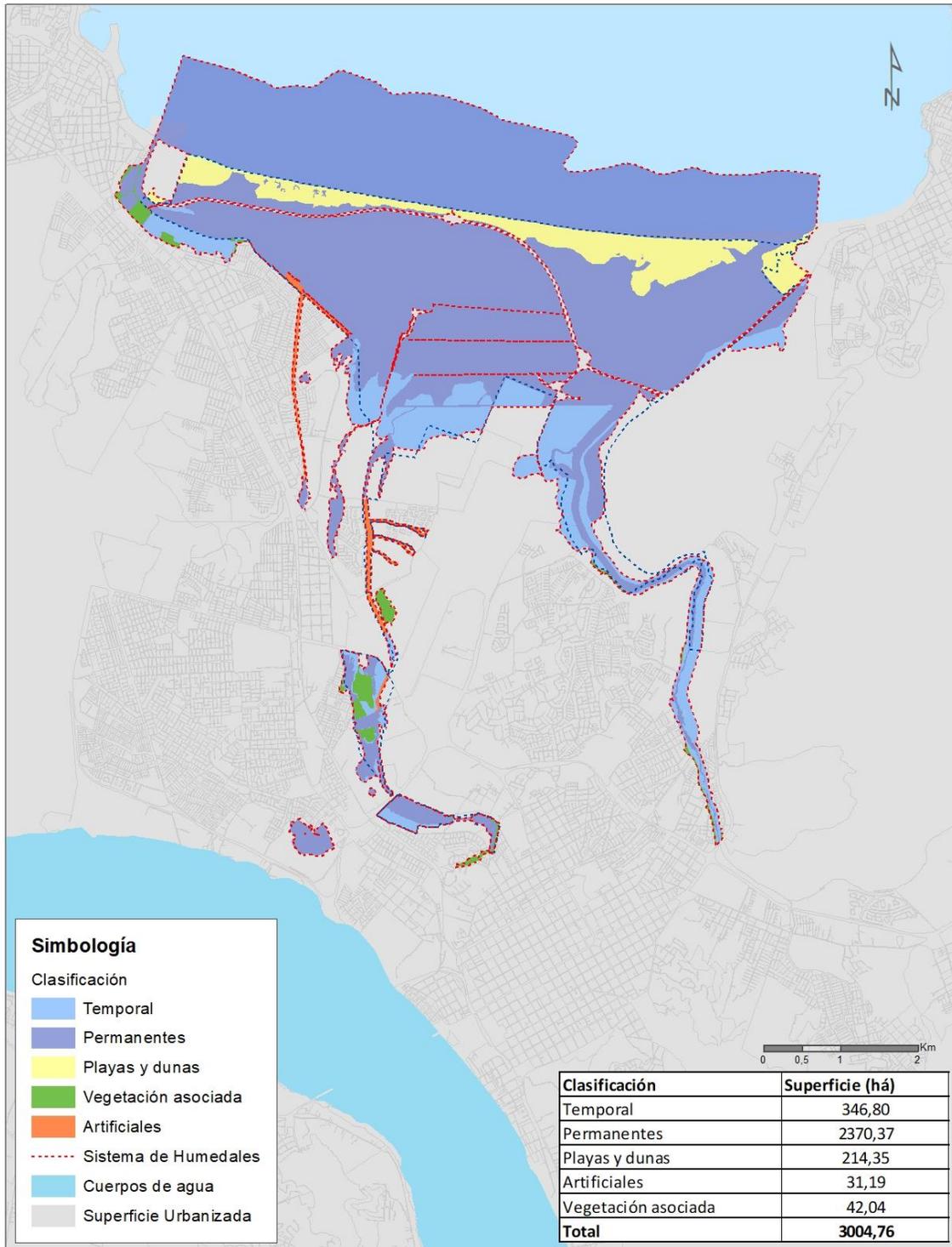
Fuente: Elaboración propia

g) Cartografía preliminar Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo

La cartografía con la delimitación propuesta para el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo, propone una superficie de 3.004,76 ha, de las cuáles 955,5 ha, corresponden a la zona marina adyacente que en esta propuesta se incluye como humedal permanente. De las 3.004,76 hectareas, 2.370 ha son humedal permanente, 346,8 corresponden a humedal temporal o semipermanente, 2.214,3 a playas y dunas, 31,19 ha a humedal artificial y 42,4 ha a vegetación asociada la cual puede ser una zona de amortiguación y ser priorizada para procesos futuros de restauración (Figura 55).

Por último esta cartografía se presentó al Comité Técnico Local en el Taller N°3 el día 22 de enero de 2021.

Figura 55. Delimitación preliminar Taller N° 3 del Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo

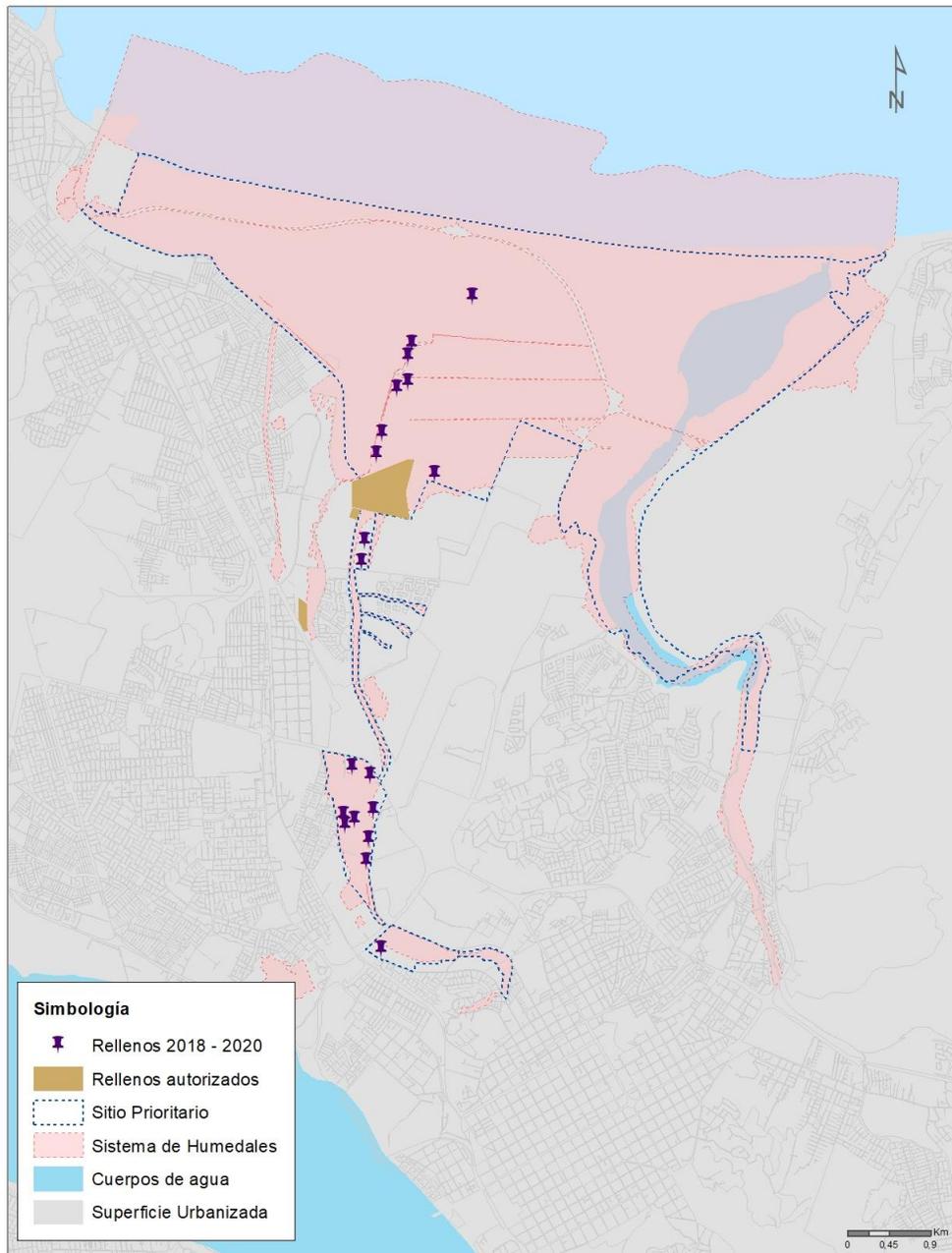


Fuente: Elaboración propia

h) Rellenos en Sitio Prioritario

El proceso de revisión de observaciones, lamentablemente también sirvió para constatar una serie de rellenos recientes dentro del límite de Sitio Prioritario, por tanto se decidió con imágenes de Google Earth identificar otros rellenos que han ido modificando la vegetación del Sistema Humedal, estos se han producido principalmente en el Humedal Vasco de Gama y en Carriel Norte en el Humedal Rocuant-Andalién en los últimos años (Figura 56).

Figura 56. Rellenos en Sitio Prioritario



Fuente: *Elaboración propia*

La situación de los rellenos es compleja, si la institucionalidad ambiental no fortalece la fiscalización es muy difícil preservar estas superficies de borde que por su localización hoy son muy valoradas, además existen autorizaciones sanitarias por la SEREMI de Salud para la acumulación y disposición final de residuos no peligrosos de escombros de demolición de viviendas y edificaciones. De hecho varias de las superficies que se perdieron de humedal al momento de corregir los límites se debió a estos rellenos recientes, incluso algunos se han producido a fecha posterior de la imagen 2020 que proporción la Contraparte Técnica, por lo mismo para comprobar esta situación se utilizó como criterio el año 2018, que fue cuando comenzó a discutirse la Ley de Humedales Urbanos. Esta situación es preocupante debido a que como se ve en la Figura 56, varios de estos rellenos se han producido dentro del Sitio Prioritario, de los cuales se entiende que los humedales declarados en esta categoría, constituyen áreas colocadas bajo protección oficial para los efectos de lo dispuesto en la letra o) del artículo 10 de la Ley 19.300, por tanto es posible concluir que ya es un área protegida bajo protección oficial y debe considerarse como tipología de ingreso del Sistema de Evaluación Ambiental, esta situación hace aún más evidente la falta de fiscalización de conductas denunciables en la zona y a qué institución deben ser dirigidas. En este sentido la propuesta de un toolkit para la gestión y conservación de humedales (Bergamini et al., 2020) para usuarios como agentes activos del proceso de fiscalización.

i) Plataforma “Sube tu foto”

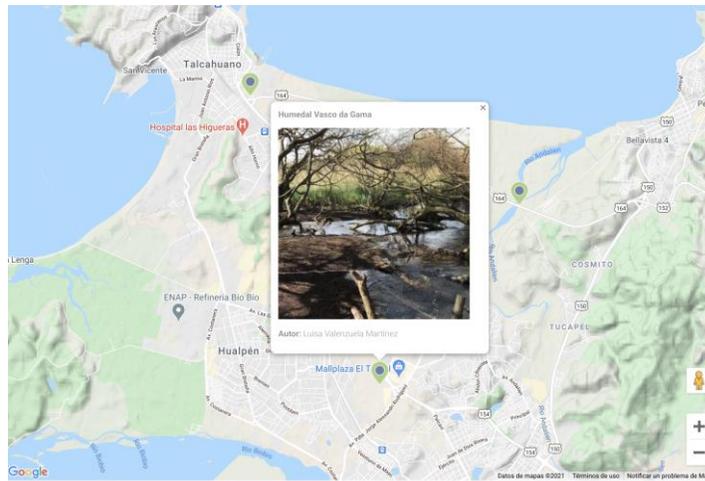
En el sitio web [www.urbancost.cl](http://www.urbancost.cl/) se implementó el sub-sitio [mapas.urbancost.cl](http://mapas.urbancost.cl/), en el cual se creó un “Mapa colaborativo” que permite a la comunidad subir imágenes georreferenciadas del Sistema Humedal para monitorear su estado actual (Figura 57). A su vez existe una plataforma de indicadores que también puede ser consultada de forma online, cuyo desarrollo se describe en Rueda et al., (2018)

Figura 57. Sitio web plataforma [mapas.urbancost.cl](http://mapas.urbancost.cl/)



Fuente: [www.urbancost.cl](http://www.urbancost.cl/)

Figura 58. Interacción comunidad en plataforma *mapas.urbancost.cl*



## DELIMITACIÓN INTERACTIVA DE HUMEDALES URBANOS

[Inicio](#) > [Mapas](#) > [Delimitación Interactiva de Humedales Urbanos](#)

Mapa colaborativo que muestra puntos georeferenciados subidos por la comunidad desde los mismos humedales, con el objetivo de definir su delimitación y entender su estado actual.

Fuente: [www.urbancost.cl](http://www.urbancost.cl)

## 2.5 Curso-Taller de Teledetección y SIG

El día 23 de octubre de 2020, se realizó vía Zoom el taller sobre “Metodologías en Teledetección y Sistema de Información Geográfica para delimitar Humedales Urbanos”, cuyo objetivo fue capacitar a profesionales de municipios de la región del Biobío sobre metodologías en SIG y Teledetección para la delimitación de humedales urbanos. Asistieron 17 profesionales de los cuales, 1 correspondía al municipio de Penco, 3 al de Talcahuano, 4 al de Concepción y 1 al de Hualpén, previamente se les envió una encuesta para conocer su nivel de conocimiento en Sistemas de Información Geográfica (ver Anexo). También 3 miembros del Comité Técnico Local de la Región del Biobío y a otros 5 miembros de la Mesa Municipal de Humedales (Tomé, San Pedro de la Paz, Coronel y Lota), cuyo conocimiento respondía a un usuario básico y medio en este tipo de tecnologías.

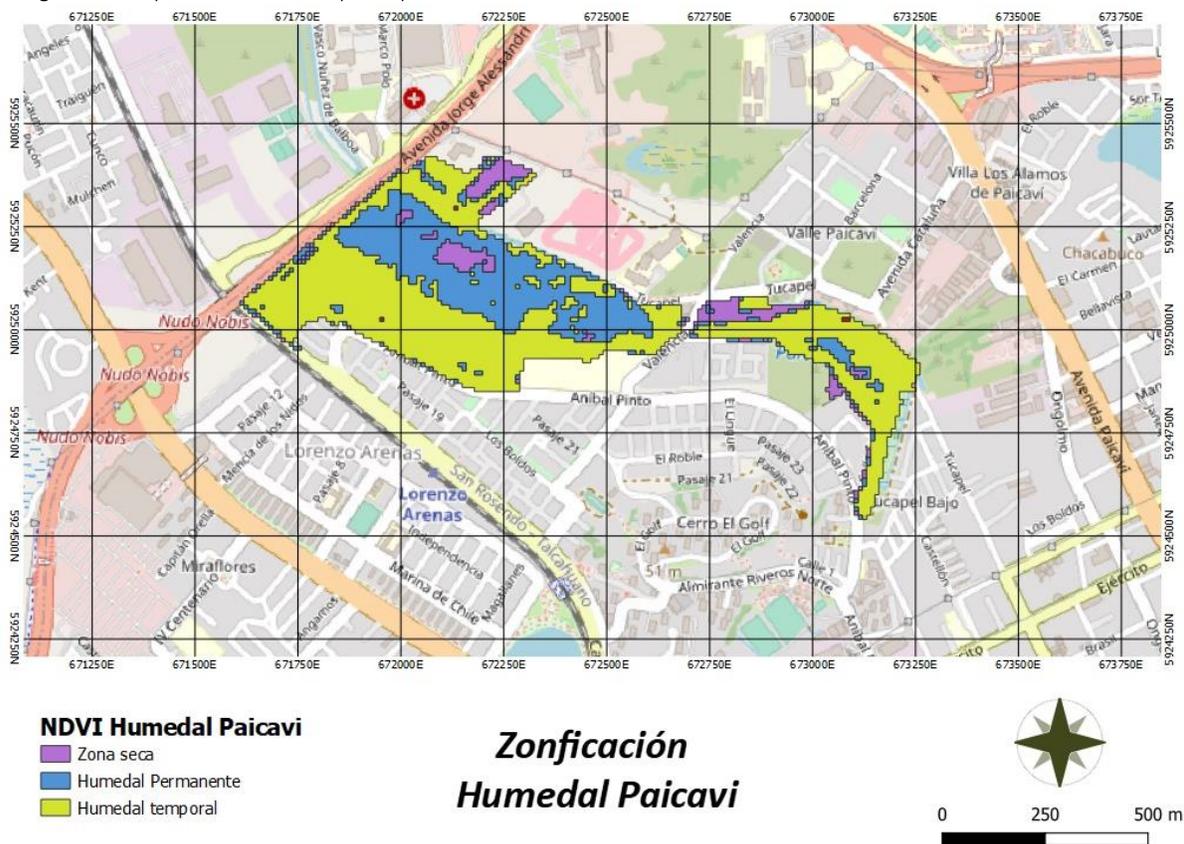
Este taller se coorganizó con la Contraparte Técnica del Ministerio, a quien se entregó una copia de todo el material a tratar en el taller.

En el taller, que tuvo una duración de 8 horas, se entregó una guía para la descarga del software QGIS e imágenes satelitales sentinel gratuitas, además de una completa guía con ejercicios actualizados que abordaron los siguientes aspectos:

- Reconocer la importancia de los Humedales Urbanos en las ciudades.
- Identificar los fundamentos para aplicar teledetección en la delimitación de Humedales Urbanos.
- Aplicar metodologías en teledetección y Sistemas de Información Geográfica para delimitar Humedales.
- Aprender los pasos técnicos para el expediente de la Ley de Humedales Urbanos.

Los participantes, al finalizar el taller lograron aprender a delimitar el Humedal Paicaví, realizar la cartografía y cumplir con todos los aspectos cartográficos del expediente respectivo para la Ley de Protección de Humedales Urbanos (Figura 59).

Figura 59. Mapa resultado de un participante en el Curso de Teledetección



Fuente: Elaboración propia

La grabación del taller se encuentra en el link <https://gefhumedales.mma.gob.cl/taller-sig-y-teledeteccion-para-la-delimitacion-de-humedales/>

### III. IDENTIFICAR USOS Y COBERTURA DE SUELO DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO

#### 3.1 Análisis de imágenes satelitales y delimitación de usos y coberturas de suelo del Sistema Humedal

Para la identificación de usos y coberturas del suelo dentro del Sistema Humedal se utilizó la imagen proporcionada por el Ministerio de Medio Ambiente, dado el nivel de resolución de la imagen y la escala de trabajo, finalmente se opta por hacer una fotointerpretación de las zonas aledañas al humedal que afectan a su conservación.

Se definió un buffer de influencia de 300 metros alrededor de la delimitación anteriormente obtenida en el OE-1. Dentro de la zona de influencia de 300 metros se fotointerpretaron los usos reconocibles de acuerdo a la Tabla 29, siguiendo la metodología de Rojas et al., (2019) donde se espacializa el uso dominante, observando la imagen en el campo visible.

Dado que no se encuentra mucha variedad de usos y coberturas, se resumen la propuesta inicial de usos en las siguiente 5 categorías, estas son:

Tabla 29. Usos y coberturas de suelo

Clase	Descripción
1. Usos residenciales	Áreas construidas y ocupadas por construcciones destinadas al uso residencial.
2. Usos en servicios, equipamientos	Áreas construidas cuyo uso son servicios, equipamientos, instalaciones industriales y de bodegaje.
3. Usos en Áreas Naturales	Áreas cubiertas con vegetación de estrato arboreo y herbáceo .
4. Usos en Áreas verde y de recreación	Áreas verdes artificiales principalmente destinadas a la recreación y el esparcimiento.
5. Usos en Áreas silvoagropecuarias	Áreas utilizadas para la agricultura principalmente horticuicultura y en ocasiones áreas de ganadería.

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente mapa (Figura 60) se muestra la distribución de los usos y coberturas, donde nuevamente para efectos de visualización se incorpora el área marina adyacente (730,07 ha). La distribución de los usos permite observar una mayoritaria presencia de vegetación o áreas naturales en los bordes, principalmente en la zona del aeropuerto (2.848,9 ha) y en los bordes del Andalién, sigue el suelo residencial con 465,19 hectáreas, cuya distribución es más intensa en los alrededores del Humedal Paicaví y Vasco de Gama y en Talcahuano en los bordes del Canal Ifarle con los condominios Alto los Pinos, Las Araucarias, Los Maitenes y Brisas del Sol, circundan la Marisma, destacan las áreas construidas en Jaime Repullo, los barrios Las Salinas y Santa Clara, cabe mencionar que esta área, corresponde a la zona baja de la cuenca donde existe un mayor impacto por las actividades productivas, el crecimiento de la población y la canalización del río (Arriagada et al., 2019).

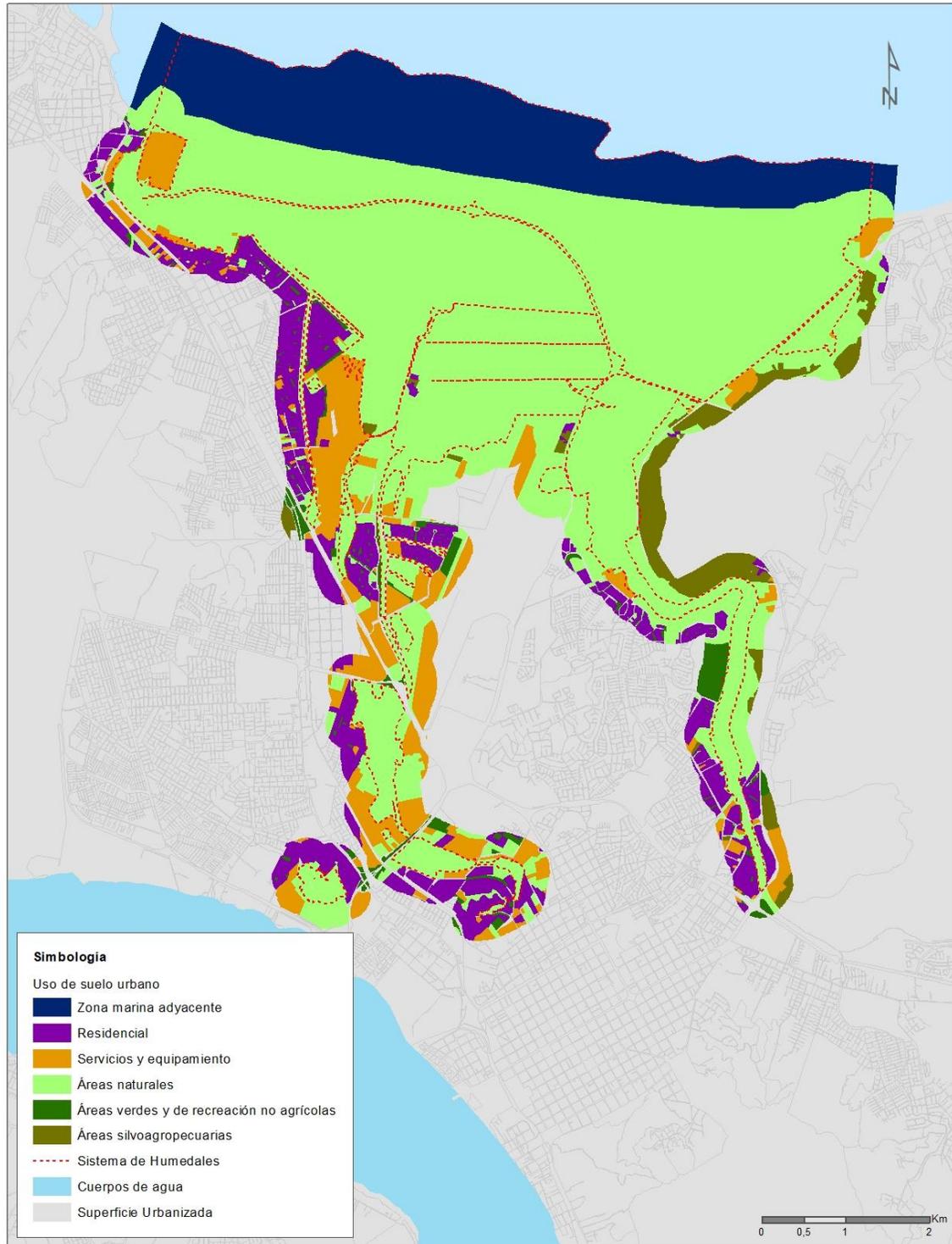
Tabla 30. Usos y coberturas de suelo entorno del Sistema Humedal

Clasificación	Superficie (ha)
Áreas naturales	2.848,98
Residencial	465,19
Servicios y equipamiento	405,76
Zonas silvoagropecuarias	143,06
Zonas verdes y de recreación no agrícolas	82,22
<b>Total</b>	<b>3.945,21</b>

Fuente: *Elaboración propia*

Existen también varias áreas de servicios y equipamientos que incluyen áreas industriales y bodegas con 405,76 hectáreas, esta categoría podría subdividirse aún más, pero se entiende que el objeto de estudio es el humedal y no la estructura urbana. En esta categoría quedan por ejemplo el Mall Plaza Trébol, el espacio Marina del Sol, el aeropuerto Carriel Sur, edificaciones con venta de productos industriales y de construcción, supermercados, empresas de transportes, maestranzas y servicentros. Respecto a usos más complementarios con el humedal existen 143,06 ha destinadas al uso silvoagropecuario, principalmente áreas para la horticultura y también ganado y 82,22 hectáreas de áreas verdes de carácter artificial.

Figura 60. Distribución de los usos y coberturas de suelo



Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad del Sistema Humedal Taller N°2

A partir de los antecedentes bibliográficos, los registros disponibles en SINIA, GBIF, iNaturalist, eBird, aportados en el Taller 2 y por organizaciones territoriales (Ortiz y colaboradores), más la delimitación y clasificación del Sistema Humedal, se identificaron las áreas que pueden servir como primer aporte para la protección y gestión del Sitio Prioritario (Orsi et al., 2011). Hasta esta etapa del proyecto se identifican dos grandes tipos de áreas relevantes para la biodiversidad:

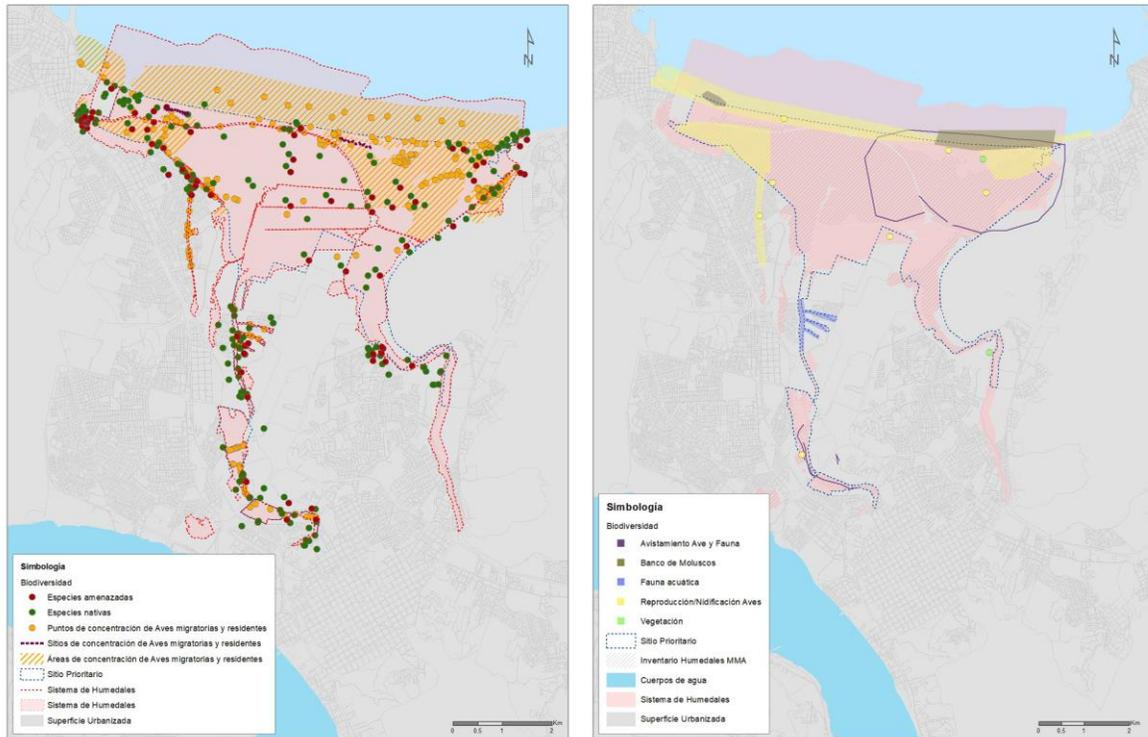
- Zonas de alto interés para la biodiversidad del Sistema Humedal. Estas áreas núcleo representan zonas potenciales para la preservación y/o medidas estrictas de conservación, por concentrar especies de flora vascular y fauna vertebrada categorizadas como amenazadas por el Ministerio de Medio Ambiente<sup>5</sup> y contener en su entorno sitios de concentración de aves migratorias y residentes, y registros de especies nativas en general, que indican la existencia de comunidades diversas. Estas áreas son las que tienen mayor valor de conservación y le confieren la identidad al Sistema Humedal.
- Áreas o zonas relevantes para la biodiversidad o de amortiguación. Estas áreas son importantes para la conservación por representar áreas que dan continuidad espacial a las áreas núcleo. Abarcan áreas homogéneas que representan ecosistemas donde las comunidades se establecen sin distinguir límites entre las zonas de alto interés. Si bien en estas zonas no hay una concentración de registros de especies, comparten atributos estructurales y registros aislados. Se consideró la identificación de áreas con sitios de descanso, alimentación y nidificación de aves migratorias y residentes de Ortiz y colaboradores. La conservación de estas áreas permite la conservación de zonas núcleo.

Posteriormente se identificarán áreas potenciales para la restauración. Estas áreas pueden encontrarse con un bajo valor de conservación o bien se encontrarse fuertemente intervenidas (ej.: con rellenos). Para su identificación se realizó un taller, se revisarán antecedentes de cambio de usos de suelos recientes, se consideró la cercanía a zonas núcleo o de amortiguación, y las oportunidades para realizar actividades de restauración ecológica, de manera de recuperar valores identitarios del Sistema Humedal.

---

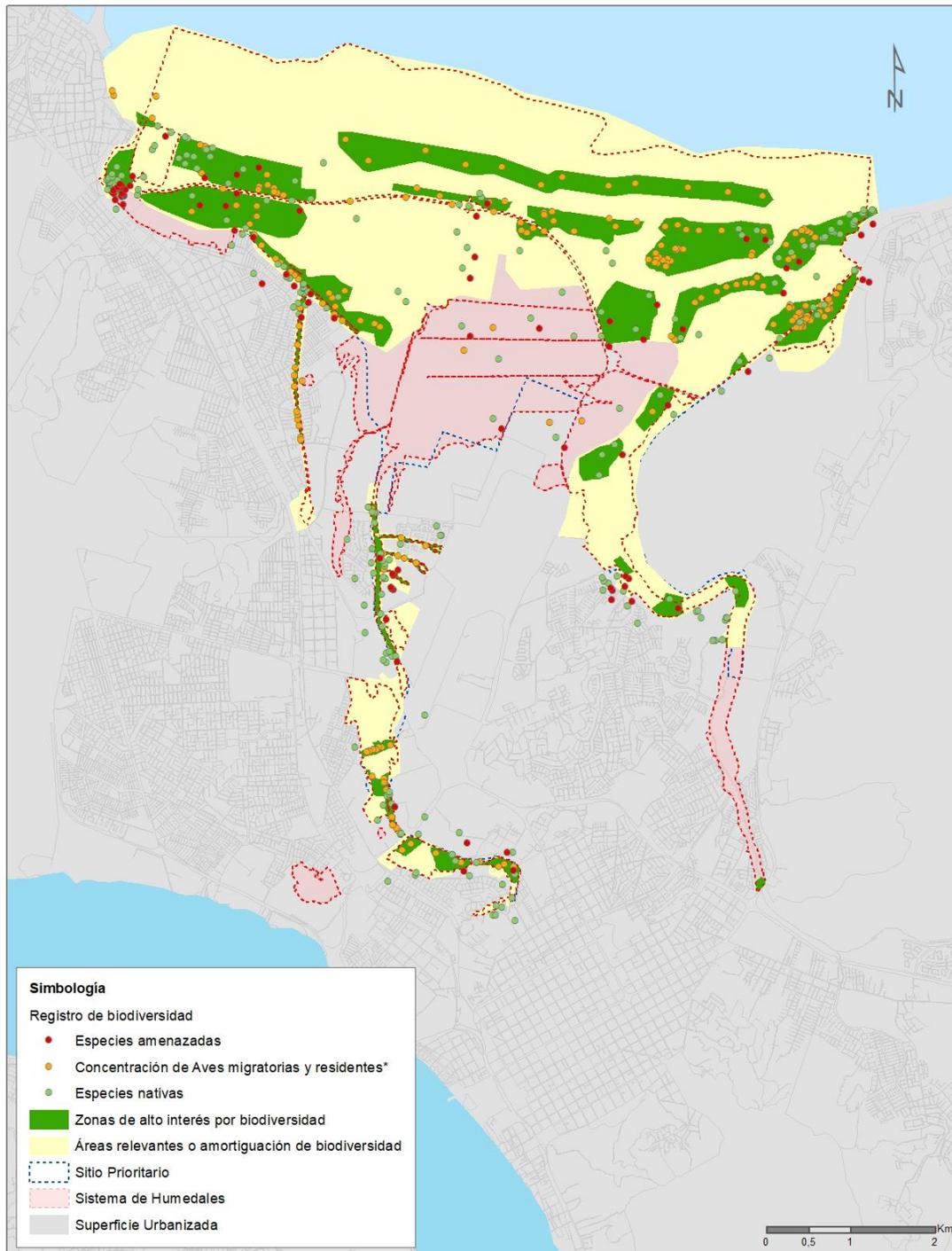
<sup>5</sup> <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>

Figura 61. A la izquierda: registros geolocalizados de flora y fauna nativa y amenazada a partir de registros de presencia de especies. A la derecha: aportes del Comité Técnico Local recibidos en Taller N°2



Fuente: Elaboración propia

Figura 62. Áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad del Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Listado de las principales especies de importancia a proteger presentes en las zonas de alto interés por biodiversidad

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Circus cinereus</i>	Vari	
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo	Preocupación menor (LC)
Anseriformes	Anatidae	<i>Coscoroba coscoroba</i>	Cisne coscoroba	En Peligro (EN)
Anseriformes	Anatidae	<i>Heteronetta atricapilla</i>	Pato rinconero	Preocupación menor (LC)
Anseriformes	Anatidae	<i>Spatula cyanoptera</i>	Pato colorado	
Anseriformes	Anatidae	<i>Spatula platalea</i>	Pato cuchara	Preocupación menor (LC)
Anseriformes	Anatidae	<i>Spatula versicolor</i>	Pato Capuchino	
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas georgica</i>	Pato jergón grande	
Anseriformes	Anatidae	<i>Cygnus melanocoryphus</i>	Cisne de cuello negro	En Peligro (EN), Vulnerable (VU)
Anura	Ceratophrydae	<i>Batrachyla taeniata</i>	Rana de ceja	Casi amenazada (NT)
Anura	Leiuperidae	<i>Pleurodema bufonina</i>	Sapo de cuatro ojos del sur	Casi amenazada (NT)
Asterales	Asteraceae	<i>Bahia ambrosioides</i>	Chamiza blanca	
Caryophyllales	Chenopodiaceae	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Bierna sosa	
Characiformes	Characidae	<i>Cheirodon galusdae</i>	Pocha de los lagos	Vulnerable (VU)
Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Pilpilén	
Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	Rara, Vulnerable (VU)
Charadriiformes	Laridae	<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín monja	Vulnerable (VU)
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus modestus</i>	Gaviota garuma	Rara, Vulnerable (VU)
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris canutus</i>	Playero ártico	En Peligro (EN)
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Gallinago paraguayae</i>	Becacina	Preocupación menor (LC)
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza grande	
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca	Preocupación menor (LC)
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ixobrychus involucris</i>	Huairavillo	Preocupación menor (LC)
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas araucana</i>	Torcaza	Preocupación menor (LC)
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero	Insuficientemente Conocida
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Preocupación menor (LC), Vulnerable (VU)
Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria chilensis</i>	Pelillo	

Gruiformes	Rallidae	<i>Laterallus jamaicensis</i>	Pidencito	Insuficientemente Conocida
Juncales	Juncaceae	<i>Juncus procerus</i>	Junquillo	
Passeriformes	Furnariidae	<i>Phleocryptes melanops</i>	Trabajador	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina bermeja	
Passeriformes	Motacillidae	<i>Anthus hellmayri</i>	Bailarín chico	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tachuris rubrigastra</i>	Sietecolores	
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Guanay	Vulnerable (VU)
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Lile	Insuficientemente Conocida
Pelecaniformes	Sulidae	<i>Sula variegata</i>	Piquero	Insuficientemente Conocida
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis chihi</i>	Cuervo de pantano	En Peligro (EN)
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Cuervo de pantano de la puna	Casi amenazada (NT)
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Theristicus melanopis</i>	Bandurria	Preocupación menor (LC)
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	Rara, Vulnerable (VU)
Poales	Poaceae	<i>Spartina densiflora</i>	Llinto	
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps major</i>	Huala	
Rodentia	Myocastoridae	<i>Myocastor coypus</i>	Coipo	Preocupación menor (LC)
Sphenisciformes	Spheniscidae	<i>Spheniscus humboldti</i>	Pingüino de Humboldt	Vulnerable (VU)
Squamata	Colubridae	<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	Preocupación menor (LC)
Squamata	Colubridae	<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	Preocupación menor (LC)
Squamata	Liolaemidae / Tropiduridae	<i>Liolaemus chiliensis</i>	Lagarto chileno	Preocupación menor (LC)
Squamata	Liolaemidae / Tropiduridae	<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Lagartija lemniscata	Preocupación menor (LC)
Squamata	Liolaemidae / Tropiduridae	<i>Liolaemus schroederi</i>	Lagartija de Schröder	Vulnerable (VU)
Squamata	Liolaemidae / Tropiduridae	<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija esbelta	Preocupación menor (LC)
Strigiformes	Strigidae	<i>Asio flammeus</i>	Nuco	Preocupación menor (LC)

Fuente: Elaboración propia

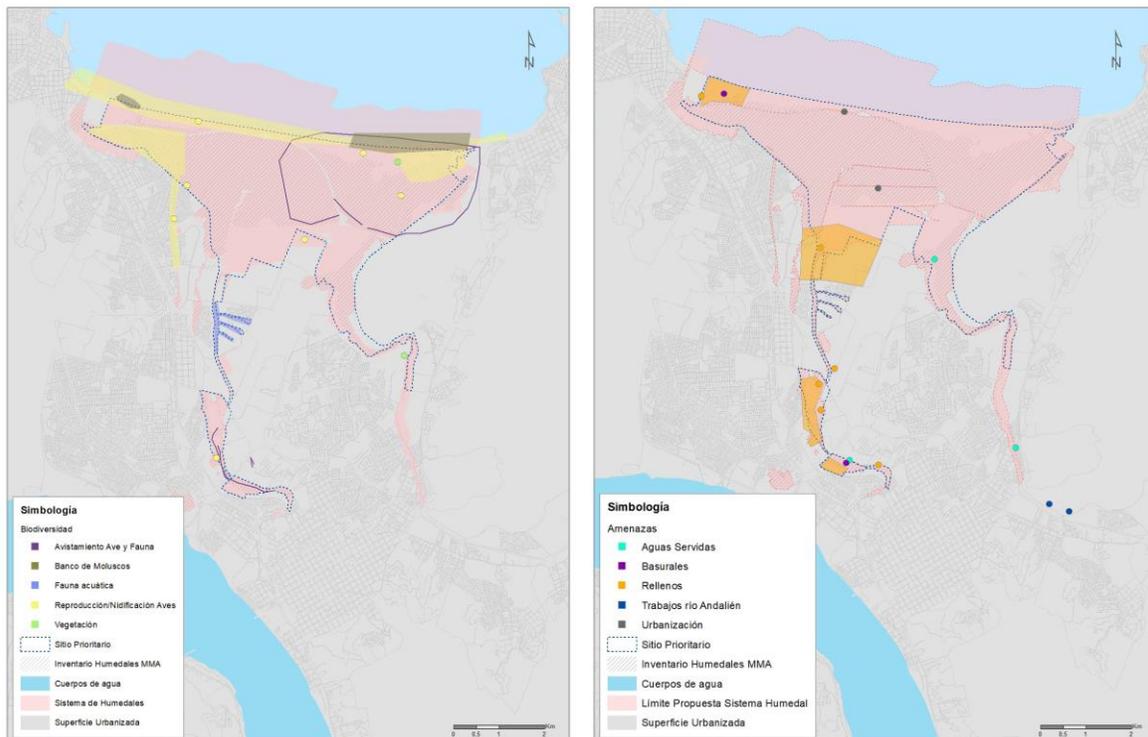
Además durante la ejecución del taller N°2, se trabajó en grupos con los actores del Comité Técnico Local para detectar amenazas, presiones y atributos de biodiversidad a conservar en el Sistema Humedal

- a) Actividad de identificación de amenazas, presiones y atributos de biodiversidad a conservar a nivel del Sistema de Humedal

En el sistema de Humedal se discutió sobre las siguientes preguntas: Las mesas 1 y 2, abordaron la pregunta de *¿Cuáles son las principales presiones o amenazas en el humedal?* Para ello se dispuso de una lista preliminar construida en base a la documentación de CEHUM (Rodríguez-Jorquera et al., 2020) respecto de la propuesta de criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos & del proyecto PAC-HRA, donde se reconoce entre otras presiones y amenazas a: Falta de señalética, Drenaje de humedales, Canalización inadecuada de cauces de ríos y aguas lluvias, Relleno de humedales para fines inmobiliarios, Emplazamiento industrial, Construcción caminera, Abandono de basuras y escombros, Crecimiento del aeropuerto, Manejo inadecuado del ganado, Quemadas inducidas, Manejo inadecuado de mascotas y Contaminación.

Se solicitó a los participantes revisar estas presiones y amenazas, proponer nuevas si era necesario y localizarlas en el visor geoespacial. En tanto, las mesas 3 y 4 trabajaron con la pregunta a nivel de humedal, *¿Cuáles son los elementos más importantes que se deben conservar en relación a la biodiversidad y ecosistemas? ¿Por qué?* A ellos también se les solicitó georreferenciar sus respuestas en el visor. El resultado de este trabajo se presenta en la figura 63.

Figura 63. Atributos de biodiversidad, presiones y amenazas



Fuente: Elaboración propia

Las amenazas identificadas son consistentes a los tres grupos atinentes a los humedales, físicas, químicas y biológicas (WCS, 2019), teniendo más presencia las físicas. Respecto a modificaciones de caudales por trabajos en el Río Andalién, rellenos y considerable presencia de basurales, a su vez consistente con la percepción de amenazas por actores nacionales detectados en el estudio indicado (Rodríguez-Jorquera et al., 2020).

### 3.3 Identificación de los Servicios Ecosistémicos del Sistema Humedal Taller N°2

Los servicios de los ecosistemas (SE) se definen como los beneficios que las personas obtienen directa o indirectamente de los ecosistemas, que generalmente se clasifican como de provisión, regulación o culturales (MEA Evaluación de Ecosistemas del Milenio, 2005; Rojas et al., 2018). Se realizó una identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de los Servicios Ecosistémicos, para ello se adaptó la metodología de Burkhard et al., (2009; 2013), que considera un esquema de evaluación biofísica (no monetario), basado en el mapeo de la capacidad u oferta de SE; consulta a expertos. La consulta se realizó mediante una encuesta y posteriormente los resultados se presentaron en un Taller N°2, donde se obtuvo más información.

#### a) Encuesta de valoración de servicios ecosistémicos (previo a Taller 2)

Previo a la ejecución del Taller N° 2, se realizó una encuesta on-line, utilizando la plataforma Google Forms, “Encuesta de provisión de servicios ecosistémicos (SSEE)”; esta encuesta constó de tres partes: I. Antecedentes personales/institucionales, II. SSEE del Sistema Humedal y III. SSEE a escala de subcuenca. En primera instancia se solicitó evaluar la capacidad de proveer SSEE a escala del Sistema Humedal “Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo”. Para facilitar la identificación, el Sistema de Humedal fue dividido en 8 unidades geomorfológicas-ecológicas. De acuerdo con el criterio/conocimiento de cada encuestado, se solicitó evaluar la capacidad que presenta cada unidad del Sistema Humedal para entregar SSEE (Ver listado). Finalmente, se realizó la evaluación a escala de subcuencas aportantes del Sistema Humedal “Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo”, el territorio fue dividido en 9 unidades geobiofísicas con criterios de uso de suelo/ecosistemas/geomorfología.

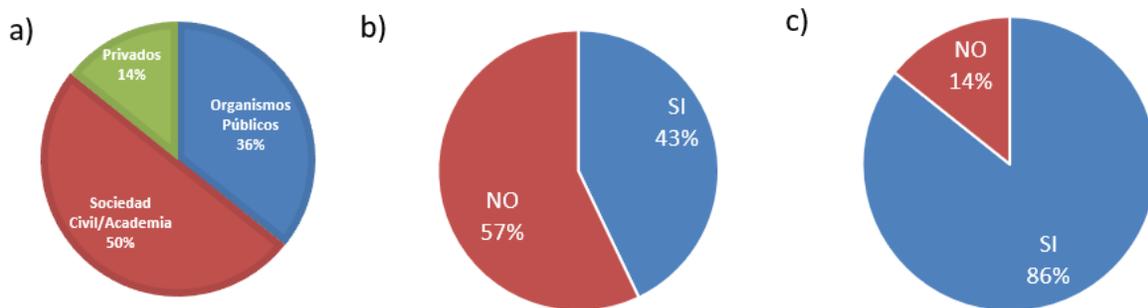
#### Servicios ecosistémicos evaluados

1. Extracción de pescados, algas, mariscos
2. Ganadería y producción de forraje
3. Agricultura
4. Provisión y almacenamiento de agua dulce potable
5. Provisión y almacenamiento de agua dulce para riego
6. Recolección de juncos y totoras (ornamentales y medicinales)
7. Extracción de leña y madera
8. Alimentos y recursos silvestres
9. Regulación del clima y calidad del aire local
10. Recarga del agua subterránea
11. Regulación y purificación del agua (calidad del agua)
12. Polinización (flores, abejas)
13. Regulación de la calidad del suelo y protección contra la erosión
14. Mantenimiento de poblaciones y hábitats (refugio)
15. Protección contra inundaciones de ríos y anegamientos
16. Protección contra tsunamis y marejadas
17. Generación de identidad, sentido de pertenencia, simbólico
18. Bienestar personal (relajación, disminución del estrés)
19. Realización de actividad científica y educación
20. Apreciación de la flora y fauna

21. Apreciación del paisaje (valor estético)
22. Oportunidades de potenciar el turismo (caminatas, paseos, fotografías)
23. Oportunidades para deporte
24. Patrimonio y herencia cultural

En total se recibieron 16 encuestas de SSEE a escala de subcuenca y a escala de humedal. El instrumento fue respondido mayoritariamente por la sociedad civil/academia (50%), por personas que no residen al interior de la subcuenca (57%), pero que hacen uso de los SSEE (86%) (Figura 64).

Figura 64. Caracterización de entrevistados. a) Sector del Comité Local, b) ¿Reside al interior de la subcuenca, c) ¿Hace uso de los SSEE de la subcuenca/humedal?



Fuente: Elaboración propia

- Escala Sistema Humedal

En términos de categorías de SSEE destacó la percepción de los SSEE culturales (3.85 de un máximo de 5 puntos), regulación (3.66) y finalmente los servicios de aprovisionamiento (2.61). Dicha tendencia había sido reportada por Coello (2017), que aplicó 231 encuestas en un buffer del Humedal Rocuant-Andalién; el autor identificó una percepción social positiva de SS culturales de un 80%, para regulación en un 69% y aprovisionamiento de un 32%. La Tabla 32, presenta los servicios mayormente vinculados a las unidades geomorfológicas-ecológicas

Tabla 32. SSEE y unidades geomorfológicas-ecológicas mayormente asociadas a cada servicio

Categoría	Servicio	Unidades geomorfológicas-ecológicas
Provisión	Extracción de pescados, algas, mariscos	Zona marina adyacente Playa, dunas, barra de arena litoral Sistema de estuario y canales
	Ganadería y producción de forraje	Llanura de inundación Marisma
	Agricultura	Llanura de inundación Humedal Palustre
	Provisión y almacenamiento de agua dulce potable	Canales artificiales Humedal Palustre
	Provisión y almacenamiento de agua dulce para riego	Llanura de inundación Humedal palustre Canales artificiales Sistema de estuario y canales
	Recolección de juncos y totoras	Marisma

Categoría	Servicio	Unidades geomorfológicas-ecológicas
		Humedal palustre Sistema de estuario y canales
	Extracción de leña y madera	Llanura de inundación
	Alimentos y recursos silvestres	Sistema de estuario y canales Llanura de inundación Playa, dunas, barra de arena litoral
Regulación	Regulación del clima y calidad del aire local	Zona marina adyacente Río Marisma
	Recarga del agua subterránea.	Sistema de estuario y canales Humedal palustre Zona marina adyacente Canales artificiales
	Regulación y purificación del agua (calidad del agua)	Río Canales artificiales Sistema de estuario y canales
	Polinización (flores, abejas)	Canales artificiales
	Regulación de la calidad del suelo y protección contra la erosión	Playa, dunas, barra de arena litoral Llanura de inundación
	Mantenimiento de poblaciones y hábitats (refugio)	Todas las unidades
	Protección contra inundaciones de ríos y anegamientos	Canales artificiales Playa, dunas, barra de arena litoral Marisma Llanura de inundación
	Protección contra tsunamis y marejadas	Playa, dunas, barra de arena litoral Marisma Llanura de inundación
Culturales	Generación de identidad, sentido de pertenencia, simbólico	Río Playa, dunas, barra de arena litoral Llanura de inundación
	Bienestar personal (relajación, disminución del estrés)	Playa, dunas, barra de arena litoral Sistema de estuario y canales Humedal palustre Río
	Realización de actividad científica y educación	Todas las unidades (con menor importancia canales artificiales)
	Apreciación de la flora y fauna	Todas las unidades
	Apreciación del paisaje (valor estético)	Todas las unidades
	Oportunidades de potenciar el turismo (caminatas, paseos, fotografías)	Zona marina adyacente Marisma Playa, dunas, barra de arena litoral Sistema de estuario y canales Humedal palustre Río
	Oportunidades para deporte	Canales artificiales
Patrimonio y herencia cultural	Humedal palustre Sistema de estuario y canales Marisma	

Categoría	Servicio	Unidades geomorfológicas-ecológicas
		Playa, dunas, barra de arena litoral Llanura de inundación

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de los SSEE para el Sistema Humedal según las unidades geomorfológicas-ecológicas, indicó que para la categoría cultural 6 unidades fueron valoradas con alta provisión (Zona Marina Adyacente, Playas, Barra de arena litoral, Dunas, Marisma, Sistema de Estuario y Canales Naturales, Humedal Palustre y Río). En la categoría de provisión no existieron unidades valoradas en la categoría alta. Mientras que en regulación 5 unidades fueron asociadas a una alta capacidad (Marisma, Sistema de Estuario y Canales Naturales, Humedal Palustre, Llanura de Inundación y Río). La evaluación global para el Sistema Humedal, determinó que las unidades que presentan capacidad alta de proveer SSEE correspondieron a: Marisma, Sistema de Estuario y Canales Naturales, Humedal Palustre y Río (Figura 65).

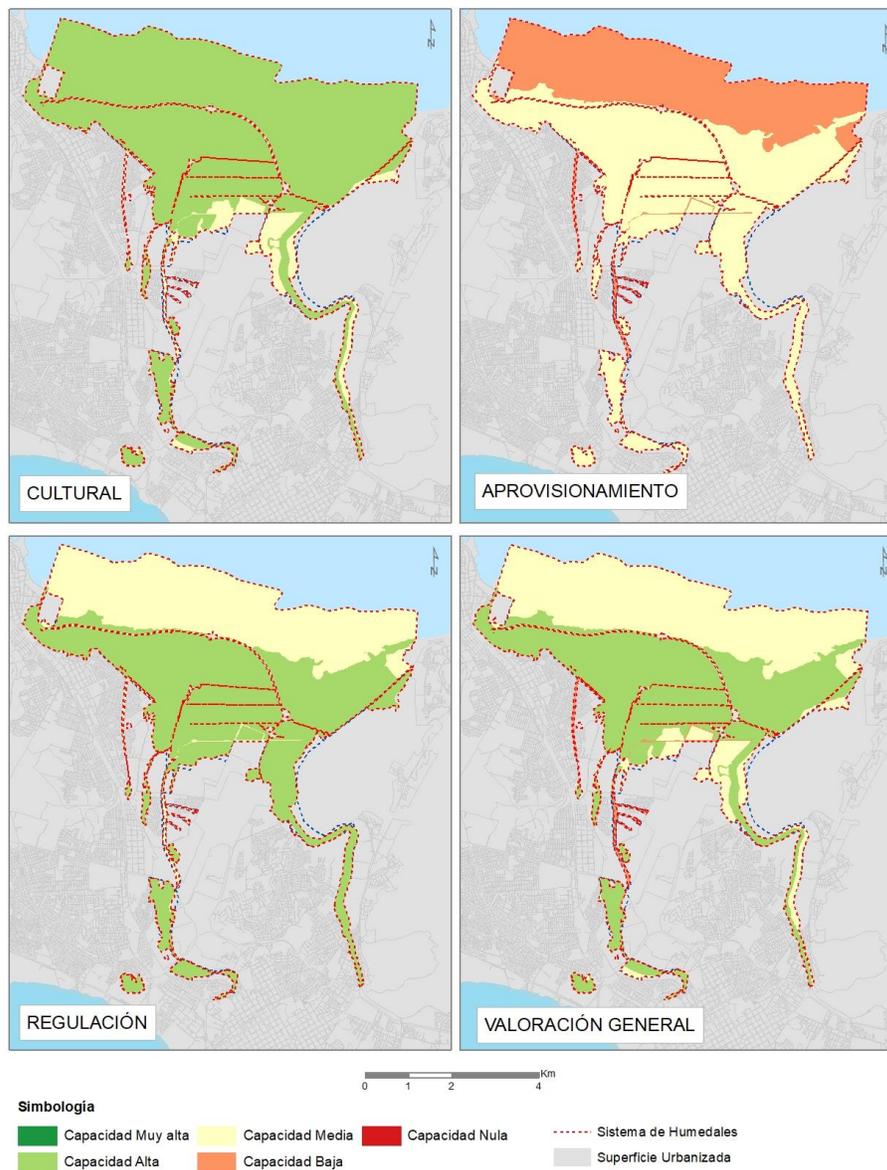


Figura 65.  
Capacidades de proveer servicios ecosistémicos de las unidades geomorfológicas-ecológicas del Sistema Humedal

Fuente: Elaboración propia

b) Actividad de priorización de servicios ecosistémicos en Taller 2

Para la realización de esta actividad se presentaron los resultados de la encuesta previa de evaluación de servicios ecosistémicos. La actividad consistió en una serie de preguntas presentadas en la herramienta Mentimeter. La primera pregunta se orientó a seleccionar los 3 servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee el Sistema Humedal. Los participantes priorizaron los servicios asociados a la protección contra inundaciones (de ríos y anegamientos), la mantención de especies (refugio), la regulación del clima y la calidad del aire local, la regulación de la calidad del agua y la protección contra tsunamis y marejadas (Figura 66).

Figura 66. Priorización de servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee el Sistema Humedal



Fuente: *Elaboración propia*

La segunda pregunta fue: ¿Cuáles son las presiones que más afectan la provisión de servicios ecosistémicos que brinda el Sistema Humedal?, para lo cual se solicitó ingresar 2 palabras por participante. Así, las mayores presiones para los SSEE del Sistema Humedal, correspondieron a: la urbanización, los rellenos y la intervención de privados, canalizaciones, contaminación y los efectos vinculados a la sequía (Figura 67).

Figura 67. Principales presiones que afectan la provisión de servicios ecosistémicos del Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, los participantes indicaron qué servicios ecosistémicos del Sistema Humedal pueden experimentar mejoras al aplicar procesos de restauración ecológica. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los servicios que pueden verse favorecidos en términos de aumento con la restauración, destacaron: mantenimiento de poblaciones y hábitats, regulación del clima y la calidad del aire local, protección contra inundaciones de ríos y anegamientos, apreciación de la flora y fauna, oportunidades para el turismo y apreciación del paisaje. Los servicios que podrían disminuir correspondieron a extracción de pescados, algas y mariscos, de la ganadería y la agricultura (Figura 68).

Figura 68. Efectos de la restauración ecológica en la provisión de servicios ecosistémicos a escala del Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de los riesgos naturales del Sistema Humedal

El Riesgo se entiende como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) (ONEMI, 2016). Para la determinación del Riesgo (R) se consideraron los factores de Peligro (P) y Exposición (E) de la siguiente forma:

$$R = P * E$$

Una amenaza o peligro se refiere a un evento natural, potencialmente perjudicial, que puede causar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos (ONEMI, 2016). Es importante señalar que la categoría de peligro se define en función de las actividades/estructuras antrópicas presentes en una zona potencialmente afectada.

Para la caracterización, análisis de eventos históricos y para obtener las zonas de interés por riesgos naturales en el Sistema del Humedal se realizó un levantamiento de información en instituciones públicas y en diversas bases de datos académicas. Se consideraron los siguientes peligros:

- Inundaciones fluviales y anegamientos\* (incluido en análisis de riesgo)
- Inundación por tsunami\* (incluido en análisis de riesgo)
- Licuefacción\* (incluido en análisis de riesgo)
- Incendios forestales (análisis de contexto)

Cada proceso fue caracterizado por su nivel de peligro en tres rangos: alto, medio y bajo según la disponibilidad de las bases de datos para el Sistema Humedal y en un buffer de 300 mts desde su borde.

El concepto de exposición se definió como: “La población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales” (ONEMI, 2016). Para la evaluación de la exposición se utilizó la información del Censo 2017. Se generó la primera cobertura entendida como “Elementos Expuestos”, resultado de la agregación del número de habitantes y número de viviendas por manzana censal. La Tabla 33 presenta la forma de cálculo y clasificación para los elementos expuestos.

Tabla 33. Elementos expuestos.

Factor	Variable	Rangos	Nivel de Exposición	Método de cálculo	Fuente de información
Exposición Habitantes	N° de habitantes por manzana	0-100	Bajo	Adaptado de Mardones y Vidal (2001)	Microdatos Censo 2017: Manzana
		101-200	Medio		
		≥ 201	Alto		
Exposición Viviendas	N° de viviendas por manzana	0-75	Bajo	Rojas (2015)*	
		76-155	Medio		
		≥156	Alto		

\*Normalizado en tres categorías

Fuente: Elaboración propia.

La exposición de habitantes y viviendas se obtuvo de la siguiente expresión:

$$\text{Elementos expuestos (EXP)} = ((\text{N}^\circ \text{ de hab por manzana} * 0,7) + (\text{N}^\circ \text{ de viv por manzana} * 0,3))$$

Debido al desfase de años y el incremento en la urbanización de sectores aledaños al humedal, se digitalizaron aproximadamente 153 ha de zonas industriales, sitios eriazos y zonas residenciales que no están contemplados en el Censo 2017 y se asignó a ellos los siguientes valores (Tabla 34):

Tabla 34. Exposición de elementos adicionales al Censo 2017.

Tipo de Cobertura	Nivel de Exposición
Industrial	Medio
Sitios Eriazos	Bajo
Zonas residenciales recientes	Valor promedio en relación con manzanas adyacentes.

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, se incluyeron las zonas del humedal propiamente tal, sin información de los elementos antes descritos, a la que se le asignó un valor de exposición Bajo.

- Inundaciones Fluviales y Anegamientos

Las Inundaciones fluviales se entienden como un proceso mayoritariamente natural y recurrente en los sistemas fluviales (Rojas, 2015). El origen de una inundación suele estar asociado a precipitaciones continuas, lluvias intensas de corta duración, entre otros (Adhikari et al., 2010). Con el incremento del poblamiento de las llanuras de inundación, se ha convertido al proceso en un Peligro para las personas y los asentamientos instalados (Rojas et al., 2014). Sumado a ello, con los efectos del Cambio Ambiental Global, la intensidad de los eventos de precipitación y caudales extraordinarios se espera aumente, intensificando los eventos de inundación actuales como en las próximas décadas (Rojas, 2015).

Por su parte, un anegamiento se define como la acumulación de un volumen de agua/lluvia sobre la superficie del suelo, corresponde a un proceso que obedece tanto a factores naturales como antrópicos pues depende de las características pluviométricas y las características físicas del suelo y subsuelo (Mardones y Vidal, 2001). El constante incremento de las superficies urbanas en desmedro de los usos y coberturas naturales impacta directamente en las condiciones necesarias para la ocurrencia de anegamientos, impermeabilizando el suelo en porcentajes que fluctúan entre 100% y 59% (Vidal y Romero, 2010).

### ***Eventos históricos y efectos***

Según indican Rojas et al., (2014), las inundaciones en Chile están asociadas a cinco factores detonantes, los eventos de precipitación intensa o persistente son las más frecuentes con un 71%, como ocurre en el área de estudio. En la cuenca del Río Andalién se ha descrito una alta recurrencia de inundaciones, los resultados de la revisión histórica realizada por Rojas y Mardones (2015) indican la ocurrencia de 21 eventos de inundación entre 1960-2010 (Tabla 35). Según el registro:

- 95% de los eventos ocurren en los meses del invierno austral entre junio y agosto.
- 10 de los eventos corresponden a inundaciones pequeñas, 8 a inundaciones moderadas y 3 a inundaciones dañinas.
- Se identificaron tres ciclos temporales de inundaciones en el período, el último ciclo (1998-2010) concentró un 66% de los eventos de gran magnitud durante los últimos 50 años.

Tabla 35. Inundaciones históricas en la sección baja del río Andalién (1960-2010).

Año	Mes	Magnitud Relativa	Año	Mes	Magnitud Relativa
1960	junio	Media	1988	julio	Media
1961	julio	Media	1989	junio	Baja
1963	agosto	Baja	1992	mayo	Baja
1965	julio	Baja	1997	junio	Baja
1965	agosto	Media	2000	junio	Media
1969	junio	Media	2001	junio	Media
1974	junio	Grande	2001	julio	Baja
1975	julio	Baja	2002	agosto	Grande
1980	julio	Baja	2005	junio	Media
1984	julio	Baja	2006	julio	Grande
1987	julio	Baja			

Fuente: Modificado de Rojas y Mardones (2015).

Previo a 1960, Ascui et al., (2007) identificaron otros cuatro eventos de inundación por desborde y anegamientos en Andalién: en junio de 1932 el desborde implicó cortes en la ruta Concepción-Penco; en mayo de 1936 la crecida interrumpió por 10 días el servicio de trenes a Tomé; junio de 1940 anegamientos y desbordes en Concepción; mayo 1945 aislamiento de la ciudad de Concepción producto de inundaciones y anegamientos de caminos adyacentes.

El evento pluviométrico de 2006, el más importante para la zona en los últimos años, producto de un sistema frontal de gran intensidad entre el 10 y el 13 de julio de 2006 provocó inundaciones y anegamientos. La Figura 69 muestra amplias zonas del Sistema Humedal inundadas y anegadas. El evento, dejó un número aproximado de 8.000 personas damnificadas y 400 albergadas en la comuna de Concepción y 788 damnificados y 7 albergados en la comuna de Talcahuano (Vidal y Martel, 2007).

Figura 69. Inundación y anegamiento del Humedal Rocuant-Andalién (Brisas del Sol-Aeropuerto)



Fuente: Fotografía de Didier RoussetBuy

El incremento de las superficies urbanas en la cuenca del Río Andalién que alcanzan 1.458 ha en 68 años, se ha desarrollado en terrazas bajas y llanuras de inundación aumentando la vulnerabilidad y exposición al riesgo de inundación de la población (Rojas et al., 2017a). Esto contribuye a intensificar las condiciones naturales de riesgo, lo que se comprueba mediante los efectos del evento pluviométrico de julio del 2006 (Vidal y Romero, 2010).

En los últimos años se registraron eventos pluviométricos importantes, como el de junio de 2019 que obligó a ONEMI a levantar alerta Roja por desborde del Río Andalién en algunos sectores (Figura 70) y el de junio de 2020 que presentó diversas zonas anegadas en el Gran Concepción (BiobioChile.cl).

Figura 70. Río Andalién, 27 de junio de 2019



Fuente: Biobiochile.cl

Soto (2019), evaluó el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones del Sistema Humedal, con énfasis en el sistema Rocuant-Andalién, determinó que de concretarse la urbanización proyectada el SE de regulación de inundaciones del humedal disminuirá en los próximos años, mediante la reducción del volumen de almacenamiento entre un 39-54%, lo que provocaría un aumento en viviendas (+9%) y habitantes (+7%) afectados por inundaciones fluviales, elevando las pérdidas económicas (+30,2%).

#### *Niveles de peligrosidad*

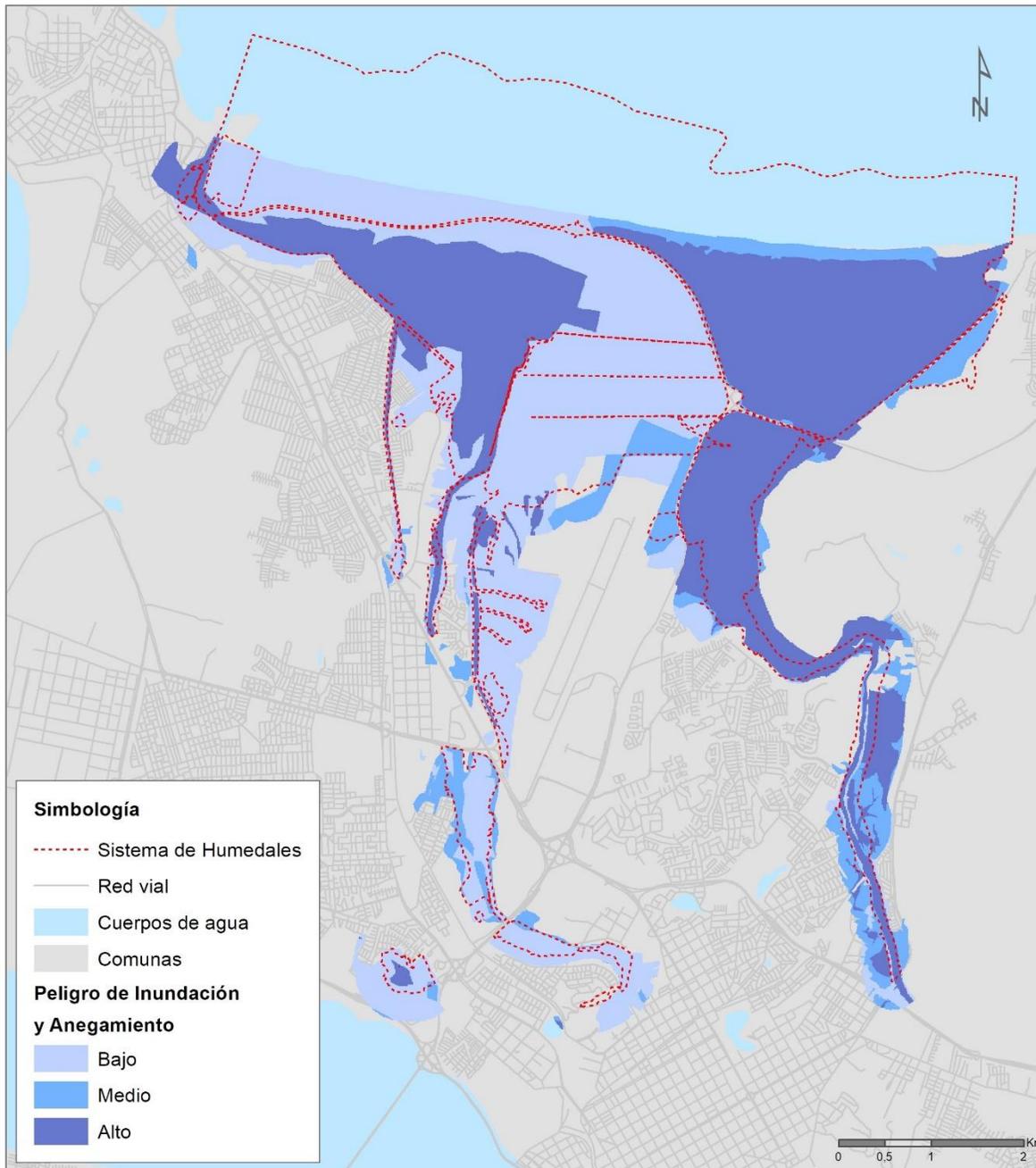
Para la obtención de los niveles de peligrosidad de Inundación se utilizaron los datos del estudio de riesgos para el borde costero de la Universidad del Biobío (UBB) complementado con las superficies de Inundación por desborde de cauce y anegamientos del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), los que se categorizaron en tres rangos: alto, medio y bajo (Figura 71). Con más de 1.200 ha, en el Sistema Humedal predominaron las zonas con peligro alto, esto implicó un 46% de la superficie analizada. El estuario del Río Andalién concentró la mayor cantidad de zonas con peligro alto, con más de 700 ha solo en sus riberas.

Tabla 36. Superficies peligro de inundación fluvial.

Nivel de Peligro	Superficie (ha)	Porcentaje
Bajo	1.161	43%
Medio	303	11%
Alto	1.261	46%
<b>Total</b>	<b>2.725</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71. Peligro de inundación por desborde de cauces



Fuente: Elaboración propia, a partir de Estudio UBB y SERNAGEOMIN (2010)

- Tsunami

El término Tsunami proviene del japonés que significa ola (“nami”) en puerto (“tsu”) y corresponde a una serie de ondas de longitud y período sumamente largos, normalmente generados por perturbaciones asociadas con terremotos que ocurren bajo el fondo del océano o cerca de él (Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2019). Sin embargo, un Tsunami también puede producirse por fenómenos como erupciones volcánicas, deslizamientos del terreno, ruptura de glaciares en contacto con el agua, el impacto de meteoritos o explosiones submarinas (Cantavalla, 2015).

#### *Eventos históricos y efectos*

Las costas de Chile, tanto por su forma como por el contexto tectónico en el que se emplaza, es considerado como una de las regiones más sísmicas en el mundo (Lomnitz, 1970). Por ello la costa chilena posee un amplio registro histórico de tsunamis generados por terremotos de subducción, los que destacan por sus efectos devastadores (Martínez et al., 2012).

La historia de Concepción está marcada por procesos de reconstrucción producto de ser arrasadas por terremotos y tsunamis. Cartes (2018) señala que, durante los más de cuatro siglos desde su fundación en 1550, la ciudad de Concepción ha sufrido diversos sismos, destacando 8 en función de su intensidad destructiva: 1570, 1657, 1730, 1751, 1835, 1939, 1960 y 2010, en los que solo el de 1939 no tiene asociado un tsunami dado a que el epicentro estuvo en tierra. En la Tabla 37 se observan los principales tsunamis de campo cercano con afección en la región del Biobío.

El sismo de magnitud  $M_w = 8.8$  del 27 de febrero de 2010 y el posterior tsunami provocó daños masivos, con aproximadamente 500 víctimas y con daños enormes en las edificaciones del borde costero, además de diversos efectos geomorfológicos, ecológicos y socio-territoriales (Martínez, 2013). El tsunami fue sin embargo la mayor tragedia para la región, pues en sectores con bahías cerradas como Dichato, Talcahuano o Llico el mar entró de forma destructiva (Cartes, 2018). De las más de 500 víctimas, 181 se pueden atribuir directamente al tsunami (21 fallecidos en la comuna de Talcahuano), cerca de 17.000 viviendas y 3.000 embarcaciones fueron dañadas producto del ingreso del mar (Contreras y Winckler, 2013).

Los tsunamis han afectado y en un futuro afectarán a las zonas urbanas que rodean el Humedal Rocuant-Andalién. Rojas et al., (2019) indican que el crecimiento urbano en la zona está ignorando los servicios de mitigación frente a eventos de tsunami del Sistema Humedal, sino que los está comprometiendo al tiempo que incrementa el riesgo mediante la exposición de nueva población.

Tabla 37. Principales tsunamis de campo cercano que han afectado la costa de la región del Biobío

Evento	Detalles del terremoto	Descripción
08 – 02 – 1570 Concepción	M = 8.3 L = 240 km	Inundación de la ciudad de Concepción (actualmente Penco), afectación en varias ondas con intensidad creciente.
15 – 03 – 1657 Concepción	M = 8.0 L = 150 km	Presencia de al menos tres grandes olas, con la más destructiva ocurriendo dos horas después del terremoto. Inundación de gran parte de la ciudad de Concepción (hoy Penco) y se estima el fallecimiento de 40 personas.
08 – 07 – 1730 Valparaíso	M = 8.8 – 9.0 L = 600 km	El terremoto con epicentro en Valparaíso provocó que el mar se retirara en Concepción (Penco) para luego avanzar y destruir dos tercios de la ciudad, aun así se estima que solo 2 o 3 personas fallecieron.
25 – 05 – 1751 Concepción	M = 8.5 L = 330 km	Una media hora después de ocurrido el terremoto, el mar se retiró para inundar en diversas ocasiones, con la tercera onda siendo la más severa.
20 – 02 – 1835	M = 8.5 L = 200 - 300 km	La onda de inundación alcanzó una cota máxima de inundación de 15 metros (el más alto de los cercanos a la Bahía de Concepción). Se registraron 50 muertos y 30 desaparecidos en la ciudad y su entorno.
21 y 22 – 05 – 1960 Valdivia	Mw = 9.5 L = 1000 km	La zona de ruptura de este terremoto se extiende desde la península de Arauco hasta la Península de Taitao. Dicho Tsunami causó gran destrucción en el sur de Chile, en Talcahuano la amplitud máxima registrada fue de 3 m.
27 – 02 – 2010	Mw = 8.8 L = 450-500 km	En la Bahía de Concepción se midió una altura de inundación de 5.4 y 6.4 m para Penco y Talcahuano respectivamente. El tsunami cobró 181 víctimas a nivel nacional, de las que 21 corresponden a Talcahuano.

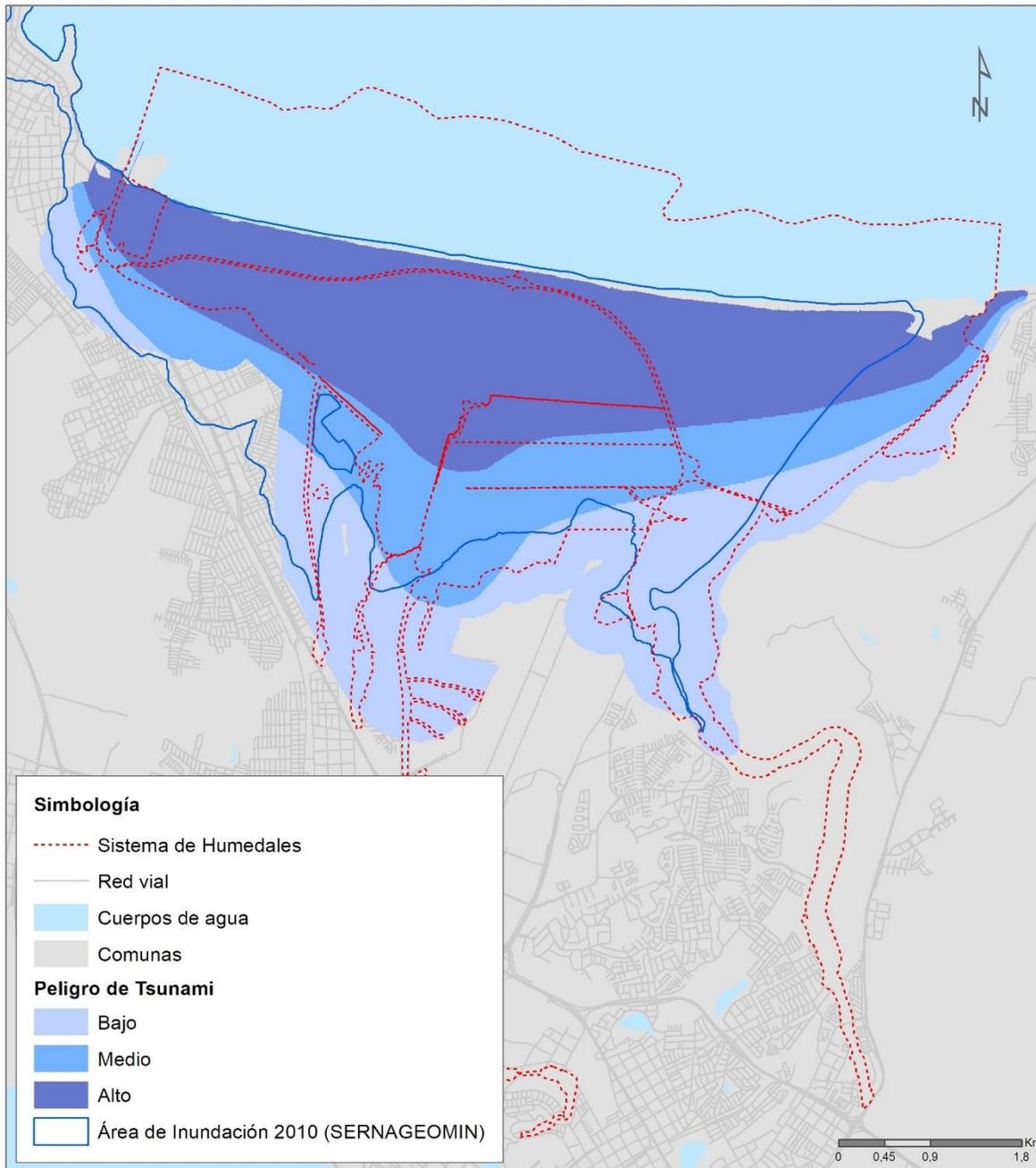
\*M = Magnitud estimada / L = Longitud de ruptura estimada.

Fuente: Cartes (2018); Municipalidad de San Pedro de la Paz (2018); Soloviev & Go (1975).

### **Niveles de peligrosidad**

Para caracterizar los niveles de peligrosidad en el humedal se utilizó la información del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) referente a la Carta de Inundación por Tsunami o CITSU para la Bahía de Concepción y San Vicente en su edición de 2013. Como se observa en la Figura 72 y Tabla 38, más de 2.500 ha se encuentran bajo algún grado de peligro, la zona con una profundidad de inundación mayor a 2 metros predomina con un 21%, mientras que los niveles de peligro medio y bajo presentan un 12 y 17% respectivamente.

Figura 72. Peligro de tsunami



Fuente: Carta de Inundación por Tsunami Bahías de Concepción y San Vicente (SHOA, 2013).

Tabla 38. Superficies Peligro de Tsunami

Profundidad de Inundación	Nivel de Peligro	Superficie	Porcentaje
0 a 1 m	Bajo	848 Ha	17%
1 a 2 m	Medio	626 Ha	12%
> 2 m	Alto	1.076 Ha	21%
<b>Total</b>		<b>2.551 Ha</b>	<b>50%</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Terremotos y Licuefacción**

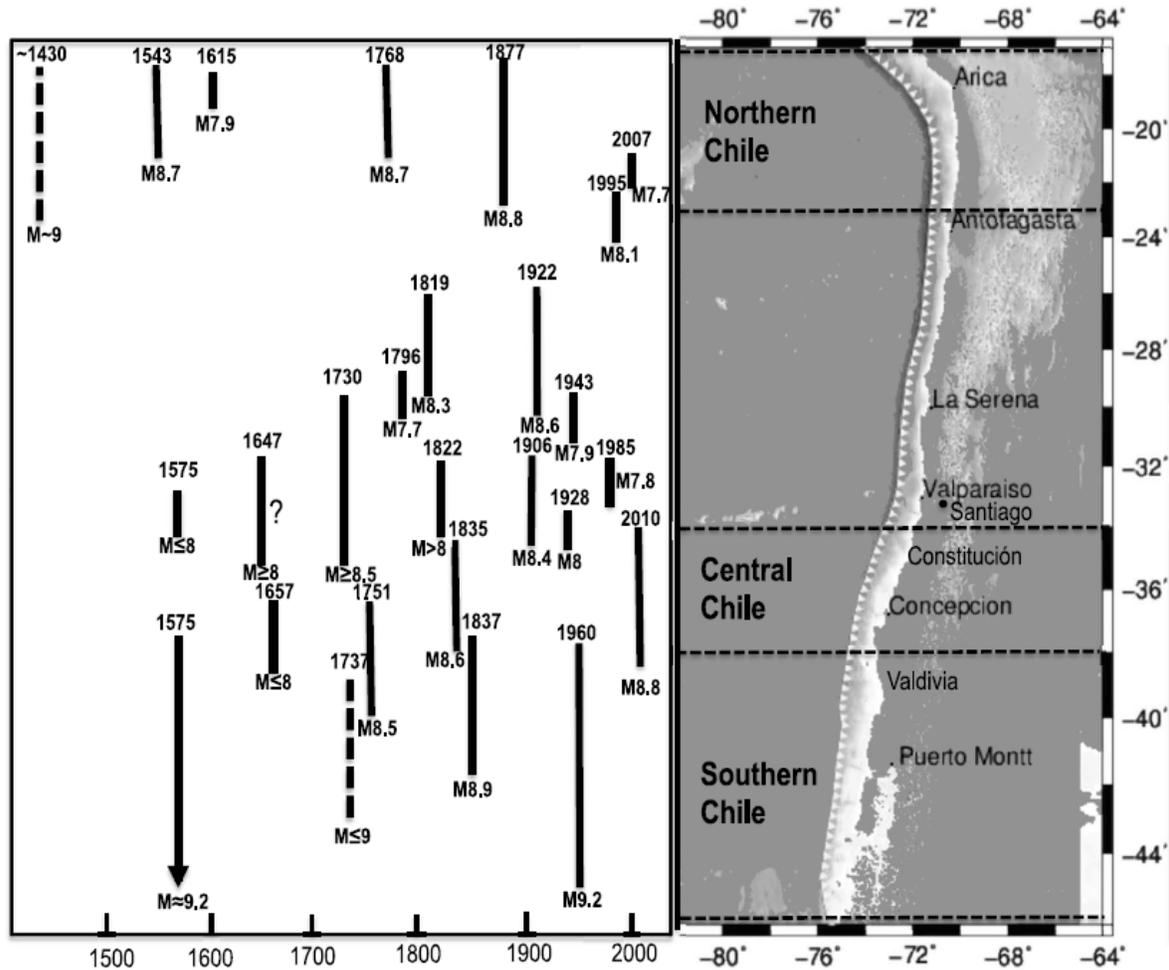
Un terremoto se define como una vibración de la tierra causada por la liberación repentina de energía bajo la superficie, que generalmente responde al desplazamiento de la corteza terrestre a lo largo de una falla (Wincander y Monroe, 2000; Tarbuck y Lutgens, 2005). Los efectos de un terremoto dependen de su magnitud, profundidad del foco, distancia a las zonas pobladas y densidad de la población, hora de ocurrencia y el tipo de construcciones en la zona afectada, sumado a la posibilidad de que el terremoto detone otros desastres colaterales como inundaciones, aludes, incendios, licuefacción de suelos o tsunamis (Keller & Blogdett, 2004; Nava, 2011).

Por su parte la Licuefacción es un fenómeno originado por el acomodamiento de las partículas sólidas como resultado de la exposición de suelos saturados y sin cohesión a las vibraciones de un terremoto (Matamoras, 1994). Durante un movimiento sísmico, el exceso de presión en los poros disminuye la tensión efectiva del suelo, cuando dicha presión iguala el confinamiento efectivo inicial, el suelo comenzará a deformarse y cambiará su fase de sólido a un líquido pesado, perdiendo gran parte de su fuerza de soporte, por lo que cualquier estructura emplazada sobre el puede llegar a colapsar (Faculty of Societal Science, 2018).

#### *Eventos históricos y efectos*

Diversos estudios han analizado los terremotos y tsunamis que han afectado a Chile, la Figura 73 presenta la historia de los terremotos en Chile, con una estimación de su magnitud y largos de ruptura según Scholz & Campos (2012).

Figura 73. La historia de los terremotos de Chile



Fuente: Scholz & Campos (2012).

Como se observa en la Figura, la zona de Concepción ha sido afectada por diversos sismos desde su fundación en el siglo XVI, la ciudad de Concepción en su sitio antiguo, actualmente denominada como Penco fue destruida y reconstruida en diversas ocasiones por el impacto de los terremotos y tsunamis de 1570, 1657 y 1730. Sin embargo, tras la catástrofe ocurrida en 1751 se decidió el traslado definitivo de la ciudad a su emplazamiento actual (Palacios, 2012). La Tabla 39 muestra un resumen de los principales efectos de los terremotos desde el siglo XVI en la ciudad de Concepción y alrededores.

El caso del terremoto del 27 de febrero de 2010, originado por el desplazamiento súbito de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, con una magnitud de 8.8 (Mw) y largo de ruptura de aproximadamente 450 km (Barrientos, 2010). Las pérdidas en vidas humanas producidas directamente por el terremoto y tsunami alcanzaron 512 muertes (331 sin considerar las muertes asociadas al tsunami) y 46 desaparecidos (Nahuelpan y Varas, 2013). En la región del Biobío cerca de 236.000 viviendas afectadas en distintos grados, 7 puentes y pasarelas presentaron daños, entre otras afecciones a puertos, redes viales y equipamientos (CEPAL, 2010).

Tabla 39. Terremotos que afectaron a Concepción y alrededores desde el siglo XVI

Terremoto	Efectos en la ciudad de Concepción y alrededores
1570	Destrucción gran parte de las casas, asociado a castigo divino.
1657	Destrucción de la ciudad, víctimas poco numerosas con recuentos de 40 muertos.
1730	Terremoto en Valparaíso, los mayores impactos fueron producto del posterior tsunami.
1751	La ciudad fue reducida a escombros por el terremoto y maremoto, con dos eventos tan cercanos se decidió trasladar la ciudad.
1816	Fuerte temblor sin efectos mayores
1835	Terremoto y maremoto que destruyeron Concepción y Talcahuano. Se contaron 50 muertos y 30 desaparecidos en la ciudad y alrededores.
1939	Destrucción del 80% de las viviendas censadas en la ciudad, más de 10.000 personas fallecidas.
1960	Caída de el "Puente Viejo", destrucción del Teatro, el Seminario y el Palacio Consistorial, pero en general la ciudad no se vio afectada como eventos anteriores.
2010	Aunque la percepción de daños se agravó por la difusión del edificio "Alto Río", solo siete inmuebles de altura fueron dañados de manera irreparable. La mayor parte de los daños se asocian al posterior tsunami.

Fuente: Cartes (2018); Palacios (2012); Palacios (2015).

Otro de los efectos de la ocurrencia de terremotos tiene relación con una variación vertical de las superficies afectadas, lo que es conocido como alzamiento o subsidencia tectónica (Berlin, 2018). Estos pueden tener un gran impacto en los ecosistemas de humedales, creando nuevos casos de subsidencia, como lo ocurrido en las cercanías de Valdivia con el terremoto de 1960 (Rojas, 2018), o desecando existentes como se evidencia en el Humedal Tubul-Raqui (Quezada et al., 2012), sin embargo, un porcentaje de estos alzamientos o subsidencias cósmicos se recuperan posterior al terremoto minimizando los efectos iniciales, tal como se ha reportado en el humedal antes citado.

Durante el terremoto de 1835 se describen alzamientos en el litoral de la región del Biobío que generaron la emersión de la plataforma de abrasión marina y la muerte de la biota intermareal (Quezada et al, 2012). Específicamente Rojas et al., (2018) indica que para la sección baja de la cuenca del Río Andalién se registraron alzamientos entre 50±10 cm para el terremoto de 2010, sin embargo, las tendencias al alzamiento progresivo pueden ser compensadas con los aumentos en el nivel medio del mar, asociados al Cambio Climático (Contreras et al., 2012)

Respecto al fenómeno de licuefacción, González y Verdugo (2014) indican que los registros gráficos y escritos de los grandes terremotos de la historia de Chile permiten concluir que el fenómeno de licuefacción de suelos ha ocurrido de forma sistemática. Los autores se basan en registros, como la del terremoto de Concepción de 1570, en los que se describen grandes grietas en el suelo por donde fue expelido material que en algunos casos se caracterizó por colores oscuros y olor denso.

Otros registros que permiten sostener la recurrencia de fenómenos de licuefacción en la zona son los dejados por Darwin posterior al terremoto de 1835: "En menos de seis segundos la ciudad quedó en ruina. El ruido ensordecedor de las casas que se desmoronaban, el horrible crujir de la tierra que se abría y cerraba rápidamente en muchos sitios..." (Cartes, 2018).

En la revisión de Verdugo & González (2015) y González y Verdugo (2014) de sitios afectados por licuefacción posterior al terremoto de 2010, se señala la ocurrencia de más de 170 puntos, de los cuales la mayor cantidad se centra en Concepción y cercanías que reúnen las condiciones más favorables para este tipo de fenómenos:

sedimentos depositados por el río, nivel freático somero y construcción de rellenos sobre humedales (Figura 74).

Figura 74. Evidencias de Licuefacción en Concepción. a) Ruta costanera en Concepción; b) Línea de tren cercana a Concepción; c) Laguna Lo Custodio

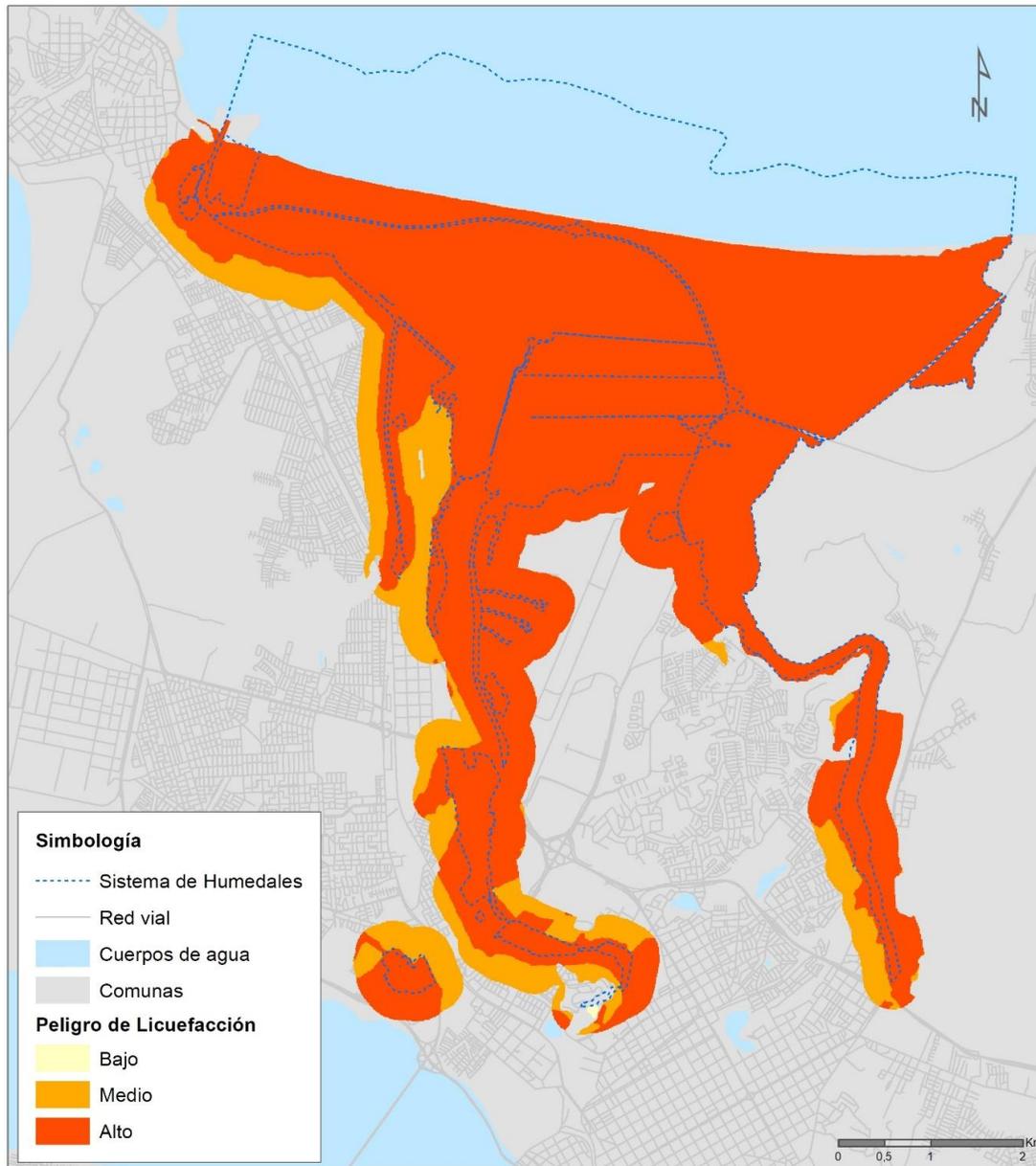


Fuente: Extraído de Verdugo & González (2015)

#### Niveles de peligrosidad

El peligro de Licuefacción para la zona de Concepción, Talcahuano, Hualpén y Chiguayante que comprende la mayor parte de la superficie del Sistema Humedal fue estudiado por SERNAGEOMIN (2010), dicho estudio no abarcó parte de la comuna de Penco, por tanto el nivel de peligrosidad se infirió según los antecedentes geológicos de la zona (en peligro alto). Como se observa en la Figura 75 y Tabla 40, el 86% del área estudiada se encuentra en zonas de peligro alto, con un 100% de la superficie del Sistema de Humedales en peligro alto, debido a la presencia de secuencias sedimentarias que contienen suelos arenosos y saturados de agua.

Figura 75. Peligro de licuefacción



Fuente: Mapa de Peligro Geológico - Licuefacción (SERNAGEOMIN, 2010).

Tabla 40. Superficies Peligro de Licuefacción

Nivel de Peligro	Superficie (ha)	Porcentaje
Bajo	1	0%
Medio	476	14%
Alto	2.970	86%
<b>Total</b>	<b>3.447</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

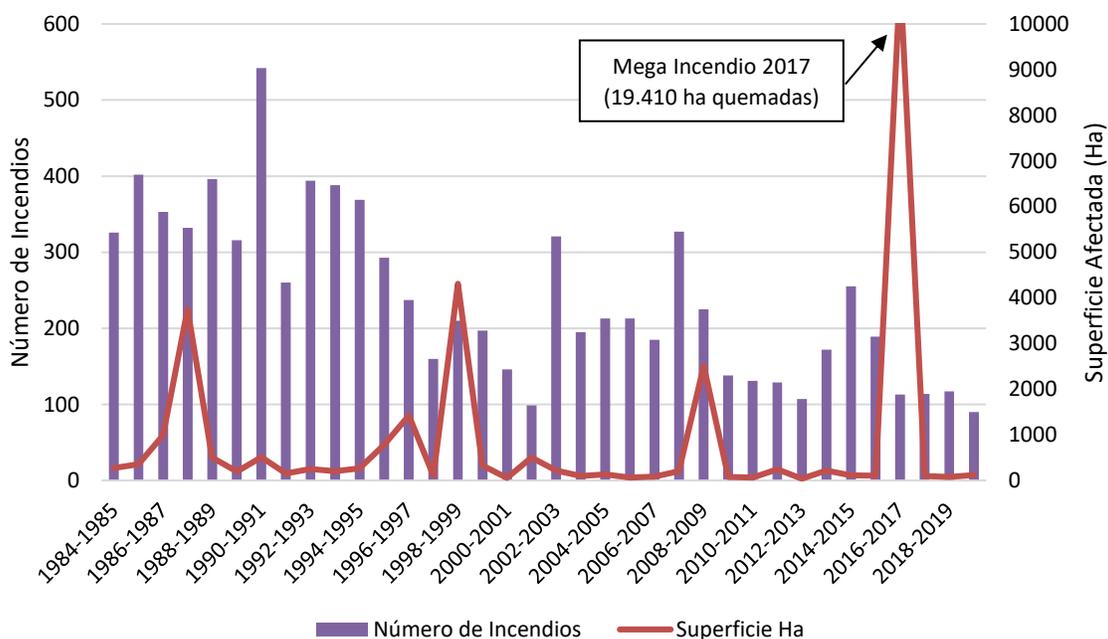
- **Incendios Forestales**

Un incendio se define como un fuego que se propaga sin control humano. El término “incendio forestal” se refiere a aquellos que ocurren en la naturaleza, específicamente en todos aquellos usos de suelo que no puedan clasificarse como urbano o agrícola, y se propagan por la vegetación presente sea este bosque, matorral, pastizal, humedal, etc. (Pausas, 2012). En los últimos años los incendios forestales han presentado un incremento significativo en su ocurrencia y severidad, diversos autores señalan que los cambios en el clima y su variabilidad, así como los cambios en los usos de suelo y la expansión de la interfaz urbano-forestal son los principales responsables (Díaz-Hormazabal y González, 2016).

***Eventos históricos y efectos***

Según registros de CONAF (2020), desde 1984 las comunas de Concepción, Penco, Talcahuano y Hualpén han sufrido los efectos de incendios forestales (Figura 76). Aunque el número de eventos parece disminuir con los años, contrario a la tendencia del país (Peña y Valenzuela, 2008), también se logra observar como la superficie afectada no depende del número de eventos sino del grado de control.

Figura 76. Incendios forestales para 1984-2020 en las comunas de Concepción, Penco, Talcahuano y Hualpén

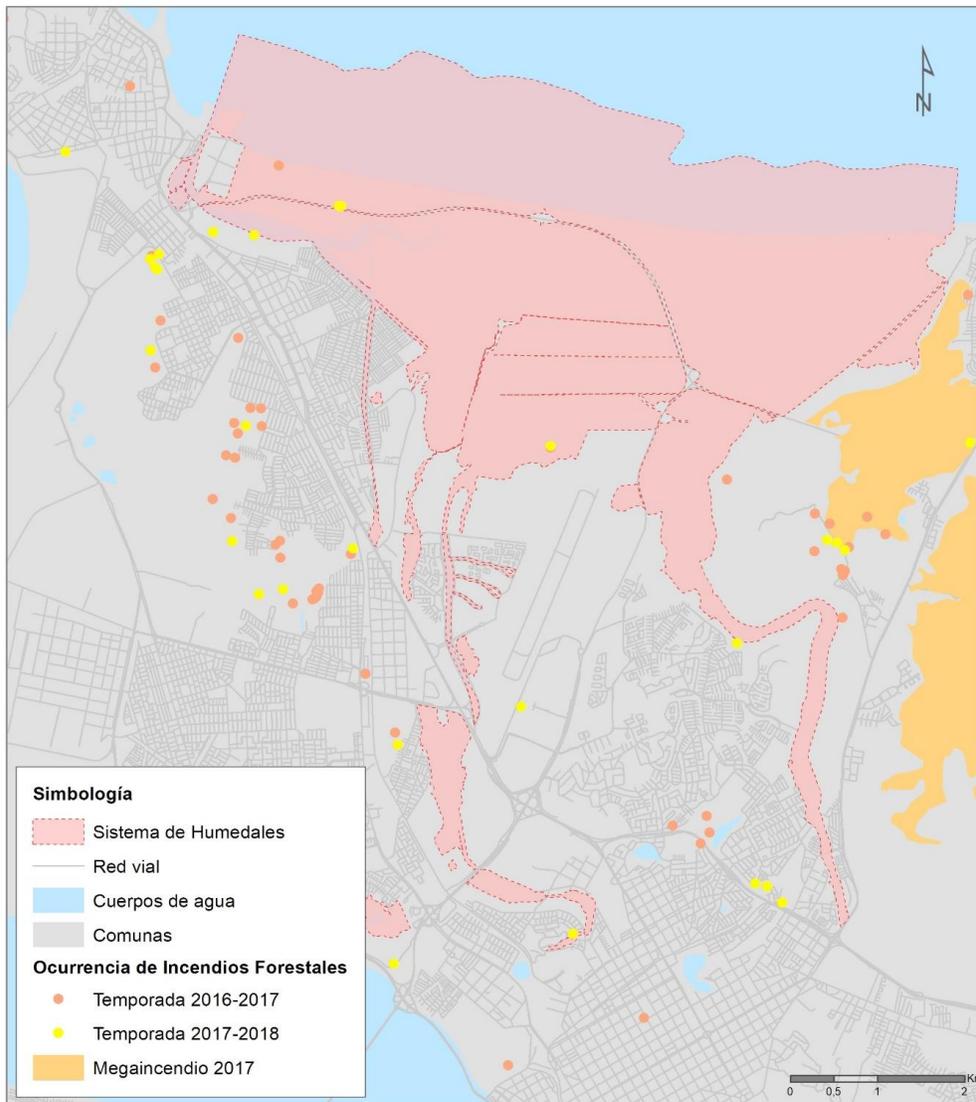


Fuente: CONAF (2020).

En la temporada 2016-2017 sólo en las comunas de Concepción y Penco se registraron más de 19.000 hectáreas afectadas por incendios forestales. Esto coincide con la ocurrencia del mega incendio de 2017 (Castillo, Saavedra y Brull, 2019).

Como se observa en la Figura 77, las zonas de contacto de las áreas urbanas aledañas al Sistema Humedal han presentado numerosos focos de incendio forestal en las últimas temporadas (CONAF, 2020). Durante el megaincendio de 2017 la zona de afección estuvo a estrechos 20 m del límite este del humedal en la comuna de Penco. Sumado a ello, 16 eventos ocurrieron al interior o en los 300 m próximos al humedal en las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

Figura 77. Ocurrencia de Incendios forestales en las cercanías del Humedal Rocuant-Andalién (2016-2018)

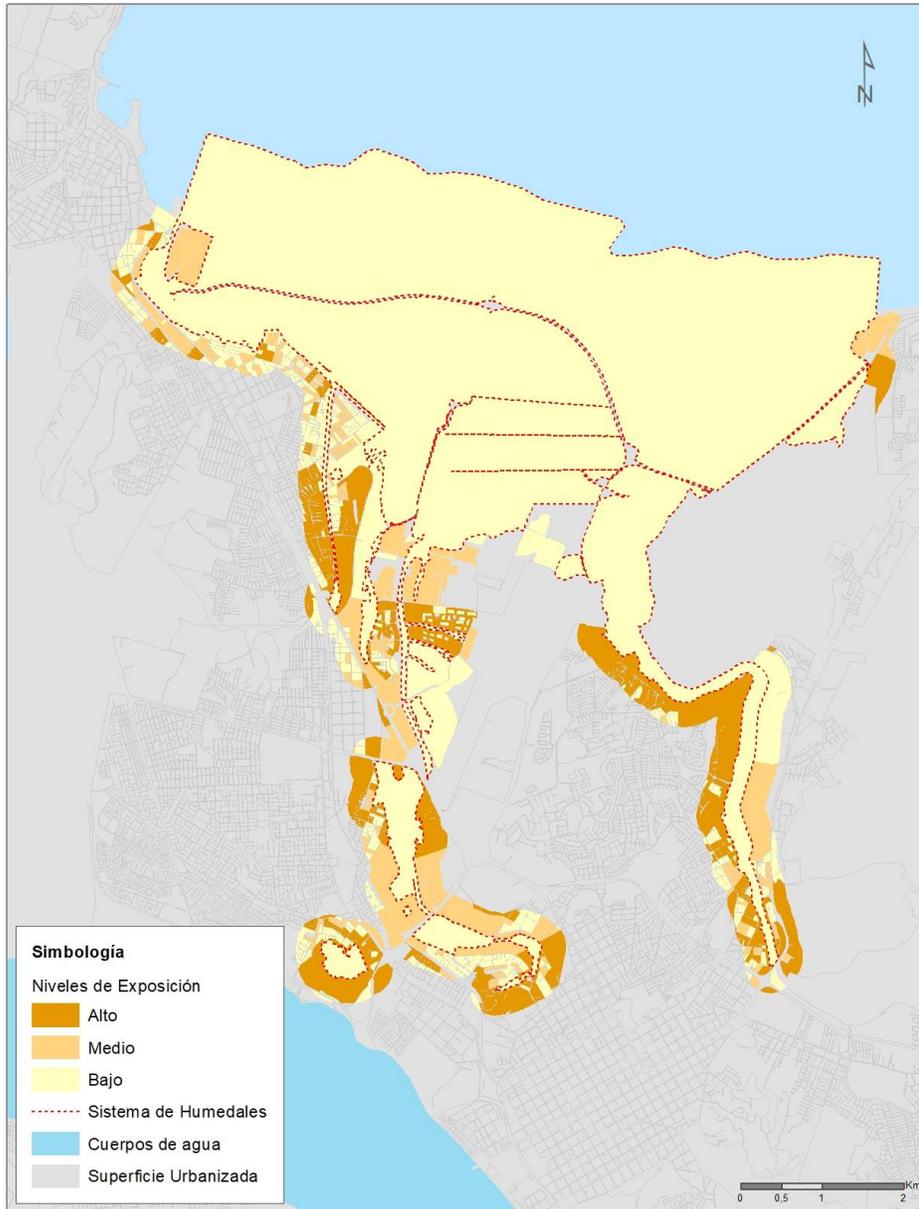


Fuente: CONAF

- **Exposición**

Los resultados del análisis de exposición frente a peligros de origen natural para el Sistema Humedal y su área de interés se presentan en la Figura 78. En las zonas urbanizadas destacan los niveles medios y altos con 10% y 13% respectivamente, se relacionan con sectores con mayor densidad de población y viviendas en las Riberas del Río Andalién y en el Canal Ifarle. La exposición baja representó el 77% de la superficie analizada, básicamente en zonas del Sistema Humedal.

Figura 78. Niveles de exposición



Fuente: Elaboración propia.

- **Riesgo**

La Tabla 41 y Figura 79 presentan los resultados del análisis del riesgo para inundación fluvial, tsunami y licuefacción. En el ámbito de inundaciones fluviales, los niveles de riesgo se concentraron en el rango bajo (45%) y medio (51%), mayoritariamente en áreas de humedal, debido a las profundidades altas (áreas de almacenamiento), mientras que los sectores habitacionales ribereños, reportaron riesgo alto (4%). Por su parte el riesgo de tsunami se ubicó en nivel medio (52%) y bajo (46%), se concentraron en sectores del Sistema

Humedal, dados los altos niveles de inundación que superan los 2 m; el nivel alto (2%) se encontró en las áreas residenciales de la comuna de Talcahuano.

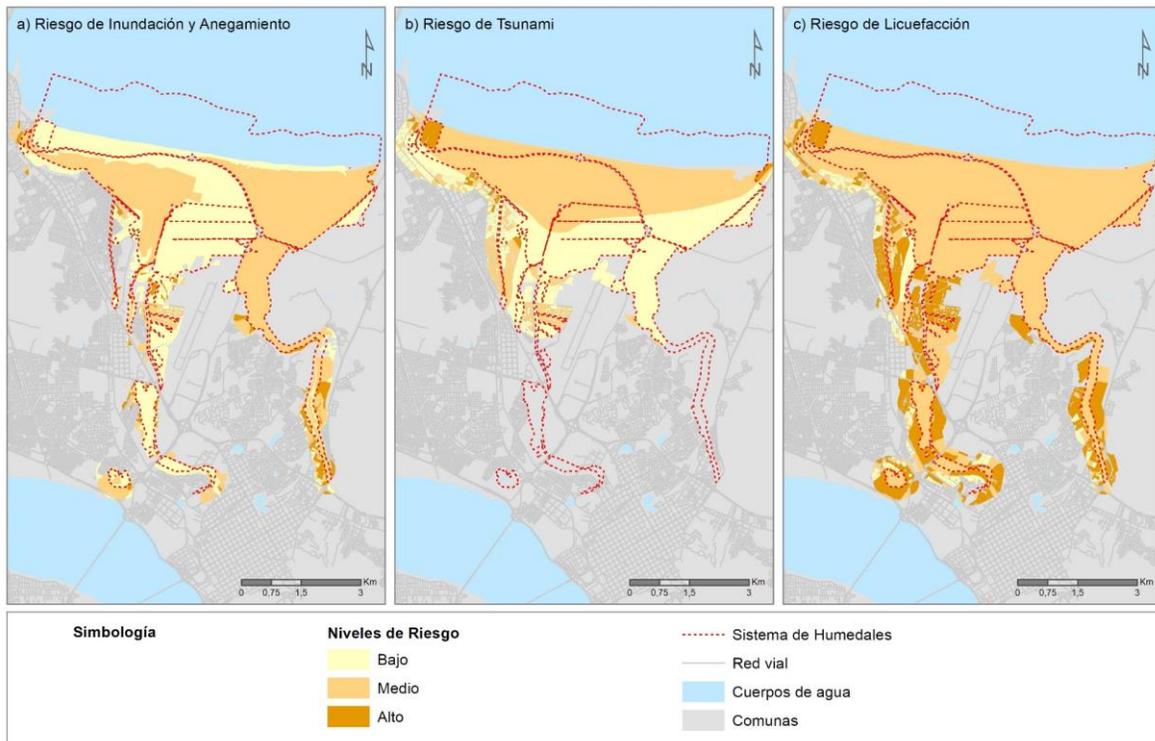
Finalmente, para el riesgo de licuefacción, un 76% del área analizada presentó niveles de riesgo medio, esto comprendiendo que la mayor parte de las áreas con peligro alto se encuentran al interior del Sistema de Humedales, en zonas que no han sido urbanizadas. Efectivamente, se debe recalcar que posibles desarrollos urbanos en dicha área generarían nuevas áreas y mayores niveles de riesgo

Tabla 41. Superficies de riesgos

Tipo de Riesgo	Nivel de Riesgo	Superficie (ha)	Porcentaje
Inundación y Anegamientos	Bajo	1.136	45%
	Medio	1.279	51%
	Alto	88	4%
	<b>Total</b>	<b>2.503</b>	<b>100%</b>
Tsunami	Bajo	1.048	46%
	Medio	1.170	52%
	Alto	51	2%
	<b>Total</b>	<b>2.268</b>	<b>100%</b>
Licuefacción	Bajo	149	5%
	Medio	2.347	76%
	Alto	607	19%
	<b>Total</b>	<b>3.103</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 79. Niveles de riesgo por a) inundación fluvial y anegamiento, b) tsunami y c) riesgo de licuefacción

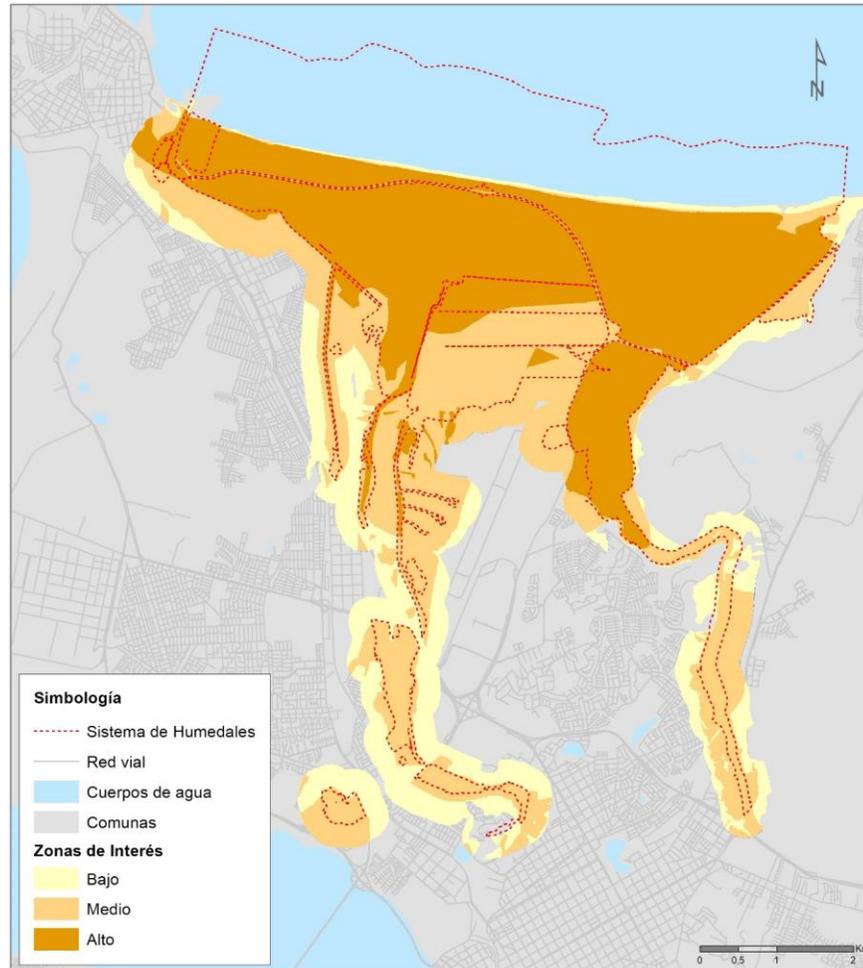


Fuente: *Elaboración propia.*

- Áreas relevantes y/o zonas de alto interés por riesgos naturales

Para la obtención de las áreas de interés por riesgos naturales, se combinaron las coberturas de peligro (inundación y anegamiento, tsunami y licuefacción). En concordancia con los resultados individuales de peligro, la parte norte del sistema de humedales y especialmente en el estuario del Río Andalién son aquellas que concentran los más altos niveles de peligro, abarcando más del 40% del área analizada. Las zonas de interés medio (37%) se emplazan hacia el sur en las zonas restantes del Sistema de Humedales (Figura 80).

Figura 80. Áreas relevantes y/o zonas de alto interés por riesgos naturales



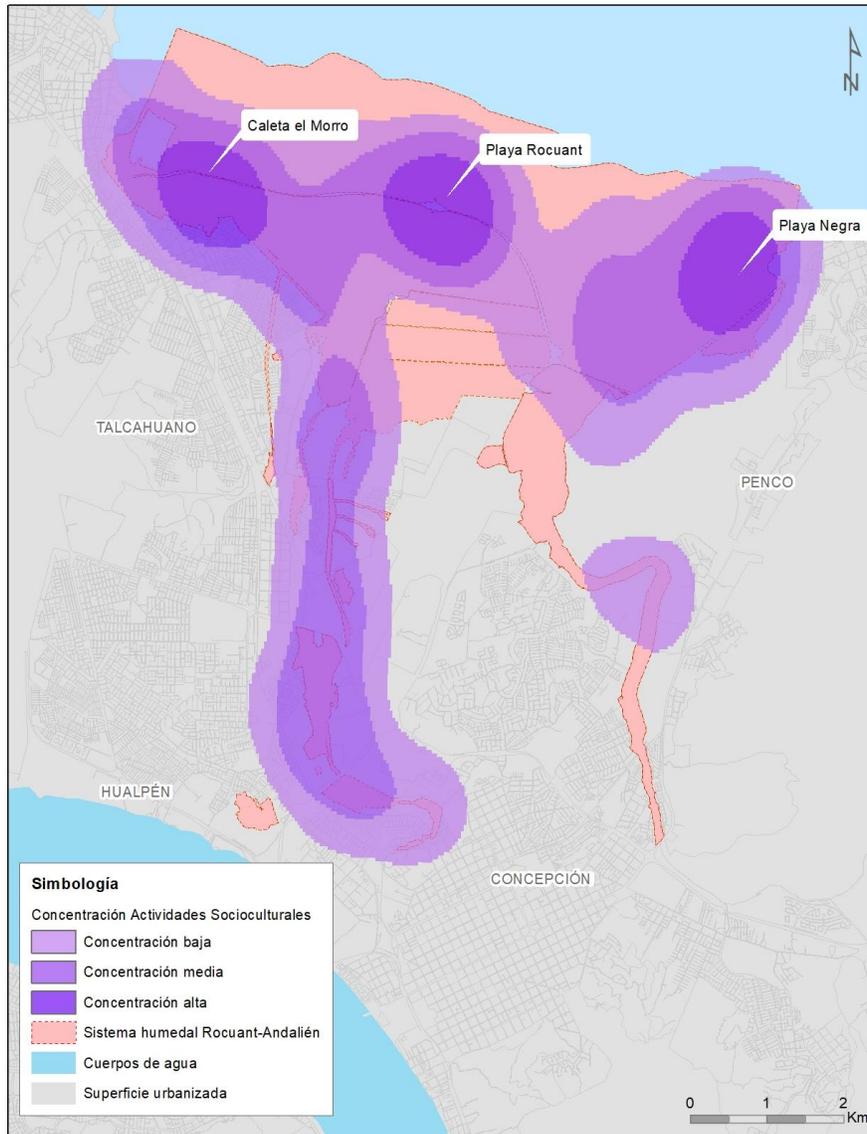
Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Zonas de importancia sociocultural dentro del Sistema Humedal

Para determinar zonas de importancia sociocultural, se realizó un análisis de densidad o “kernel density” de los puntos de importancia sociocultural identificados en los respectivos talleres, esto permite ver la concentración en áreas que incluyen varios intereses culturales, y perfectamente se pueden potenciar con actividades de educación ambiental o de reconocimiento del Sistema Humedal que dan sentido a la comunidad que habita en los entornos de este.

El mapa presentado en la Figura 81, permite identificar 3 zonas claves que abarcan prácticamente todo el borde costero, destacándose la playa los negros en Penco, la playa en Rocuant y la caleta el Morro de valor histórico en Talcahuano.

Figura 81. Áreas de importancia sociocultural



Fuente: Urbancost 2021

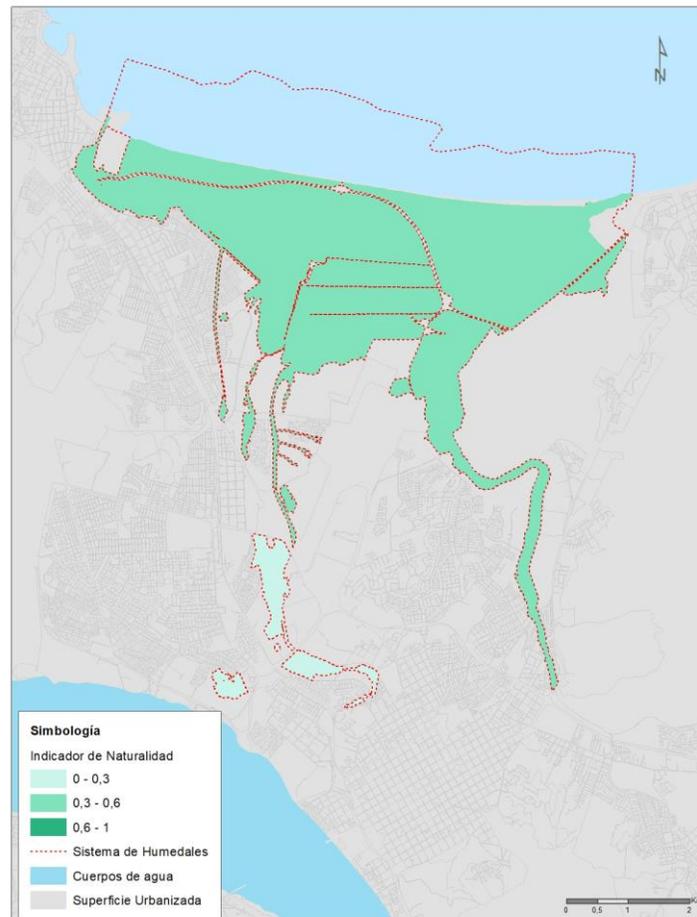
### 3.6 Instrumentos de Planificación Territorial vigentes y disponibles, respecto a la zonificación del Sistema Humedal

Los instrumentos de planificación territorial son todos aquellos normados por la Ley General de Urbanismo y Construcción OCUC, los cuales definen normas de ocupación de suelo para el territorio cubierto por la superficie de Humedal detectada.

Para la escala del Sistema Humedal, existen evidencias que los planes territoriales no han sido amigables y sustentables con los humedales, por ejemplo en una investigación realizada en 2015 que propuso un índice de Naturalidad de la vegetación, se pudo comprobar el grado de intervención de la vegetación de los humedales

por variables urbanas como la superficie urbanizable, la cual es definida por instrumentos de planificación territorial. En ese sentido el porcentaje de superficie urbanizable, definido por el Plan Metropolitano actual es más determinante que otras variables urbanas como las carreteras y la densidad de población en la preservación de la naturalidad, es decir mientras las zonas aledañas al humedal no se densifiquen se puede aún mantener este estado. En este sentido el índice presentado para el Humedal Rocuant-Andalién está en mejor estado (0,67) que en el Humedal Paicaví (0,04) cuya superficie urbanizable se ha densificado de forma más rápida e intensa (Rojas et al., 2015).

Figura 82. Naturalidad de Sistema de Humedales



Fuente. Rojas et al., 2015

Por tanto, corresponde revisar instrumentos de escala intercomunal como el Plan Regulador Metropolitano de Concepción y también de escala comunal como los Planos Reguladores de las comunas de Concepción, Penco, Tomé, Hualpén y Talcahuano. Los instrumentos de planificación territorial vigente a escala comunal son:

- Concepción: Publicación PRC Concepción. Decreto Alc. N°148. Fecha promulgación 05.06.2004. Fecha publicación D.O. 22.04.2004.
- Talcahuano: Publicación PRC Talcahuano. Decreto Alc. N°247. Fecha promulgación 24.01.2006. Fecha publicación D.O. 31.01.2006.
- Hualpén: 1° Modificación PRC Hualpén. Res V y U N°16. Fecha de promulgación 25.06.1990. Fecha publicación D.O. 07.09.1990.

- Penco: Publicación PRC Penco. Decreto Alc. N° 1200. Fecha de promulgación 12.04.2007. Fecha de publicación D.O. 30.05.2007.

Sorprendentemente no han planificado buena parte del Sistema Humedal y solo encontramos zonificación para el Humedal Paicaví por el Plan Regulador de Concepción y Vasco de Gama por la modificación PRC Hualpén, que anteriormente pertenecía a la comuna de Talcahuano, en ambos casos se permite el uso residencial.

En el caso del Humedal Vasco de Gama, su superficie esta planificada en un 99% por la modificación PRC Hualpén y solo un 1% por el Plan Regulador de Talcahuano. En el caso del de Hualpén, el uso destinado principalmente es productivo en la S-10 o Zona urbana de 31 mil ha que permite almacenamiento inofensivo y molesto, sigue la S-9 Zona urbana de equipamiento de escala regional, interurbana y comunal con 19 ha y una S3-2 o Sector especial, único dedicado a la protección de 17,5 ha, es decir un 21,3 % del humedal puede quedar sin construcciones y la S3-8 con 6,9 ha de uso mixto a pesar de su cercanía con el aeropuerto Carriel Sur (Tabla 42). Ante el rápido avance de construcciones y rellenos, también se han generado controversias principalmente en la zona destinada al uso de equipamiento, que de acuerdo al anteproyecto del primer Plan Regulador de Hualpén como comuna, quedaría como una zona verde protegida o parque comunal.

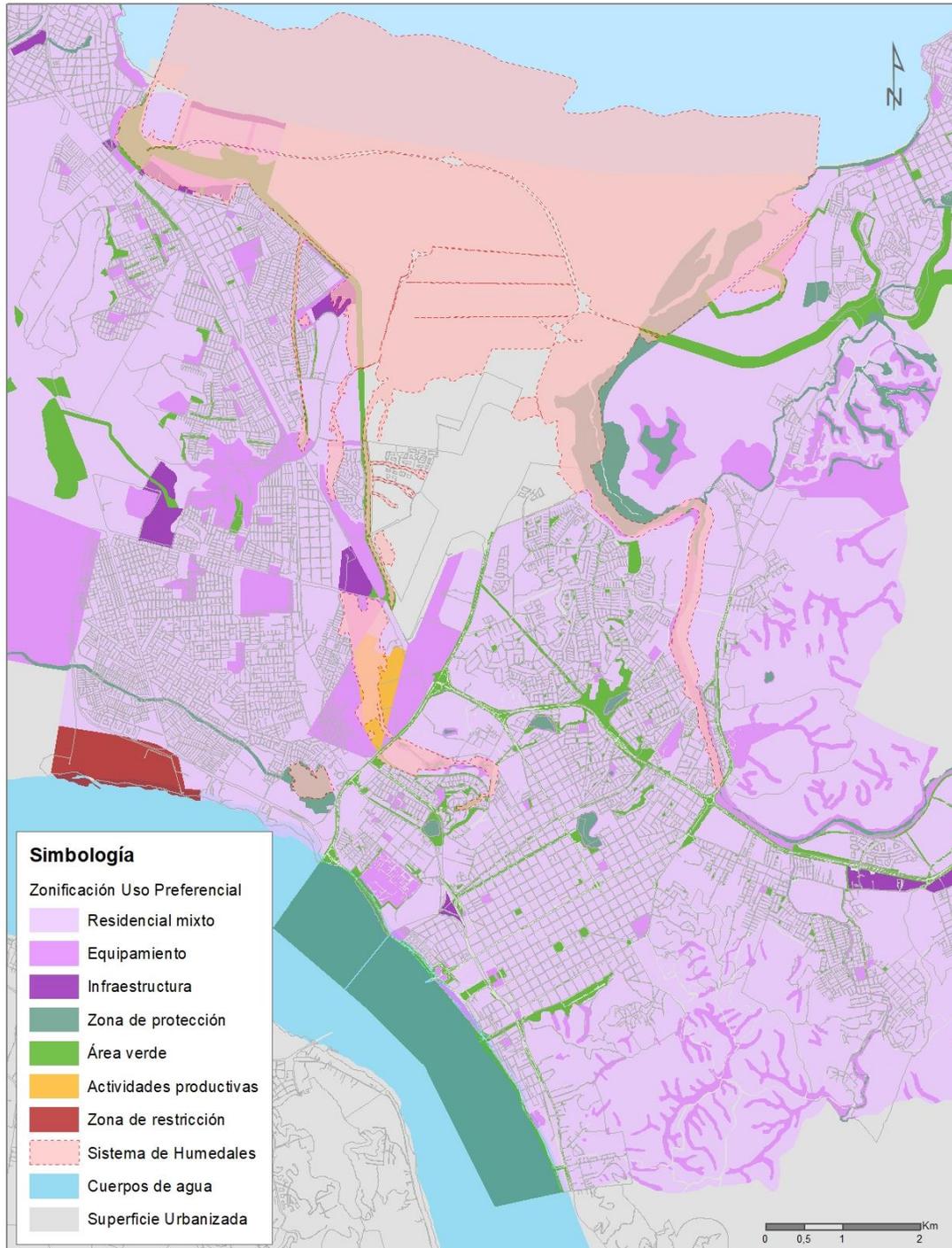
Para el caso de Vasco de Gama, urge que el nuevo instrumento respecto la delimitación del polígono de Sitio Prioritario destinado a este sector. Además el Humedal Vasco de Gama, está incluido en el Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022 del gobierno de Chile, donde a “cada humedal se asociará una figura de área protegida”, uno de los mecanismos más efectivos para garantizar la conservación de la biodiversidad y su patrimonio natural, el Humedal Vasco de Gama aparece expresamente señalado en el plan (Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022).

Tabla 42. Zonas planificadas Humedal Vasco de Gama

Comuna	Categoría	Superficie (Ha)
Hualpén	S-10 Zona urbana	31,082
Hualpén	S-11 Zona urbana	0,502
Hualpén	S-15 Zona urbana	2,766
Hualpén	S-2 Zona urbana	3,387
Hualpén	S-9 Zona urbana	19,627
Hualpén	SE-2 Sector especial	17,541
Hualpén	SE-8 Sector especial	6,936
Talcahuano	ZAV-1 Zona area verde	0,002
Talcahuano	ZSC-6 Zona servicios comerciales	0,139

Fuente: Elaboración propia

Figura 83. Usos predominantes planes reguladores comunales en el Sistema de Humedales



Fuente: Elaboración propia

El Plan Regulador de Concepción, definió a la superficie del Humedal Paicaví principalmente como una zona habitacional de expansión urbana HE3 de 14 ha, el cual comienza a intensificarse su ocupación a partir del año 2015 y cuyas construcciones hoy ya se encuentran consolidadas con el condominio Valle Aníbal Pinto (ver Figura 84), las casas del Valle Aníbal Pinto y edificios de 5 pisos. Solo se planificaron 4,2 ha de áreas verdes y 7,13 ha de protección del curso de agua.

Tabla 43. Planificación de usos de suelo Humedal Paicaví

Categoría	Superficie (ha)
Sin clasificación	2,16
AV: Área verde	4,22
CU1 Corredor urbano 1	2,82
H2 Zona habitacional consolidada	0,46
H5 Zona habitacional consolidada	1,43
HE3 Zona habitacional de expansión	13,97
Humedal Paicaví	3,07
PE Zona de protección	7,13

Fuente: Elaboración propia a partir de Plan Regulador de Concepción

Figura 84. Condominio Valle Aníbal Pinto



Fuente: Urbancost Septiembre 2020

El rápido avance en la otorgación de permisos de edificación y densificación de la zona HE3, motivó un fuerte movimiento social a favor del Humedal Paicaví el cual se encuentra documentado en medios de prensa local con una fuerte participación de integrantes del Comité de Defensa del Humedal Paicaví, ante lo cual el municipio suspendió la otorgación de permisos de edificación en 2019 hasta la modificación del Plan Regulador de Concepción.

Finalmente en Agosto de 2020 entró en vigencia la modificación número 14 del Plan Regulador de Concepción que permite planificar una porción del Humedal Paicaví como parque interlagunas de la ciudad, un espacio público abierto a la comunidad, considerando que es parte de un Sitio Prioritario, pudiéndose cambiar la zonificación según establece el artículo 2.1.18 de la OGUC, cambiando principalmente la Zona de Expansión Habitacional HE3 y la Zona de Corredor Urbano (CU1) (Municipalidad de Concepción, 2020).

Figura 85. Modificación del Plan Regulador Concepción

Zonificación:



**Fig.2: Imagen situación vigente Plano Zonificación Plan Regulador Comunal para el área de estudio.**  
Fuente: elaboración propia.



**Fig.3: Imagen situación propuesta Plano Zonificación 14ª Modificación Plan Regulador Comunal, parque Comunal Interlagunas y Humedales Valle Paicaví.** Fuente: elaboración propia.

Fuente: Ilustre Municipalidad de Concepción

En el caso del Plan Metropolitano de Concepción vigente desde el 2003, en adelante PRMC, este sí define zonas para el territorio reconocido como Sistema Humedal en este estudio, ya que sus competencias son para toda el área denominada “Área de Planificación Metropolitana de Concepción”. Es importante mencionar que el plan se encuentra en un proceso de actualización, para mayores consultas de ese proceso se recomienda visitar el sitio web <https://www.prmconcepcion.cl/> que además dispone de su ordenanza general de modificación del PRMC. Mediante análisis espacial de superposición espacial con la zonificación existente y la propuesta, siguiendo la metodología de Rojas et al., (2019) determinamos cuánta superficie se encuentra disponible para la preservación del Sistema Humedal.

En el plan vigente PRMC (2003) se considera compatible con la Zona de Valor Natural o ZPVN, estrictamente no es una zona de protección de espacios naturales, pero permite usos compatibles para la conservación del ecosistema, esta corresponde a 462,4 ha, a la cual se puede sumar áreas verdes, zona de asentamiento costero, drenaje, de interés silvoagropecuario y playas, totalizando 887,3 hectáreas aproximadamente de la superficie terrestre del humedal, es decir un 44,34%. En el caso del PRMC propuesto, este modifica su zonificación y define un área de Parques y Áreas Verdes intercomunales, donde la zonas PI (Parques Intercomunales) y AVI (Áreas Verdes Intercomunales) y la Zona de Protección Costera (96,55 ha) que eventualmente son compatibles con la preservación del humedal y proyectos de infraestructura verde como los planteados por la mesa de humedales del área metropolitana por la iniciativa “Ruta del Agua” (Edáfica, 2019). En el nuevo escenario esta superficie aumenta a 1.325,3 ha, es decir 65,2% del territorio planificado.

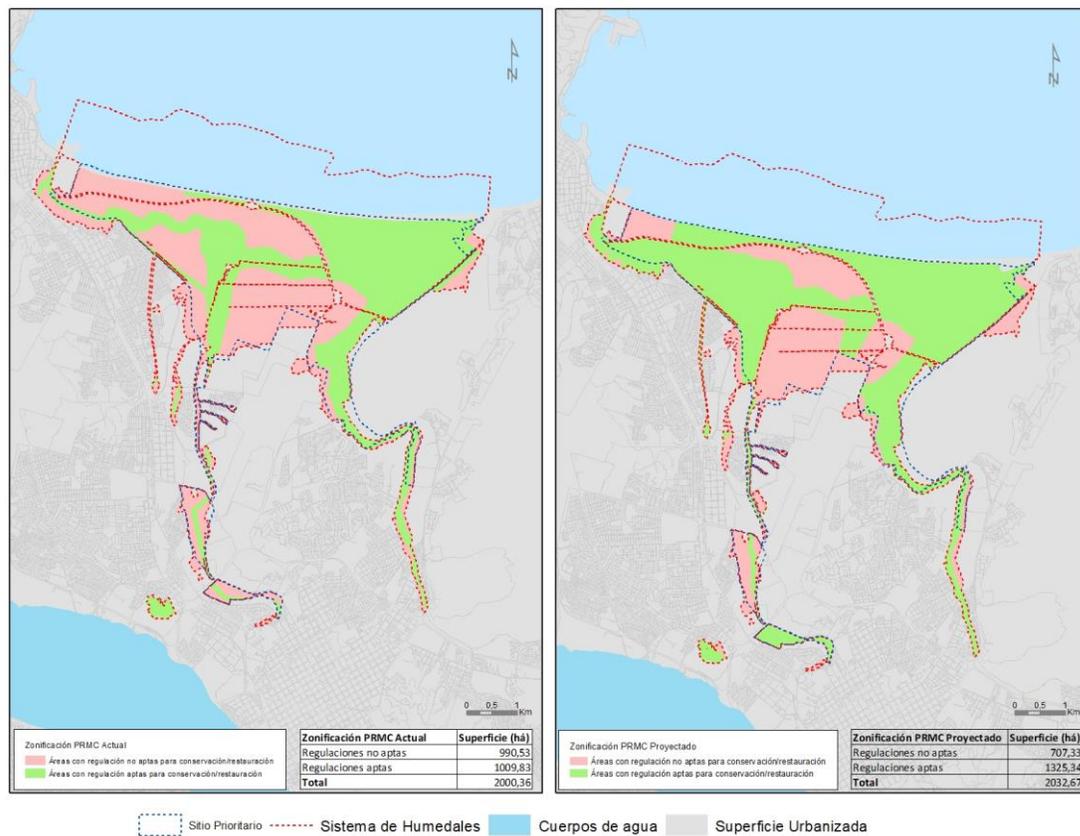
Tabla 44. Zonificación Plan Regulador Metropolitano de Concepción proyectado

Zonas	Superficie (ha)
APVN-3 = Zona de Protección Costera	96,55
PI-1 = Parque de Nivel Intercomunal Existente	97,63
PI-2 = Parque de Nivel Intercomunal Proyectado	129
ZAVI = Zona de Área Verde de Nivel Intercomunal	716,57
ZD = Áreas Inundables o Potencialmente Inundables	285,59

Fuente: Elaboración Propia con datos de MINVU

La siguiente Figura representa la superficie del Sistema Humedal en el ámbito terrestre, reconocida por este estudio comparado con las áreas compatibles y no compatibles para su protección, según las áreas propuestas del PRMC actual y futuro en caso de aprobación.

Figura 86. Zonificación PRMC actual y proyectado sobre Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ministerio de Vivienda y Urbanismo

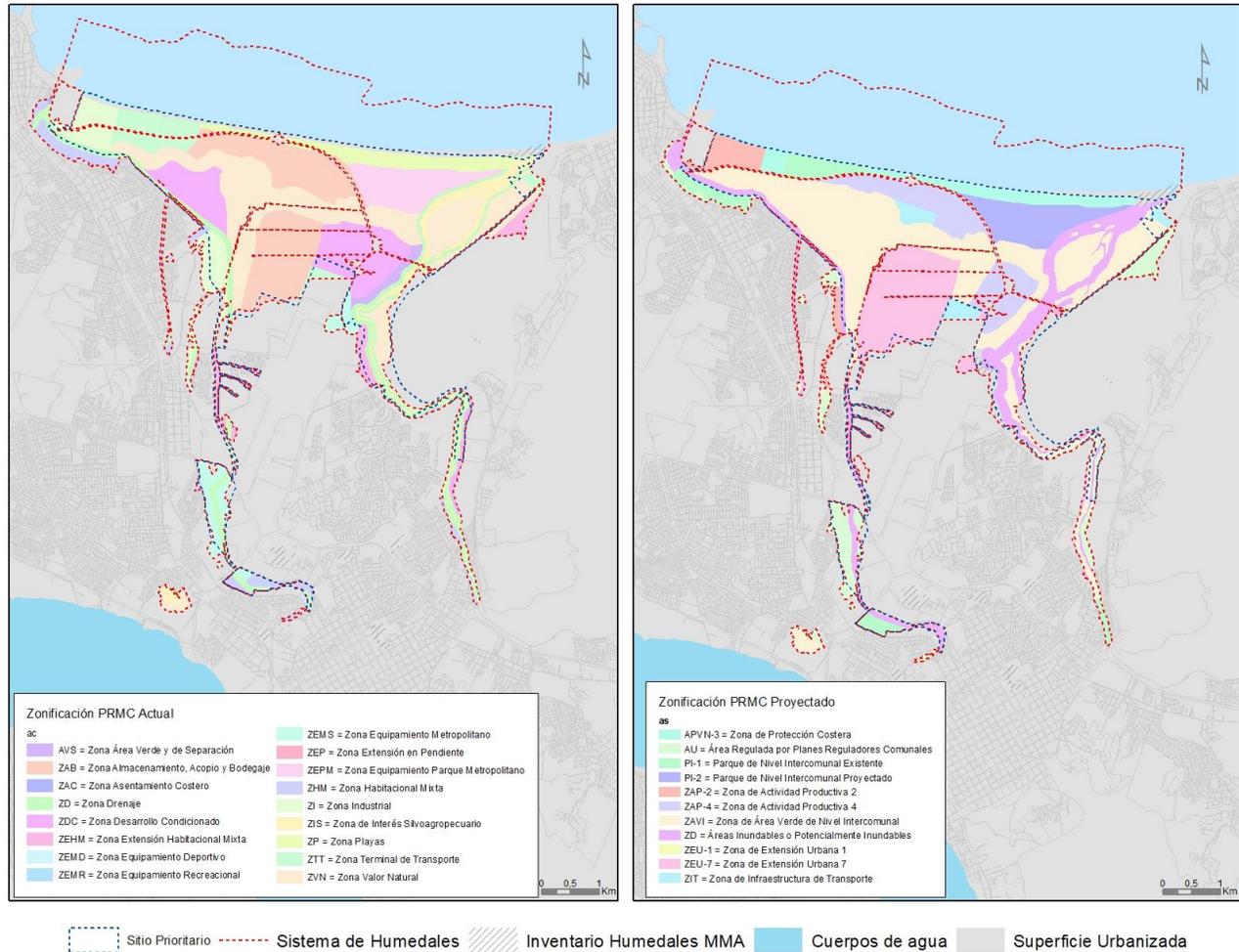
En el caso de las zonificaciones específicas del PRMC actual que incluyen urbanización y construcción, destina un 55,6% de la superficie del Sistema Humedal para el uso en extensión urbana, desarrollo condicionado, equipamiento, almacenamiento, industrial y de transporte (Figura 87). En el futuro Plan Metropolitano estas zonas cambiarán y se reduce el nivel de ocupación a un 34,8 % de su superficie.

Tabla 45. Zonas urbanizables Plan Regulador Metropolitano de Concepción proyectado

Zonas	Superficie (ha)
AU = Área Regulada por Planes Reguladores Comunales	131,97
ZAP-2 = Zona de Actividad Productiva 2	64,83
ZAP-4 = Zona de Actividad Productiva 4	183,07
ZEU-1 = Zona de Extensión Urbana 1	30,37
ZEU-7 = Zona de Extensión Urbana 7	249,59
ZIT = Zona de Infraestructura de Transporte	47,5

Fuente: Elaboración Propia con datos de MINVU

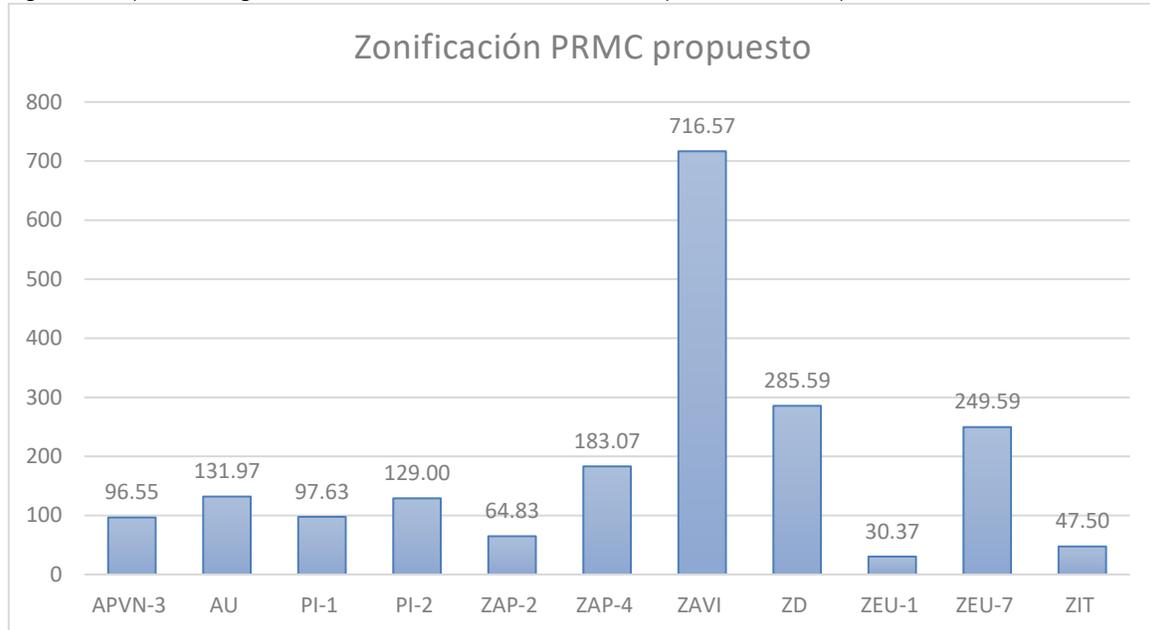
Figura 87. Zonificaciones del Plan Regulador Metropolitano actual y propuesto



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2020)

Las nuevas zonas de áreas verdes intercomunales son las que mayor superficie abarcan (716 ha), según la ordenanza, estos son terrenos de calidad de bienes nacionales de uso público y aquellos afectos a declaratoria de utilidad pública en concordancia con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Estas también pueden vincularse con los parques de nivel intercomunales, para lo cual se han proyectado 129 ha. En Talcahuano por ejemplo destaca PI-Parque Boca Andalién, en Concepción PI-5 Parque Andalién, PI-14 Parque Humedal Andalién y PI-Parque Humedal Paicaví, también en caso de hacer un corredor ecológico se pueden incorporar el PI-10 Parque Laguna Redonda. Además estas pueden vincularse con proyectos municipales de infraestructura verde.

Figura 88. Superficies según zonas de la actualización del Plan Metropolitano de Concepción



Fuente. Elaboración propia a partir de datos MINVU (2020)

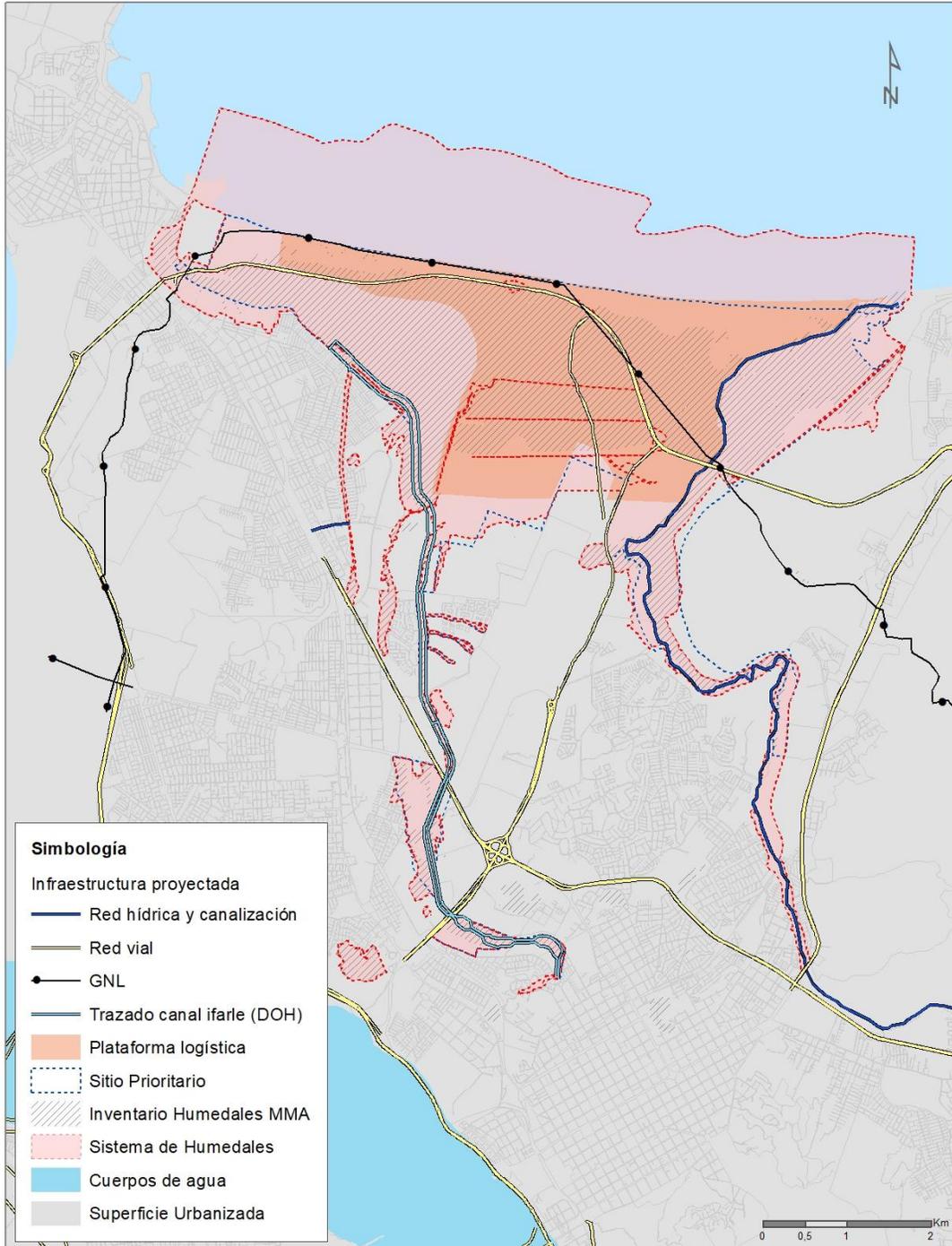
Definitivamente el PRMC propuesto amplía y sugiere una oportunidad de protección y conservación, pero sería relevante aumentar esta superficie reduciendo por ejemplo la ZEU-7 o zona de extensión urbana 1 y 7, mediante planificación urbana. La zona de extensión urbana (ZEU-7) se localiza básicamente sobre humedal permanente y temporal, reconocidos como unidades de marisma y llanura de inundación. Las zonas planificadas para urbanización convergen con el impacto constante del sistema fluvial y cambio hidrogeomorfológicos, cuyo resultados sigue siendo un ecosistema muy dañado que requiere restauración (Arriagada et al.,2019).

Además, estos instrumentos aprueban una serie de infraestructuras, las cuáles han sido mencionadas en los talleres de participación como si fuesen criterios de delimitación del ecosistema, lo cuál es un error de conceptos y competencias. El escenario de infraestructuras implica la ampliación del Canal Ifarle, una red hídrica de canalización, ampliación de la red vial, el gasoducto GNL Talcahuano y el área de emplazamiento del proyecto plataforma logística (Figura 89). Es competencia del sistema de evaluación ambiental, evaluar el impacto ambiental de estas infraestructuras y será competencia de un proceso de planificación del Sistema Humedal los usos de suelo que en definitiva se otorgarán a esta delimitación.

Un escenario de planificación distinto sería si está delimitación se presenta como expediente al Ministerio de Medio Ambiente por la Ley de Humedales Urbanos, esto permitiría dar una categoría territorial al sistema, aprovechando la instancia para modificar la zonificación del nuevo Plan Regulador Metropolitano de Concepción y ser zonificado como "Zona de Valor Natural", cuya ocupación estaría sujeta a los criterios mínimos de sustentabilidad para el uso racional de humedales.



Figura 89. Infraestructuras proyectadas sobre el Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Determinación de la zona de intrusión salina

Se procesaron los datos correspondientes a la metodología para determinar la influencia de la salina y marea dinámica en el Sistema Humedal en estudio, proceso iniciado en el OE-1. El comportamiento de la marea salina en el Sistema Humedal se encuentra altamente correlacionado con los caudales provenientes desde los sistemas de agua dulce aportantes y la dinámica de las mareas meteorológicas y astronómicas.

En efecto, Rojas et al., (2018) clasifica el sistema del estuario del Río Andalién como micromareal (rango de mareas <2 m) y de mezcla parcial con una salinidad superficial menor a la salinidad de fondo. En general en su estudio previo a las modificaciones de cauce realizadas en el Río Andalién, detectaron salinidad hasta 1,78 Km con un caudal de 28 m<sup>3</sup>/s en invierno, mientras que en primavera reportaron influencia a 3,5 Km desde la desembocadura, vinculado a caudales de 3 m<sup>3</sup>/s. Estudios posteriores realizados en el Proyecto FONDECYT N° 11150424, reportaron influencia de la marea salina hasta el sector de Cosmito, lo que implicó una migración aguas arriba del sistema estuarial.

Para las mediciones reportadas en el muestreo, se observaron condiciones Euhalinas en el sistema Ifarle y Andalién (desde la desembocadura, hasta aguas arriba del Puente Las Ballenas). En el caso del Río Andalién, la marea salina se extendió por 5,34 Km, con un bajo aporte de agua dulce. En el sector central de los canales pertenecientes a la marisma Rocuant-Andalién, se reportaron condiciones Euhalinas y Polihalinas. Los mayores niveles de salinidad se registraron en el Canal Ifarle, en efecto todas las estaciones medidas hasta calle Mons. Alarcón se clasificaron como Euhalinas, sin estratificación en la columna de agua. Al igual como ocurre en el Río Andalién, durante la época estival, dicho canal no recibe aportes significativos de agua dulce, por tanto su flujo responde a los aumentos y disminuciones que experimentan la marea durante el día, en momentos de bajamar, una parte menor del flujo queda represado por los puentes presentes, expuesto a la radiación solar y altas temperaturas (Figura 90).

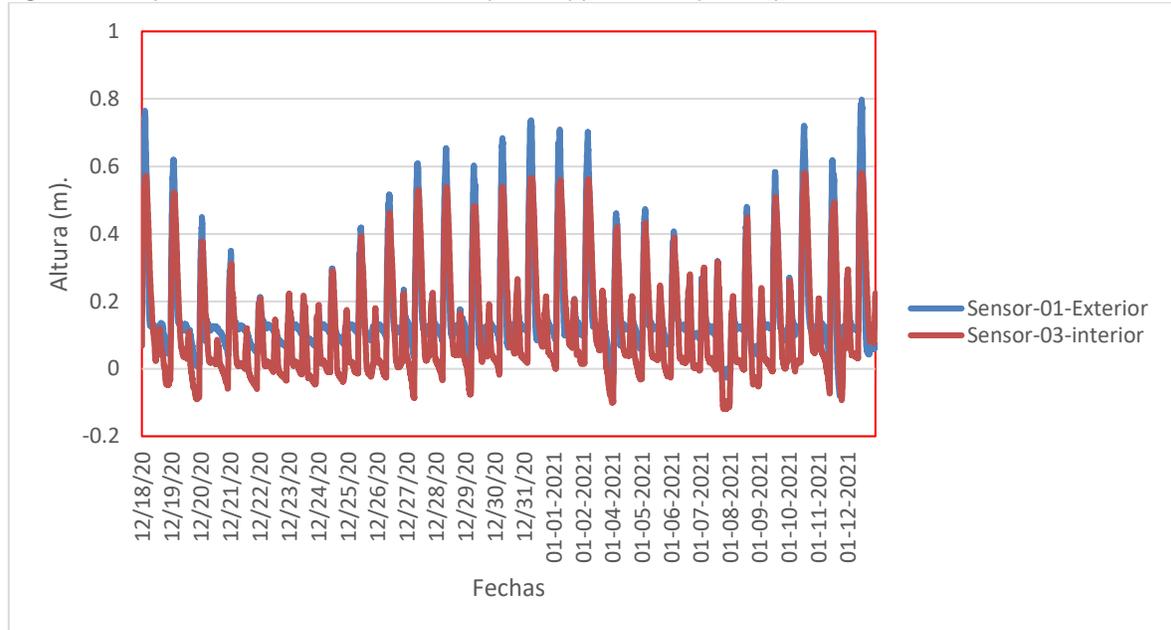
Figura 90. Condiciones de flujo estival, represamiento puentes y bajo aporte agua dulce en Canal Ifarle



Fuente: Elaboración propia

La influencia de la marea dinámica fue clara en el sistema. Las elevaciones de los sensores se encuentran referidas al Nivel Medio del Mar (Nmm). La altura corresponde al nivel del río al momento de la medición, este nivel fue vinculado mediante la hora de la medición in situ versus la hora y el nivel de la medición de los sensores. Este procedimiento permitió referir las mediciones del nivel del mar al plano de referencia (Nmm). En la Figura 91 se observa que para las pleamares más altas medidas entre el 18/12/20 y el 12/01/21 los niveles más altos alcanzaron los 0.8 m, mientras que máximos secundarios se registraron en torno a los 0,6 m cercano al 31/12/20; posteriormente se observó un tercer máximo en torno a 0.4 m.

Figura 91. Comparación de mediciones sensor 01 (Exterior) y sensor 02 (Interior)



Fuente: Elaboración propia

Mediciones realizadas con anterioridad para el Río Andalién en el sector Puente las Ballenas, durante el período 12/07/2014 y 28/09/2014, mostraron una amplitud de marea dinámica de 1,45 m, con un promedio de 0,55 m. Mientras que un sensor, localizado a aproximadamente a 4,8 km desde la desembocadura, registró una amplitud de 0,94 y un promedio de 0,8 m, entre el 30/10/2014 y el 19/11/2014 (Rojas et al., 2018).

Los antecedentes levantados en terreno y recopilados, permitieron establecer tres sectores según su frecuencia de inundación por las mareas; a) frecuentemente inundados (0.6 Nmm): aquellas zonas bajo el promedio de marea y/o con influencia polihalina o euhalina; b) regularmente inundados: zonas con al menos una inundación mensual por mareas (0.8 Nmm); c) frecuencia menor de inundación (1 Nmm), sectores con inundación con influencia de marea meteorológica (Figura 93).



Figura 92. Canal de marisma en sector sur del Humedal Rocuant-Andalién

Fuente: *Elaboración propia*

Se registró un valor de 26 PSU que corresponde al rango Polihalino. El área se encuentra alejada de la línea de costa, en la línea amarilla se evidencia suelo con marca de aumento de nivel del caudal en el canal, asociado a la acción de la pleamar ocurrida durante la noche. La fotografía fue tomada a las 18.00hrs. La presencia de canales artificiales impide que algunos sectores al interior de la marisma se inunden por efecto de la marea.

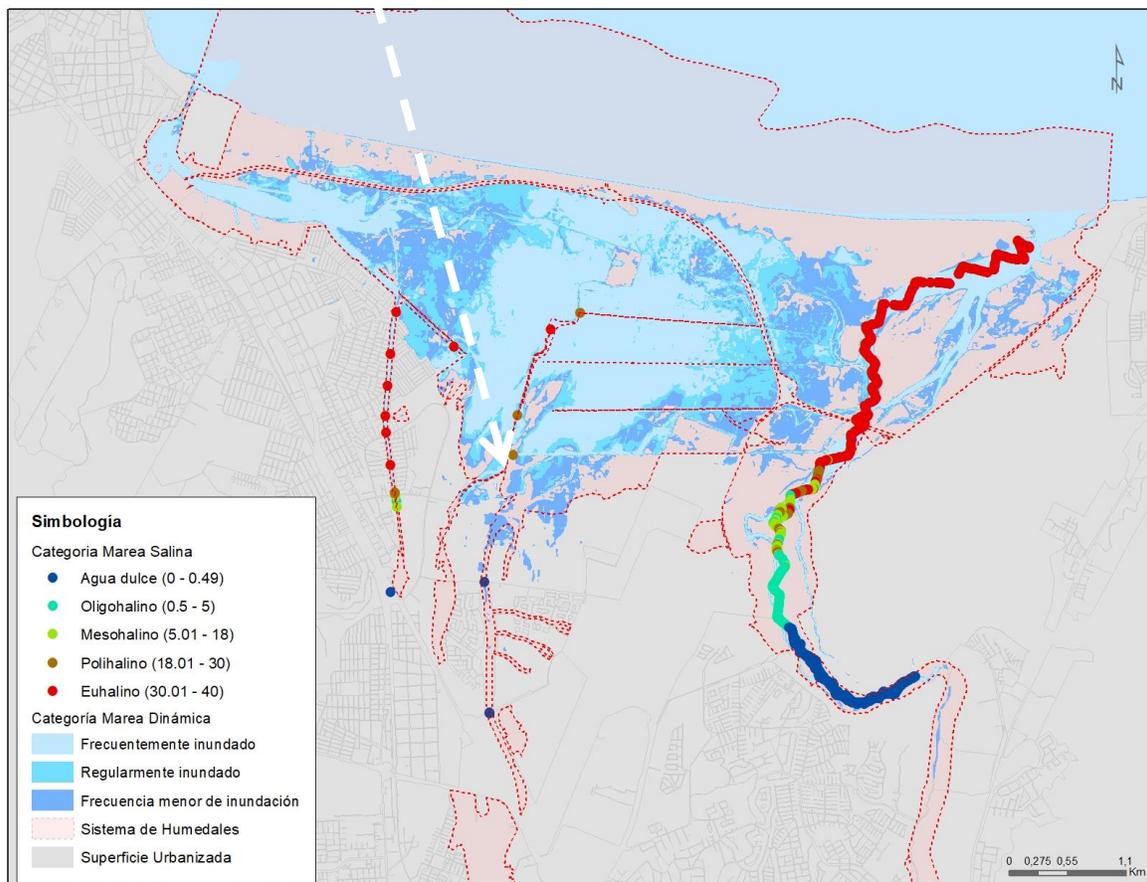


Figura 93. Determinación de influencia de marea salina y marea dinámica en el Sistema Humedal, con frecuencias de inundación

Fuente: *Elaboración propia*

### 3.8 Otras zonificaciones de interés

#### **AMERB**

En los talleres, se mencionó en varias ocasiones hacer una revisión de las “Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB), esta consiste en la asignación de derechos de explotación exclusiva a organizaciones de pescadores artesanales mediante un plan de manejo y explotación del recurso, basado en la conservación de los recursos bentónicos presentes en sectores geográficos previamente delimitados geográficamente. Fuentes provienen de la solicitud para el establecimiento de áreas de manejo por asociación gremial, sindicatos, cooperativas y organizaciones de pescadores artesanales. Procesos realizados es la proyección de coordenadas enviadas por medio de carta al Consejo de Pesca, ajustando los vértices a las cartografías vigentes (Planos Marítimos Costeros, Planos de Acuicultura, Cartas SHOA e IGM) para calcular los deslindes y superficie del área solicitada. Escala referencial de 1:5.000 a 1:200.000 Nivel Nacional, Zonas Costeras”<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>IDE Chile: <http://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B02D9CB94-6450-4790-B7A4-8DDA2FB7BB4F%7D>

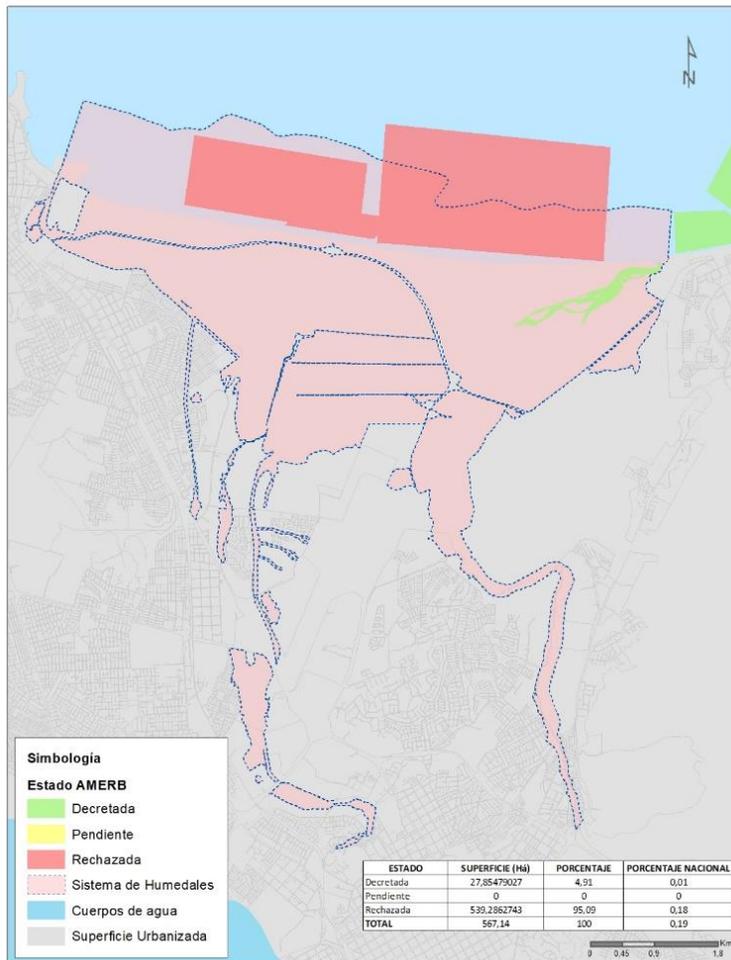


Figura 94. Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB)

Fuente: Subpesca

A nivel nacional se consideran 299.559,49 ha de superficie categorizadas como Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB), de las cuales el 41,43% de estas corresponden a áreas declaradas, 37,39% se encuentran aún en evaluación de ser decretadas y el 21,18% de ellas son áreas que han sido rechazadas en esta categorización.

Dentro del Sistema de Humedales se encuentran dos categorías de AMERB, las que abarcan una superficie de 567,14 ha, lo que a nivel nacional corresponde sólo al 0,19%, dentro de esta se encuentran tres áreas rechazadas correspondiente al 95,1% de la superficie que abarca el AMERB dentro del Sistema de Humedales y el 4,9% corresponde a áreas que han sido decretadas, dentro de la cual destacan especies como pelillo y taquilla.

Tabla N°46. Distribución Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB)

Estado	Superficie Nacional	Superficie Área (ha)	Porcentaje Nacional	Porcentaje Área	Porcentaje Nacional - Área
Decretada	124.116	27,85	41,43	4,91	0,01
Pendiente	112.008,63	0	37,39	0	0
Rechazada	63.434,86	539,29	21,18	95,09	0,18
<b>Total</b>	<b>299.559,49</b>	<b>567,14</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0,19</b>

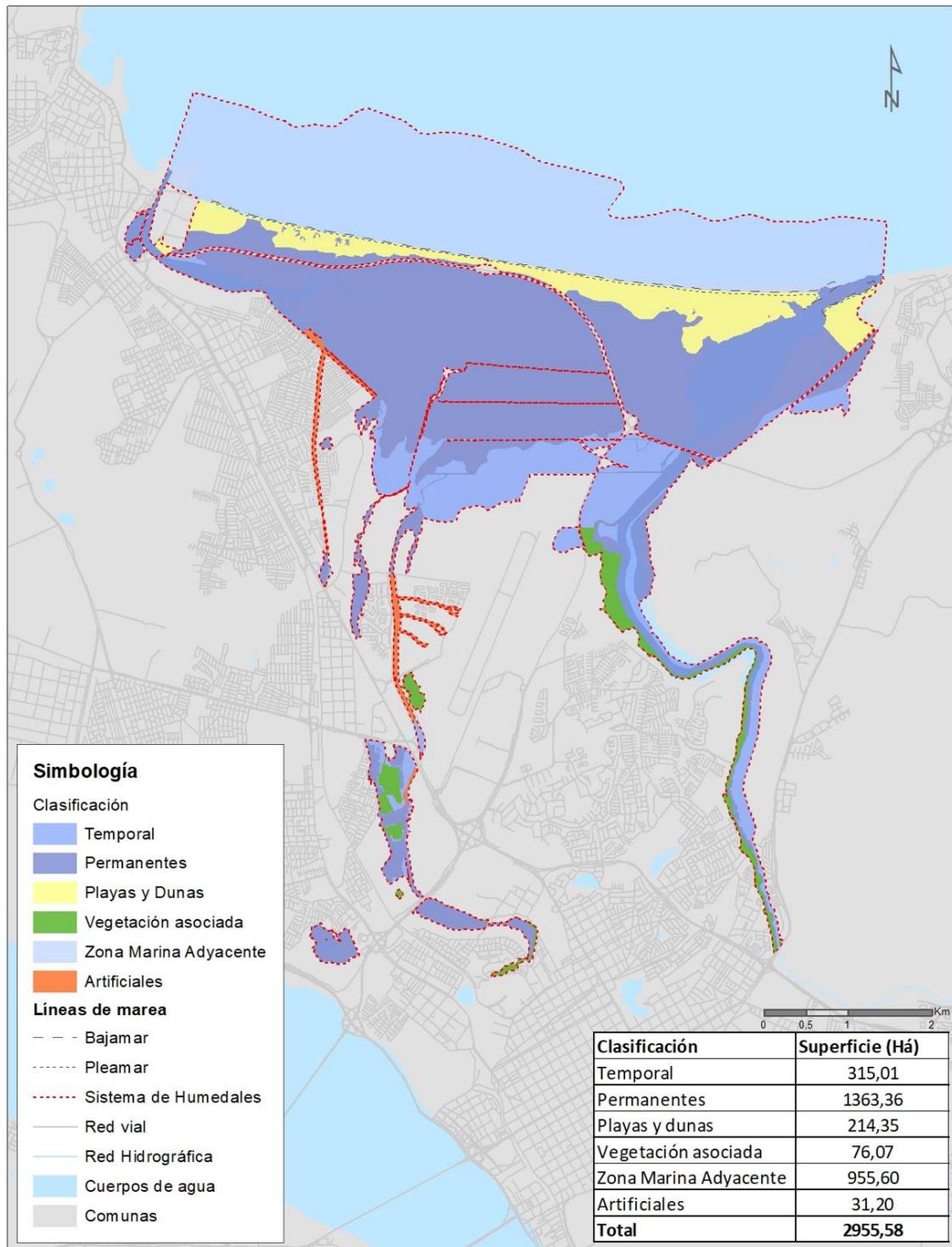
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

#### **IV. DELIMITACIÓN FINAL DEL SISTEMA HUMEDAL**

Revisados todos los antecedentes mencionados anteriormente, junto al trabajo de verificación campo y la revisión de una serie de observaciones por parte de la contraparte técnica, luego de la revisión del informe N°2 y de los integrantes del Comité Técnico local realizadas en los talleres de validación (Taller N°3 realizado el 8 de Marzo de 2021 y Taller N°4 realizado el 5 de Abril de 2021) y fichas de recepción por correo cuyas respuestas se pueden consultar en el anexo 1, podemos determinar que el Sistema Humedal corresponde a un conjunto de humedales compuestos principalmente por un humedal costero, o ecosistema de transición caracterizado por una marisma en la zona Rocuant-Andalién, de la cual se pudo demostrar su condición por la intrusión salina y vegetación. El sistema también está compuesto por humedales palustres formados por paleocuacales del Río Andalién y Biobío que presentan vegetación hidrófita, cuyos principales afluentes superficiales continentales provienen de la subcuenca del Río Andalién, estos corresponden a los Humedales Vasco de Gama- Paicaví y Tucapel Bajo, los que tienen una fuerte identidad socioambiental con la comunidad local. Dado el enfoque de restauración de la propuesta de delimitación con enfoque de subcuenca se incluye vegetación asociada o circundante al principal ecosistema. La delimitación final se observa en la siguiente figura e incluye las tipologías de humedal temporal con 315,01 ha, humedal permanente 1.363,36 ha, playas y dunas 214,3 ha, vegetación asociada 76,07 ha, humedales artificiales 31,20 ha y Zona Marina Adyacente 955,6 ha, totalizando 2955,5 ha.

Como información complementaria a la zona marina adyacente, se incorporaron las líneas de pleamar y bajamar, obtenidas a partir de imagen ESRI, desde el software sas-planet, con un remuestreo de píxel de 0.30 m. Se realizó una superposición de los planos de borde costero (anterior al 27-F 2010) y la imagen satelital en sectores urbanos, no fueron detectadas diferencias significativas en cuanto a desplazamiento horizontal. Considerando que los desplazamientos no fueron significativos, se procedió a dibujar las líneas de pleamar y baja marea desde la imagen de mejor resolución obtenida, cuya fecha según servidor de sasplanet corresponde a febrero de 2020. Se detectó un desplazamiento horizontal menor en el sector oeste de la playa, entre las líneas de la playa y baja mareas sobre la imagen satelital proporcionada, aparentemente obedece a la acumulación de sedimento o proceso de acreción en el borde costero, sumado a la construcción de un espigón, lo que al parecer está generando mediante un proceso de difracción de ola, acumulación de sedimentos en la costa contigua.

Figura 95. Delimitación final del Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví y Tucapel Bajo



Fuente: Elaboración propia

Un porcentaje de la delimitación corresponde a humedal costero, en este sentido los humedales costeros son muy sensibles a efectos del cambio climático, por ejemplo al aumento en la frecuencia de marejadas o la construcción de infraestructura pueden cambiar las condiciones de ingreso del agua. Un reciente estudio del Ministerio del Medio Ambiente (2019) que evalúa los efectos del cambio climático en 44 humedales costeros, entre los cuáles no se encuentra el Rocuant Andalién, señala que estos han experimentado cambios en los espejos de agua, disminución de caudales y aumento en la frecuencia de marejadas. En este sentido es relevante proteger el Sistema de Humedales, principalmente de la pérdida de superficies y cambios en vegetación y cuerpos de agua e iniciar un proceso de restauración para priorizar un uso racional del mismo.

El Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Paicaví, Vasco de Gama y Tucapel bajo, además es un humedal urbano, es decir rodeado de usos residenciales, industriales y comerciales, donde una parte importante de la superficie detectada en este estudio está destinada a otros usos, de esta forma su sustentabilidad, tal cual mencionan los criterios mínimos de sustentabilidad de la Ley de Humedales Urbanos dependerán de la mantención de su régimen hidrológico a escala de cuenca. En este sentido es importante que nuevas obras sigan los criterios mínimos de sustentabilidad de humedales urbanos, ya que permiten resguardar la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas, y también la relación con la sociedad y los valores culturales que dan las personas.

## V. IDENTIFICAR USOS Y COBERTURAS DE SUELO DE LAS SUBCUENCAS APORTANTES DEL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO

### 5.1 Revisión bibliográfica relacionada con usos y cobertura de suelo en las subcuencas aportantes

Se realizó una recopilación y revisión de la literatura existente (levantamiento de información secundaria) referente a usos y coberturas de suelo delimitados para las subcuencas aportantes al humedal o parte de esta, así como estudios de consultorías previas en los últimos 20 años. Para esto, se realizó una búsqueda exhaustiva en Google Scholar (Google Académico), usando como palabras claves “suelo”, “land”, “clasificaciones supervisadas” y “Concepción, Chile”. Se registraron 9 estudios (Tabla 47), además evidentemente, se incorporan estudios propios de usos de suelo, como el realizado por Rojas, et al. (2013c), donde claramente se indica que la cubierta más difícil de indentificar en la cuenca son las playas y dunas por su baja separabilidad espectral respecto de zonas urbanas y suelo descubiertos.

Una primera indicación es que el primer levantamiento en la zona de estudio, se refiere al mapa de usos de suelo y coberturas forestales realizado por CONAF en el año 1998 (1999), que incluye todas las subcuencas, su objetivo es la detección de los tipos forestales (CONAF, 1999). Las investigaciones posteriores, se pueden clasificar por su escala, referidas a las subcuencas y/o suscritas al área metropolitana de Concepción (AMC). A nivel de cobertura espacial de subcuenca destacan los estudios de Aguayo et al., (2009); Rojas et al., (2013) y Rojas, et al.(2013c), los cuales apuntan al análisis en el cambio en las coberturas de suelo en diferentes períodos de tiempo. El interés por los cambios se ha dado por la consecuente pérdida de biodiversidad y transformaciones que se relacionan con el cambio climático. También un punto de inflexión es el terremoto y tsunami de febrero de 2010, desde ahí en adelante se incrementan los estudios en el área metropolitana de Concepción, por ejemplo Rojas, et al. (2013c) se centra en los cambios pre y post terremoto, identificando como un efecto inmediato en las coberturas de suelo la pérdida de áreas urbanas en la costa producto del desastre, y también por el aumento de áreas urbanas confusas con suelos descubiertos, debido al incremento de escombros y el aumento de terrenos baldíos, a su vez se identificó una disminución del tamaño de las playas en la zona costera de Talcahuano, Penco y Tomé.

Tabla 47. Estudios que identifican usos y coberturas de suelo en las subcuencas aportantes

Estudio	Objetivo	Coberturas de Suelo	Método	Escala
CONAF., CONAMA., BIRF., Universidad Austral de Chile., Pontificia Universidad Católica de Chile. (1999). Catastro Y Evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe Regional Octava Región. Santiago, Chile	Cuantificar los recursos vegetacionales nativos existentes en el país	8 Clases: (1)Cuerpos de Agua, (2)Nieves y Glaciares, (3)Áreas desprovistas de Vegetación, (4)Humedales, (5)Bosques, (6)Praderas y Matorrales, (7)Terrenos Agrícolas (8)Urbanas e Industriales	Fotointerpretación	Cuenca

<p>Pauchard, A; Aguayo, M., Peña, E., Urrutia, R. (2006) Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). <i>Biological Conservation</i> 127: 272-281. <a href="#">Online</a></p>	<p>Discutir los potenciales impactos del crecimiento urbano en ecosistemas desde 1975 al 2000</p>	<p>4 Clases: (1)Cuerpos de Agua, (2)Humedales, (3)Áreas Urbanas; (4)Otras coberturas, agrupándose las áreas agrícolas con forestales y matorrales</p>	<p>Maximun Likelihood/Landsat</p>	<p>AMC</p>
<p>CONAF (Comisión Nacional Forestal), 2008. Usos de Suelo Región del Bío-Bío Año 2008 (Formato Digital SHP). CONAF, Santiago, Chile.</p>	<p>Cuantificar los recursos vegetacionales nativos existentes en el país</p>	<p>8 Clases: (1)Cuerpos de Agua, (2)Nieves y Glaciares, (3)Áreas sin Vegetación, (4)Humedales, (5)Bosques, (6)Praderas y Matorrales, (7)Terrenos Agrícolas (8)Urbanas e Industriales</p>	<p>Fotointerpretación</p>	<p>Cuenca</p>
<p>Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., Parra, O (2009) Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. <i>Revista Chilena de Historia Natural</i>, pp 361–374 . <a href="#">Online</a></p>	<p>Evaluar, en una amplia escala espacial y temporal, la dinámica de los cambios en el uso del suelo ocurridos en la zona centro sur de Chile desde 1979 a 2000.</p>	<p>9 Clases: (1) Bosque nativo (bosque adulto y renovales), (2) Matorral (matorral esclerófilo, matorral de especies exóticas, matorral nativo arborescente), (3) Estepa andina, (4) Plantaciones forestales (incluye áreas recientemente explotadas o plantadas), (5) Terrenos agrícolas (incluye rotaciones cultivo/pradera), (6) cuerpos de agua (ríos, lagos y lagunas), (7) nieve, (8) áreas sin vegetación, y (9) áreas urbanas (incluye áreas industriales)</p>	<p>Maximun Likelihood/Landsat</p>	<p>Centro Sur de Chile</p>
<p>Rojas, C., Pino, J., Basnou, C. &amp; Vivanco, M. (2013c). <a href="#">Assessing land use and cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation.</a> <i>Applied Geography</i> 39:93-103.</p>	<p>Evaluación de escenarios de usos de suelo como presiones para la conservación de la biodiversidad desde el 2000 al 2010, y un escenario del Plan Regulador Metropolitano</p>	<p>10 Clases: (1)Áreas Urbanas, (2)Bosque Nativo, (3)Matorrales, (4)Cuerpos de Agua, (5)Suelos descubiertos, (6)Plantaciones Forestales, (7)Playas, dunas y sedimentos, (8)Praderas (9)Agrícola (10)Humedales</p>	<p>Maximun Likelihood/Landsat</p>	<p>AMC</p>

<p>Rojas, C., Opazo, S., Vivanco, M. Peters, S. &amp; Villaroel, C. (2013d). Pre and Post Earthquake Land Use and Land Cover identification in Concepción. Earth Observation of Global Changes (EOGC) (Lecture Notes in Geoinformation and Cartography). Springer. Liqiu Meng, Roland Pail and Jukka Krisp (Editors), 223-231.</p>	<p>Análisis de cambio de usos de suelo 2009 v/s 2010</p>	<p>10 Clases: (1)Áreas Urbanas, (2)Bosque Nativo, (3)Matorrales, (4)Cuerpos de Agua, (5)Suelos descubiertos, (6)Plantaciones Forestales, (7)Playas, dunas y sedimentos, (8)Praderas (9)Agrícola (10)Humedales</p>	<p>Maximun Likelihood/ Landsat</p>	<p>AMC</p>
<p>Braun, A., Rojas, C., Echeverría, C., Rottensteiner, F., Bähr, HP., Niemeyer, J., Aguayo, M., Kosov, S., Hinz, S. &amp; Weidner, U.(2014). <u>Design of a Spectral – Spatial Pattern Recognition framework for risk assessments using Landsat data – A case study in Chile.</u> IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS), Vol 7, N°, 3, 917- 928.</p>	<p>Mejorar la exactitud de de los mapas de usos de suelo a escala de paisaje</p>	<p>10 Clases: (1)Bosques, (2) Plantaciones, (3)Suelos de Talaje, (4)Cuerpos de Agua, (5)Sedimentos (6)Asentamientos humanos, (7)Humedales, (8)Ecotono (9)Agricultura (10)Suelos descubiertos</p>	<p>Support Vector Machine</p>	<p>AMC</p>
<p>Arriagada, L., Rojas, O., Arumi, J., Munizaga, J., Rojas, C., Farías, L. &amp; Vega. C. (2019). A new method to evaluate watershed vulnerability facing several stressors: A case study of the Chilean Mediterranean. Journal: Science of the Total Environment, 651 (1),1517- 1533.</p>	<p>Evaluar la vulnerabilidad de la cuenca del Andalién</p>	<p>6 Clases: (1)Bosque Nativo, (2)Humedales, (3) Matorrales, (4)Praderas, (5)Plantaciones, Forestales (6) Agricultura</p>	<p>Fotointerpretación</p>	<p>Cuenca Andalién</p>
<p>Rueda, I. (2020). Un Anillo Verde para el Área Metropolitana de Concepción. Propuesta de Infraestructura verde en base a criterios geográficos.</p>	<p>Elaborar una propuesta de anillo verde en base a criterios geográficos que permita proteger y restaurar ecosistemas naturales.</p>	<p>10 Clases: (1)Urbano, (2)Cuerpos de agua, (3)Bosque nativo, (4)Humedales, (5)Matorrales, (6)Plantaciones, (7)Escasa vegetación, (8)Praderas, (9)Suelo descubierto, (10)Suelo irrigado</p>	<p>Random Forest/Sentinel 2A</p>	<p>AMC</p>

*Fuente: Elaboración propia*

A escala metropolitana, una de las coberturas más complejas de delimitar son los humedales y así poder diferenciarlos de otros tipos de vegetación, como por ejemplo las praderas (Rojas et al., 2013c), por tanto la escala de análisis de usos y coberturas será vital para reconocer estos ecosistemas con exactitud. En resumen,

se consideran apropiados los criterios de este estudio, donde la superficie del sistema humedal se detecta en una resolución más alta que las cubiertas posibles a nivel de subcuencas.

En cuanto a metodologías, prácticamente todos los estudios de identificación de usos y coberturas de suelo se han realizado con el clasificador de Máxima Verosimilitud “Maximun Likelihood”, usualmente usado con imágenes Landsat como la mayor parte de las investigaciones realizadas en la cuenca del Andalién. Sin embargo, es preciso señalar que en uno de los últimos estudios, correspondiente a una tesis de magíster (Rueda, 2020), se utiliza el clasificador Random Forest (RF), debido a su gran precisión para clasificar datos, y a la vez se varía en el sensor de imágenes, utilizand imágenes Sentinel 2A, las cuales presentan mayor resolución llegando a los 10 m.

Esta tipo de clasificación permitió determinar con gran precisión la exactitud de los datos sin la necesidad de corroborar la información en terreno ya que el RF permite validar los datos debido a muestras aleatorias con la finalidad de estimar el error de clasificación e ir corrigiéndolo. De este modo se determinó la gran cantidad de plantaciones forestales y matorrales con las que cuenta el AMC, siendo los humedales y los cuerpos de agua las cobertura con menor presencia o los que se han visto más afectados por las transformaciones del territorio.

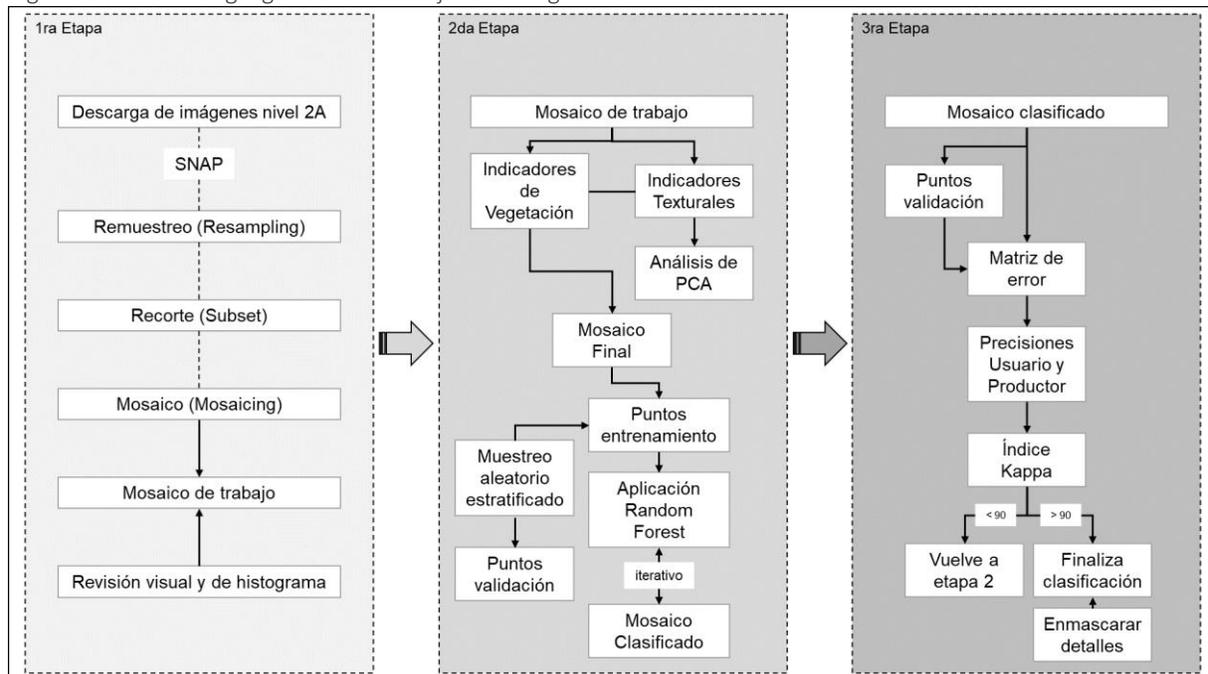
En conclusión a nivel de subcuencas, se han producido variadas y severas transformaciones espaciales, siendo las coberturas más perjudicadas, los bosques nativos y los humedales, los cuáles sostenidamente han ido reduciendo su superficie, para el caso de los humedales además se han producido fuertes procesos de fragmentación y pérdidas de conectividad ecológica (Pauchard et al., 2006; Rojas et al., 2017b). Finalmente, existe un claro consenso en los estudios revisados, que los principales agentes de cambio han sido el aumento de la urbanización y el incremento de las plantaciones forestales, esta última propiciada por el Decreto Ley 701 (1974), que subsidia la forestación y el manejo de nuevas plantaciones (Braun et al., 2014), en consecuencia los estudios son concluyentes respecto a la pérdida de biodiversidad, principalmente en el área metropolitana de Concepción, proceso que también se da en la costa de las regiones de Ñuble y Maule (Echeverría et al., 2006).

## **5.2 Identificación y delimitación de los usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes**

### **a) Procesamiento de imágenes satelitales e identificación de coberturas de suelo**

Se realizaron diversos procedimientos técnicos para clasificar las imágenes satelitales Sentinel, estos corresponden al preprocesamiento, procesamiento y postprocesamiento. El primero de ellos consistió en operaciones básicas para preparar la imagen satelital, ya sean procesos de re-escalado, recorte y correcciones básicas; por otro lado, el segundo procedimiento corresponde fundamentalmente al cálculo de indicadores espectrales y aplicación de clasificadores; mientras que el tercer procedimiento corresponde a la corrección, validación de los resultados y reclasificación. En el siguiente esquema se detalla los procedimientos por etapas.

Figura 96. Metodología general de trabajo con imágenes satelitales



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados fueron imágenes satelitales Sentinel 2 MSI, las cuales fueron descargadas desde la plataforma de la Agencia Espacial Europea (ESA) (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Estas imágenes fueron seleccionadas debido a sus características espectrales y espaciales, que permiten clasificar los usos de suelos con un mejor detalle sobre la cuenca. La fecha de las imágenes se realizó buscando un período húmedo y al mismo tiempo con escasa nubosidad, debido a que los meses desde julio hasta septiembre tenían sobre 10% de cobertura nubosa, se optó por seleccionar una imagen de octubre. Otros detalles sobre la imagen se encuentran descritos en la Tabla 48.

Tabla 48. Datos de imágenes satelitales

Nombre	S2B_MSIL2A_20201005T143729_N0214_R096_T18HXE_20201005T201826	S2B_MSIL2A_20201005T143729_N0214_R096_T18HYE_20201005T201826
Fecha	05 de octubre de 2020	
Nivel de tratamiento	2A	
Resolución espacial	10 – 20 y 60 metros	
Resolución espectral	13 bandas espectrales desde 0.43 – 2.28 um	
Resolución radiométrica	12 bit	

Fuente: ESA (2020)

Una vez descargadas las imágenes de la plataforma de ESA, se realizaron los siguientes procedimientos mediante el software SNAP v.8 para procesar la imagen. El primero de ellos fue el Remuestreo (Resampling), este procedimiento tomó como referencia las bandas de menor resolución espacial, es decir, las bandas de 10 metros. Posteriormente, se recortaron las imágenes utilizando la herramienta “Subset” y el límite de las subcuencas Andalién y Cuencas Costeras del Biobío. De esta forma se reducen las dimensiones y el tamaño de las imágenes. Por último, se realizó el proceso de mosaico mediante la herramienta “Mosaicking” utilizando las imágenes recortadas generando una imagen con las dimensiones del área de estudio.

Una vez elaborado el mosaico, se procedió a buscar una propuesta de usos de suelos para cumplir con los objetivos del área de influencia sobre la cuenca. De esta forma, se propusieron 12 categorías de usos de suelo (Tabla 49). Sin embargo, para poder generar estas 12 categorías a partir del procesamiento de imágenes satelitales fue necesario realizar el proceso en dos etapas: clasificación espectral y post-clasificación. En la primera etapa, llamada “clasificación espectral”, se identificaron 10 categorías las cuales representan a aquellos usos que pueden ser identificados mediante la aplicación de un algoritmo de clasificación (“Usos espectrales” en Tabla 49). Posteriormente, en la etapa de post-clasificación se establecieron las categorías de “Usos de suelo”, incorporando, a través de técnicas y operaciones de manejo de información geográfica, las clases de “Bosque Nativo dentro de Reservas”, “Remanentes de bosques nativos” y “Vegetación de ribera”, las cuales no son espectralmente separables. En adelante, la aplicación y explicación de los modelos de clasificación, firmas espectrales, análisis de contribución y validación utilizan la referencia de los “Usos espectrales”.

Tabla 49. Propuesta de usos y coberturas del suelos

Nº	Usos espectrales (clasificación satelital)	Usos de suelo (post-clasificación)	Descripción	Imagen de referencia
01	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Incluye todos los cuerpos y espejos de agua, ríos, esteros, lagunas y estuarios.	
02	Humedales	Humedales	Superficies de marismas, humedales palustres y sitios con nivel freático saturado. También se incluyen las vegas.	
03	Praderas y Agricultura	Praderas y agricultura	Suelos de barbecho y agricultura intensiva	
04	Bosque nativo	Bosque nativo dentro de reservas	Superficies de remanentes nativos generalmente compuestos por bosques caducifolios.	
05	Bosque mixtos + Bosque nativo	Bosques mixtos Y Remanentes de bosques nativos	Superficies de bosques nativos con especies introducidas Parches nativos encontrados fuera de la reserva.	 
06	Matorrales	Matorrales	Matorrales con una altura de no más de 6 metros, principalmente por especies de arbustos nativos con vegetación introducida.	

07	Vegetación de ribera	Clase obtenida post-clasificación, incluye Praderas y Agricultura, Bosques	Incluye todo tipo de vegetación a 20 metros del cauce.	
08	Plantaciones Forestales y Plantaciones Jóvenes	Plantaciones forestales	Plantaciones forestales principalmente de Pinus radiata y Eucalyptus.	
09	Suelos descubiertos	Suelos descubiertos y con escasa vegetación. Playas y dunas	Suelos descubiertos y talas rasas más Sectores de playas y dunas estabilizadas.	
10	Urbano	Urbano e industrial	Suelos urbanizados, caminos, carreteras y sectores industriales.	

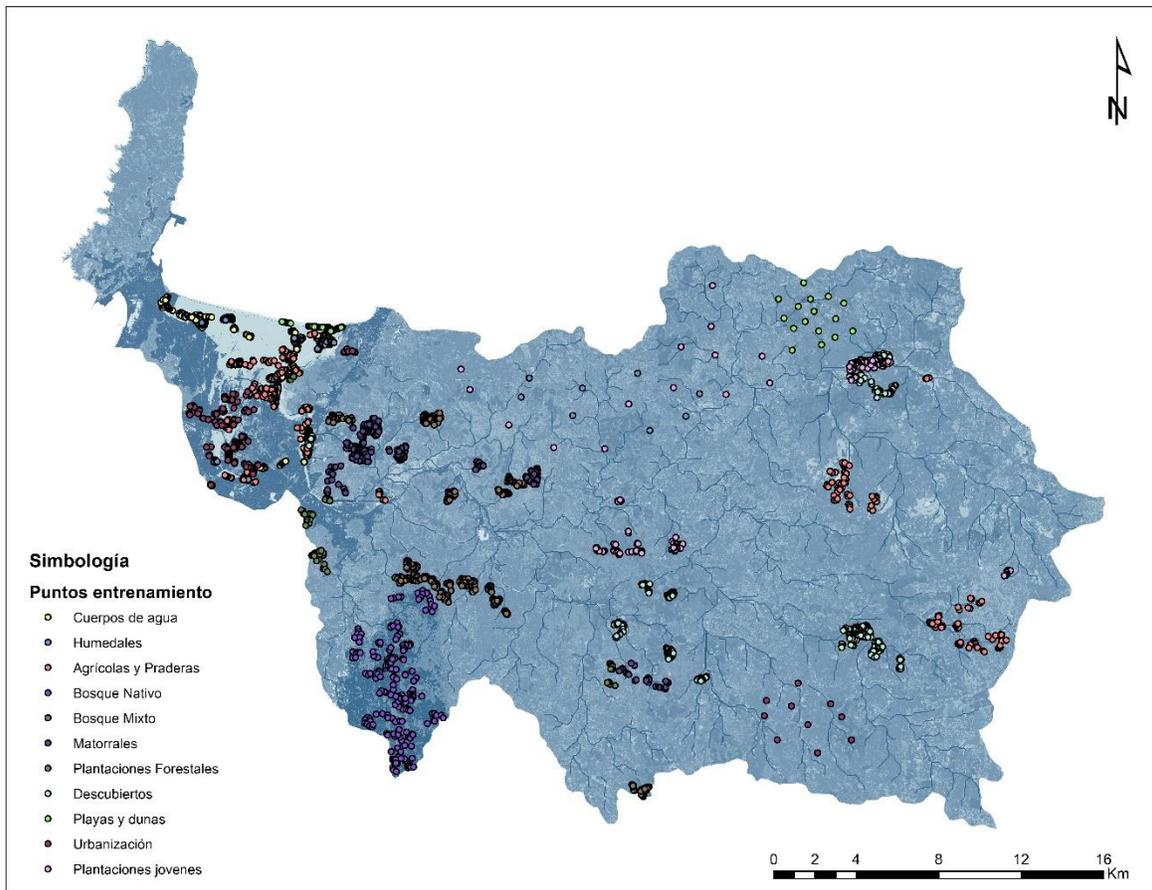
Fuente: *Elaboración propia*

b) Muestreo de usos de suelos, análisis de separabilidad y validación

Para elaborar el modelo de la clasificación de usos de suelos y la validación, se ha optado por utilizar el método de Muestreo Aleatorio Estratificado (Schmidt y McCullum, 2018), en dicho método se estipula un número mínimo de observaciones por cada categoría. De tal manera que, se ha estipulado un mínimo de 50 observaciones por cada clase. Las fuentes de las muestras han sido mapas existentes como, por ejemplo: Catastro de Bosque Nativo CONAF (2015), Rojas et al., (2019), Rueda (2020). Asimismo, se obtuvieron muestras para validación de la interpretación visual de imágenes satelitales utilizando diversas composiciones de color, fundamentalmente falso color en la que la vegetación verde se observa en color rojo.

De acuerdo con el muestreo estratificado, se tomaron un total de 2.501 puntos, de los cuales 723 puntos fueron tomados en terreno (Figura 97), complementados con análisis de imágenes de alta resolución y combinaciones de bandas como falso color.

Figura 97. Puntos de calibración y muestreo



Fuente: *Elaboración propia*

Para realizar el proceso de clasificación y validación, los resultados fueron divididos en una proporción de 70% para entrenamiento y 30% de validación, dicho procedimiento fue aplicado de manera automática mediante la utilización de QGIS y el plugin EnMap. Una vez tomados los puntos, se realizó un análisis de separabilidad, con el fin de asegurar que los usos considerados eran espectralmente separables. La separabilidad de cada punto varía en función de las bandas que se estén comparando.

#### c) Indicadores espectrales y topográficos

Para mejorar la clasificación supervisada se realizaron diversos cálculos de índices espectrales, a continuación, se detallan en la Tabla 50 los índices espectrales utilizados, generalmente utilizando la Banda Red (650 nm), Red Edge (700-780 nm), Infrarroja (850-1200 nm) e Infrarroja medio (1200-2500 nm).

Tabla 50. Indicadores espectrales y topográficos aplicados

Nombre	Abreviación	Formula/Definición	Fuente
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Rouse et al. (1973)
Normalized Difference Water Index	NDWI	$NDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$	Xu (2006)

Burn Area Index	BAI	$BAI = \frac{1}{(0.1 - RED)^2 + (0.06 - NIR)^2}$	Chuvienco et al. (2002)
Clay Mineral Ratio	CM	$CM = \frac{SWIR1}{SWIR2}$	Drury (1987)
Difference Vegetation Index	DVI	$DVI = NIR - RED$	Tucker (1979)
Leaf Area Index	LAI	$LAI = (3.618 * EVI - 0.118)$	Boegh et al. (2002)
Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	MRENDVI	$MRENDVI = \frac{p750 - o705}{p750 + p705 - 2 * p445}$	Datt (1999)
Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	RENDVI	$RENDVI = \frac{p750 - p705}{p750 + p705}$	Gitelson y Merzlyak (1994)
Sum Green Index	SGI	Media de reflectancia entre 500 nm y 600 nm.	Lobell y Asner (2003)
Digital Elevation Model	DEM	Indicador topográfico que recoge la elevación del territorio	Farr et al. (2007)
Slope	Slope	Indicador topográfico que indica la pendiente del territorio	Farr et al. (2007)

Fuente: Elaboración propia

- **Clasificador y parámetros**

Para clasificar la imagen junto con los indicadores espectrales y topográficos seleccionados se ha escogido el clasificador de Random Forest (Breiman, 2001). Este clasificador, es no paramétrico y corresponde a un clasificador de última generación en el área de *machine learning*. Tiene la ventaja de poder manejar grandes cantidades de datos y tener menor sensibilidad a los errores en los datos de clasificación.

En general, se necesita establecer varios parámetros de calibración del algoritmo Random Forest. En primer lugar, se debe seleccionar el número de árboles para clasificar, en este caso se han utilizado 100 árboles. Cuantos más árboles utilizados más preciso será el resultado, pero también más costoso computacionalmente. Por lo que, en general, se utiliza el número de 100 árboles que permite obtener un balance entre precisión y tiempo de computación. Otro parámetro es el número de bandas y variables utilizadas para la clasificación, el cual se recomienda que debe ser al menos un número mayor al número de clases a obtener en la clasificación.

Finalmente, la imagen a clasificar incluye las 12 bandas de la imagen Sentinel 2 MSI, agregando los indicadores de la Tabla 50, que en total se configuran como 23 bandas. Otro de los parámetros de configuración del modelo es el número de ramas o divisiones de los árboles. En este caso, para conseguir las 10 clases objetivo se ha utilizado el valor de 10 para delimitar el número de ramas de los árboles generados.

- **Aplicaciones de clases no espectrales**

Para transformar los “Usos espectrales” en “Usos de suelos”, se ha optado por generar polígonos que se utilizaron como máscaras para reclasificar las clases espectrales. Como por ejemplo, el proceso aplicado para transformar los sectores de bosque nativo en la categoría de “Bosque nativo en reservas”. Esto se hizo utilizando el polígono de las zonas de valor protegidas del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (MINVU, 2003). El polígono del PRMC se utilizó para recortar y después reclasificar esas zonas. Posteriormente se realizó una reclasificación para establecer las zonas de “Vegetación de Ribera”. Para ello, se utilizó la red hídrica de Arriagada et al., (2019) y se generó un área de influencia de 20 metros (Department of Conservation and Environment, 1990). Esta área de influencia se utilizó para reclasificar todos los tipos de vegetación de la zona como “Vegetación de ribera” (Tabla 49)

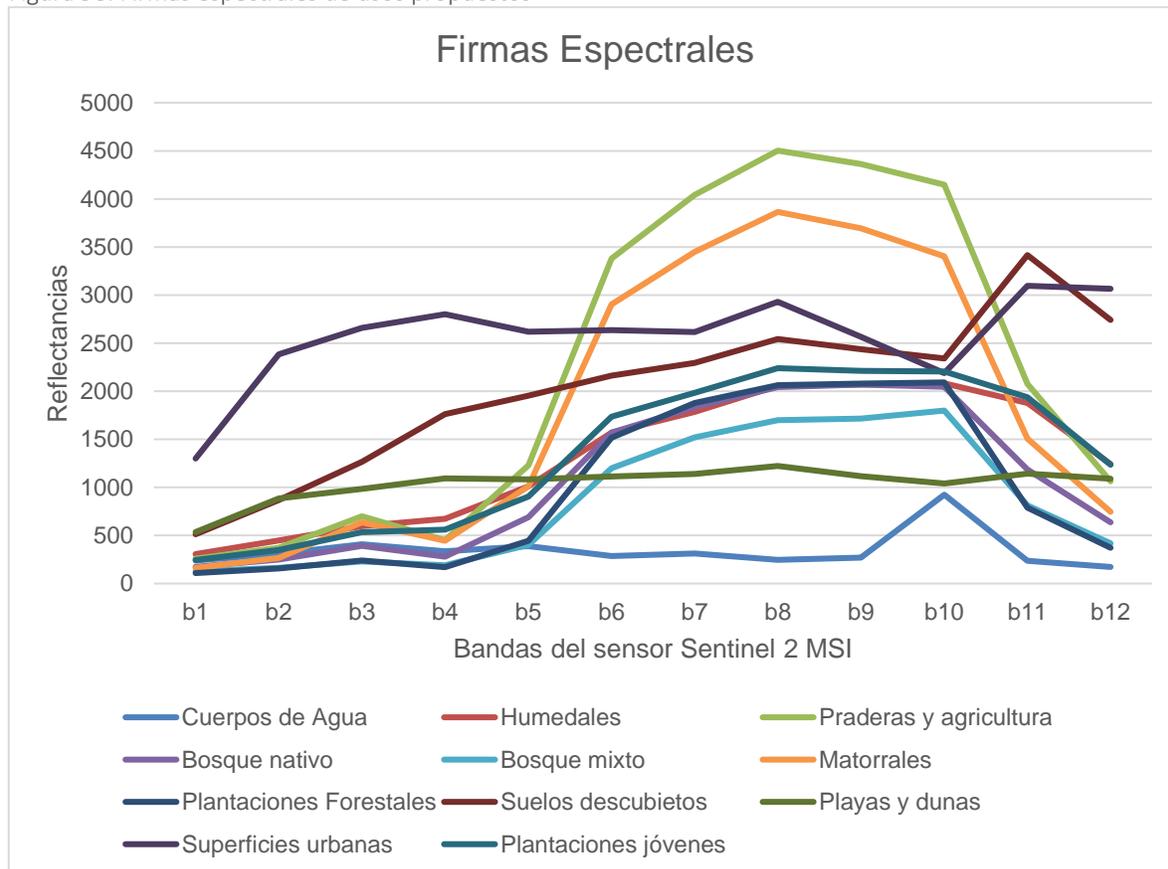
d) Clasificación de las imágenes

- **Estructura del mosaico y firmas espectrales**

El mosaico finalmente generado tiene unas dimensiones de 5068 x 3842 píxeles y 23 bandas para generar la predicción final. La banda NIR ha sido de vital importancia para diferenciar las distintas firmas espectrales (Figura 98), así como también las bandas del borde rojo, en donde se alcanza una mayor diferencia. Por el contrario, las bandas de Aerosol, Blue, Green y Red no permiten diferenciar las coberturas propuestas, mostrando similares reflectancias. En general, las firmas espectrales permiten conocer el comportamiento de cada uso de suelo sobre la imagen a clasificar, también permite conocer su separabilidad, de forma general, en cada una de las bandas. Si bien existen algunas bandas con reflectancias y comportamientos similares, como los bosques, las bandas de borde rojo e infrarrojo cercano permiten de alguna forma ayudar a discriminar estas coberturas.

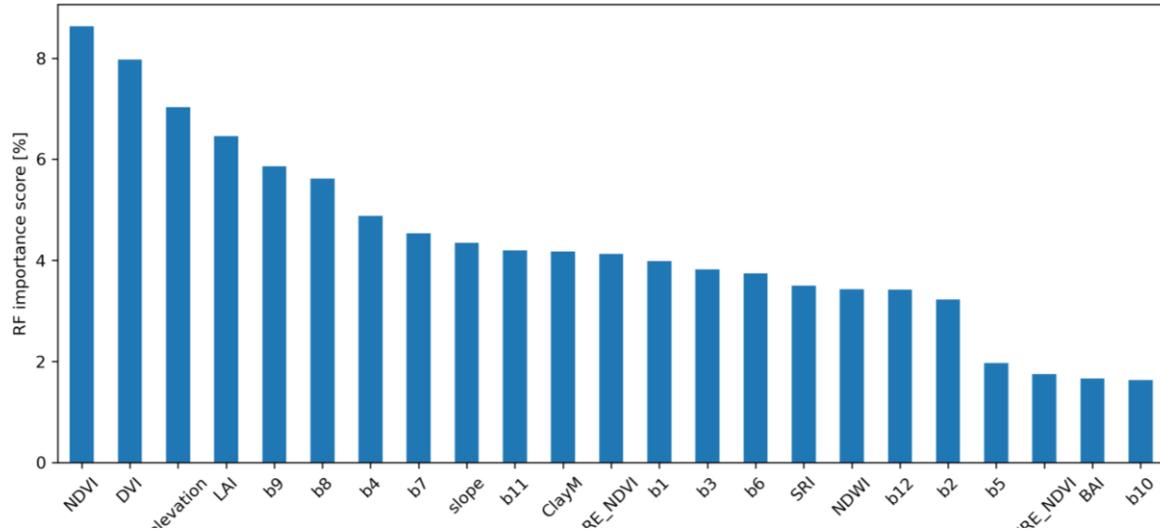
Por otro lado, las importancias de cada una de las bandas para el modelo Random Forest aplicado se encuentran en la Figura 99, en donde se encontró principalmente una gran importancia en la precisión del indicador NDVI, DVI y la elevación, contribuyendo entre un 6 y 8%. Las bandas con menor importancia correspondieron MRE\_NDVI y RE\_NDVI, junto con el indicador BAI y la Banda 10, presentando valores de importancia con menos del 2%. El resto de las bandas tuvieron un comportamiento similar en la importancia presentando valores entre los 6 y los 3%.

Figura 98. Firmas espectrales de usos propuestos



Fuente: Elaboración propia

Figura 99. Importancia de las bandas en la clasificación. Los valores del eje Y indican la contribución de una determinada variable (Eje X) a la clasificación realizada por el algoritmo Random Forest



Fuente: Elaboración propia

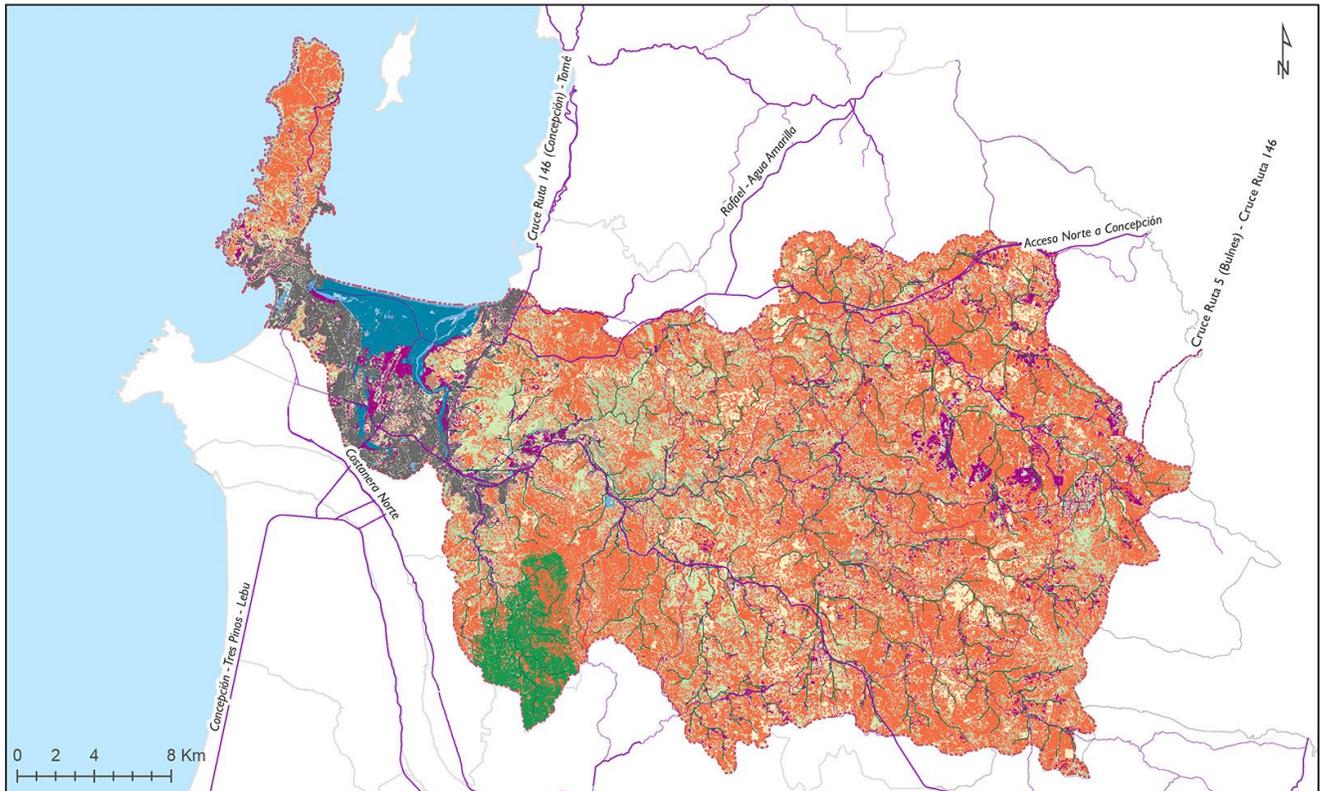
- **Resultados de la Clasificación**

Los resultados de la clasificación de la subcuenca (Figura 100) muestran una distribución dominante de las plantaciones forestales asociadas al sector de la Cordillera de la Costa, estas corresponden a la principal actividad económica del territorio evaluado, representando un total de 45% de la cuenca (Tabla 51). Mientras que la segunda cobertura de suelo que sigue en importancia son los matorrales con un 13% de la superficie de las subcuencas, estos se encuentran cercanos a las zonas de plantación y a drenes de la red hídrica. El bosque nativo mixto y remanente ubicado en las laderas de la Cordillera representa un 13%, mientras que el bosque nativo asociado a las áreas protegidas, tan solo un 2,2%.

La urbanización con los humedales convergen en la parte baja y costera de la cuenca, de acuerdo con Arragiada et al., (2019), una de las áreas más alteradas e intervenidas de la subcuenca, de hecho los humedales tan solo representan el 2% del territorio, mientras que la urbanización el 4%, un porcentaje bajo pero muy concentrada en la planicie litoral. Las coberturas agrícolas y las praderas, representan un 5% y se emplazan en los valles con baja pendiente, asociada principalmente a pequeña agricultura de subsistencia y/o de venta local (Tabla 51).

Figura 100. Usos de suelos de la subcuenca

### Uso de Suelo de la subcuenca



#### Simbología

 Vegetación de Ribera	 Matorrales	 Suelos descubiertos y con escasa vegetación	 Red vial
 Bosque Nativo en Reserva	 Sistema de Humedales	 Plantaciones Forestales	 Límite cuenca
 Bosques mixtos y nativos remanentes	 Cuerpos de agua	 Praderas y Agricultura	 Límite comunal
		 Urbanización	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Superficies de usos de suelos

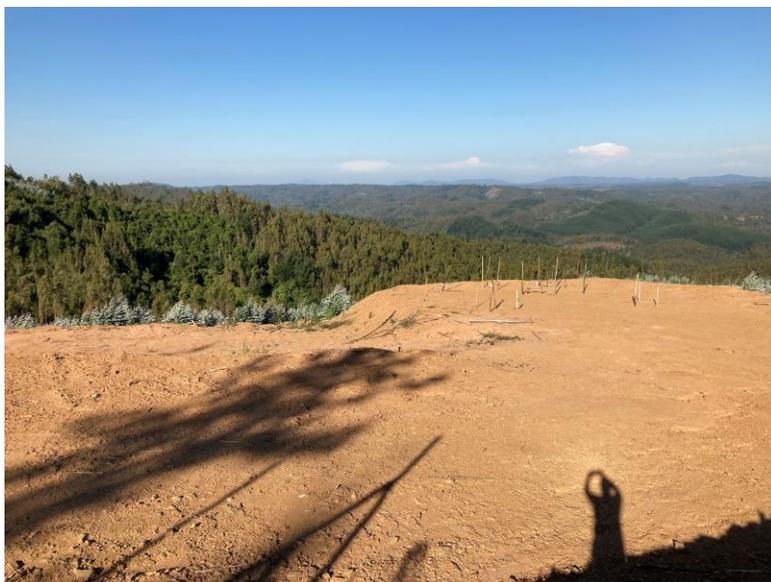
Uso de suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Cuerpos de agua	941	1
Sistema de Humedales	1.752	2
Praderas y Agricultura	4.256	5
Bosques mixtos y nativos remanentes	10.916	13
Matorrales	11.289	13
Plantaciones Forestales	40.050	45
Suelos descubiertos y con escasa vegetación	9.909	11
Urbanización	3.916	4
Bosque Nativo en Reserva	1.919	2
Vegetación de Ribera	3.084	4
<b>Total</b>	<b>88.032</b>	<b>100</b>

Fuente: *Elaboración propia*

- **Validación del mapa de usos y coberturas de suelo de la subcuenca**

Para realizar la validación del mapa de coberturas de la subcuenca se realizó un trabajo de terreno en enero de 2021, en el que se identificaron 2.501 muestras distribuidas entre las coberturas espectrales clasificadas (Tabla 52). Posteriormente, se construyó la matriz de confusión y se calcularon la precisión global. La validación de las coberturas de usos de suelo de las subcuencas otorgó una precisión de 96.4%, lo cual cumple con el umbral establecido, en el que la precisión obtenida debía de estar sobre el 90%. Mientras que la precisión del usuario fue de 94.7% y la precisión del productor de 96,3%.

Figura 101. Terreno de toma de muestras en la subcuenca Andalién



Fuente: Elaboración propia

La matriz de confusión (Tabla 52) muestra la relación entre los puntos de entrenamiento y las clasificaciones, de manera que se puede observar dónde se cometieron errores de clasificación espectral. Estos errores se encontraron principalmente en los usos que tienen similares firmas espectrales, como por ejemplo, para la subcuenca el bosque mixto se mezcla con las plantaciones forestales, también ocurre entre plantaciones jóvenes y plantaciones forestales. Para el resto de las clasificaciones, no se detectaron errores.

Tabla 52. Matriz de confusión

	Agua	Humedales	Agricultura	Bosque nativo	Bosque mixto	Matorrales	Forestales	Descubierto	Playas	Urbano	Plantaciones jóvenes
Agua	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Humedales	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agricultura	0	1	116	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosque nativo	0	0	0	55	0	0	5	0	0	0	1
Bosque mixto	0	0	0	0	14	0	4	0	0	0	0
Matorrales	0	0	0	0	0	81	1	0	0	0	2
Forestales	0	0	0	1	0	0	88	0	0	0	1
Descubierto	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	3
Playas	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
Urbano	0	1	0	0	0	0	0	0	1	60	0
Plantaciones jóvenes	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	39
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>101</b>	<b>116</b>	<b>56</b>	<b>14</b>	<b>82</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>46</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Identificación de amenazas y presiones de las subcuencas aportantes que influyen sobre el Sistema Humedal

Es importante considerar que el Sistema Humedal estudiado, tiene todas las características de un humedal urbano, por tanto las amenazas pueden ocurrir dentro del humedal, como las identificadas en el objetivo N°1, así como en el territorio de las cuencas hidrográficas fuera del límite urbano. Las amenazas se analizaron en base a tres fuentes de información, primero una revisión bibliográfica de documentos relevantes, trabajo en terreno, el cual permitió constatar las amenazas descritas en la literatura y posteriormente un trabajo en equipos en el Taller N°2, junto el Comité Técnico Local, donde los participantes debían mencionar las amenazas para cada una de las coberturas de suelo de la subcuenca.

En este estudio se entenderá por presiones y amenazas a:

**Presiones:** Son fuerzas o actividades que ya han tenido un impacto negativo en la integridad del humedal y su subcuenca aportante (ej. reducción de biodiversidad, afectación de flujos naturales, inhibición de la capacidad de regeneración, etc.). Incluyen actividades legales e ilegales, y ser impactos directos e indirectos de una actividad.

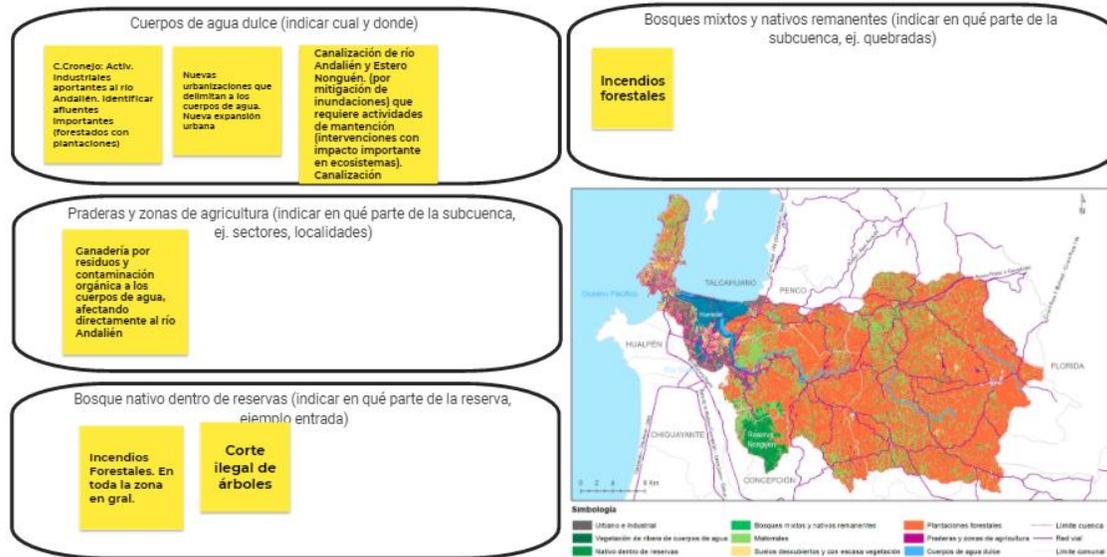
**Amenazas:** Son presiones potenciales o inminentes que probablemente traigan consigo un impacto negativo que puede prolongarse a futuro.

La identificación de amenazas a nivel de subcuenca, previamente implica un reconocimiento que las subcuencas aportantes están ampliamente forestadas, de hecho un 45 % del paisaje está cubierto por plantaciones forestales, por tanto buena parte de las amenazas documentadas tienen relación a la pérdida de ecosistemas por aumento de plantaciones forestales (Aguayo et al., 2009), los impactos de estas por un mal manejo y las pérdidas de biodiversidad, como por ejemplo el estudio de Rojas, et al. (2013c), señala que el 57% del suelo del área de Concepción ha sufrido cambios de usos de suelo en 10 años (2000 a 2010) de los cuales el 47% está relacionados con pérdidas en biodiversidad, siendo las principales presiones sobre el paisaje la forestación artificial y la deforestación cuyos procesos representan el 27% de la superficie.

Ante esta situación en el Taller N°2 de participación, presentamos a los integrantes del Comité Técnico Local, el mapa de usos y coberturas de suelo, resultado de este estudio con la respectiva descripción cartográfica. La actividad del taller consistió en una identificación de las amenazas y/o presiones en 4 mesas de trabajo para cada una de las coberturas identificadas.

Figura 102. Identificación de amenazas a nivel de subcuenca, en grupo 2; 4 de 8 coberturas analizadas

¿Qué presiones y/o amenazas a escala de subcuenca afectan la conservación del humedal?  
Indicar en cada unidad indicada, añadiendo el sitio o tipo de lugar dentro de la unidad



Fuente: Elaboración propia, a partir de plataforma Jamboard

A continuación se presentan la respuesta agrupadas y colectadas en el Taller N°2 a la pregunta ¿Qué presiones o amenazas son más importantes en la subcuenca? .

Tabla 53. Tipos de amenazas y número por coberturas de suelo en las subcuencas

Sistema Humedal	Nº de Amenazas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rellenos</li> <li>2. Escombros</li> <li>3. Basural</li> <li>4. Falta fiscalización</li> <li>5. Contaminación por aguas servidas</li> <li>6. Canalización de cauces</li> <li>7. Afectación a aves</li> <li>8. Urbanización</li> </ol>	8 Menciones de amenazas en el Sistema Humedal, siendo la más mencionada <u>los rellenos</u> , identificado en todos los sectores del sistema
<b>Matorrales (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. quebradas, sectores)</b>	<b>Nº de Amenazas</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Microbasurales en torno a cauces y quebradas cerca del Andalién</li> <li>2. Los incendios forestales</li> <li>3. Fragmentación de especies vulnerables</li> <li>4. Urbanización y ganadería</li> <li>5. Mantener control de erosión en la cuenca del Río Andalién</li> </ol>	8 Menciones de Amenazas , siendo la más mencionada el <u>control de la erosión</u>

<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Ayuda en la movilidad de la fauna entre los diferentes ecosistemas, proporcionando conectividad entre estos</li> <li>7. Control de la erosión en zonas de quebradas (quebradas en general)</li> <li>8. Mitigación del avance del sistema de dunas en la zona costera (Playa Isla de los reyes Rocuant) principalmente el matorral de Acacia caven.</li> </ol>	
<p><b>Suelos descubiertos y con escasa vegetación, áreas urbanas e industriales (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. sectores)</b></p>	<p><b>Nº de Amenazas</b></p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dependerá de la capacidad de carga del suelo</li> <li>2. Aprovechamiento para hacer rellenos y uso inmobiliario</li> <li>3. Transformación desde terreno forestal-incendio-suelos sin vegetación-rellenos-construcción. Desprotección a nivel de manejo</li> <li>4. Debido a una importante parcelación de terrenos agrícolas y forestales en zonas de la cuenca del Río Andalién van modificando el uso de los suelos y afectarán el ecosistema general</li> </ol>	<p>4 Menciones de Amenazas , siendo la más mencionada <u>los cambios de usos de suelo</u></p>
<p><b>Vegetación de ribera de cuerpos de agua (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. sectores)</b></p>	<p><b>Nº de Amenazas</b></p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Micro basurales (Andalién-Canal Ifarle)</li> <li>2. Canalizaciones</li> <li>3. Vertimiento aguas servidas</li> <li>4. Presencia de perros domésticos y silvestres destruyen fauna y modifican totorales</li> <li>5. Ganadería presión sobre la vegetación ribereña</li> <li>6. Manejo de vegetación por proyectos de canalización. Extracción de vegetación cuando hay mantención de los canales</li> <li>7. Erosión asociada al punto anterior</li> <li>8. Vegetación en la ribera del Río Andalién</li> <li>9. Zonas de descanso de aves migratorias neárticas y australes en períodos de marea alta Desembocadura del Río Andalién</li> <li>10. Zonas de Anidamiento en las dunas de la playa</li> <li>11. Marismas del Canal el Morro, Ifarle y Sector Humedal Cora</li> <li>12. Toda la vegetación hidrófita presente en el Humedal Vasco da Gama, sector parque San Andrés debido a la sensibilidad de la zona</li> <li>13. Vegetación ripariana en toda la cuenca (cursos hídricos)</li> <li>14. Conectividad ecológica con el bosque de ribera en toda la cuenca</li> </ol>	<p>14 Menciones de Amenazas de diversa índole</p>

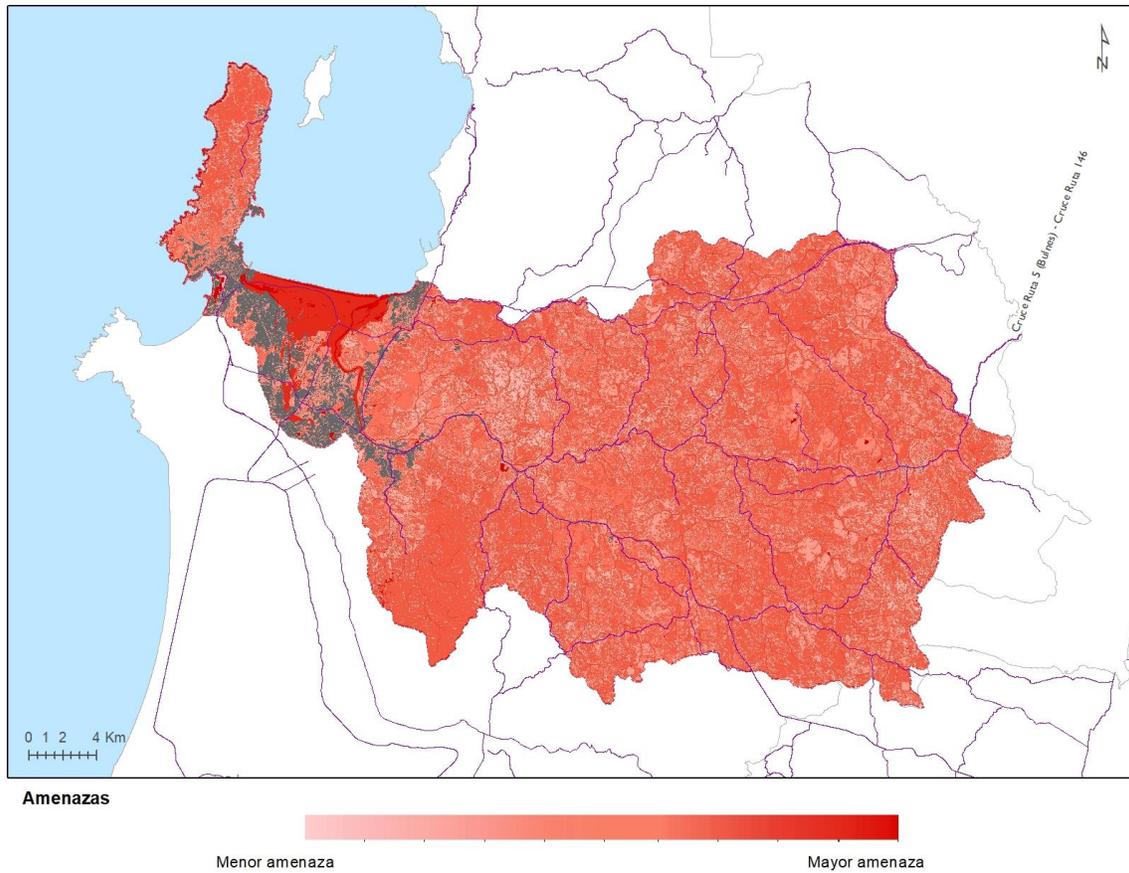
Plantaciones forestales (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. sectores)	Nº de Amenazas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incendios forestales</li> <li>2. Sequía</li> <li>3. Monocultivos, posibles plagas (todo el sector)</li> <li>4. Zona periurbana en general: Abandono de mascotas</li> <li>5. Afectación por percolados de Chaimávida y relleno sanitario que luego lleva a Río Andalién</li> <li>6. Sector ex peaje Chaimávida: Turismo desregulado (camping)</li> <li>7. Plantaciones forestales en zonas de ribera Problemas de tala hasta las riberas de los cauces</li> <li>8. Plan de manejo de tala forestal (asociada un % de la cuenca), contribuye a la degradación de los cuerpos de agua (arrastre de sedimentos). Además, produce contaminación de Agua Subterráneas</li> <li>9. Resguardo del sotobosque bajo plantaciones forestales para el tránsito de mesomamíferos</li> </ol>	<p>9 Menciones de Amenazas siendo más relevante <u>los efectos que producen en la subcuenca</u> que su comprensión como ecosistema amenazado</p>
Cuerpos de agua dulce (indicar cuál y donde)	Nº de Amenazas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tratamiento de aguas arriba del Río Andalién</li> <li>2. Basurales, escombros</li> <li>3. Contaminación del desarrollo urbano en Canal Ifarle/asentamiento irregulares</li> <li>4. Contaminación aguas servidas</li> <li>5. Turbidez de agua</li> <li>6. Rellenos</li> <li>7. Erosión de suelo</li> <li>8. Industriales aportantes al Río Andalién. Identificar afluentes importantes (forestados con plantaciones)</li> <li>9. Nuevas urbanizaciones que delimitan a los cuerpos de agua. Nueva expansión urbana</li> <li>10. Canalización de Río Andalién y Estero Nonguén (por mitigación de inundaciones) que requiere actividades de mantenimiento (intervenciones con impacto importante en ecosistemas). Canalización</li> <li>11. Zonas de descanso, refugio, alimentación reproducción de aves residentes y coipos</li> <li>12. Principalmente mantienen zonas de descanso, nidificación y alimentación para especies de aves residentes y coipos</li> <li>13. Canal el Morro y Sector Miramar</li> <li>14. Río Andalién</li> <li>15. Laguna Cora, Canal Los Patos</li> <li>16. Zonas de importancias para alimentación y descanso de aves residentes y mamíferos (coipos)(Cuerpos de agua del Humedal Vasco da Gama, Paicaví, Carriel Norte, Río arriba Andalién)</li> </ol>	<p>23 Menciones de Amenazas. Sin duda la cobertura más amenazada, siendo relevantes <u>la contaminación de las aguas y las canalizaciones que han sufrido los cuerpos de agua</u></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>17. Aumentar la proporción de agua dulce en la marisma del Morro y Andalién, cada día es menor el aporte y aumenta la salinidad de la marisma</li> <li>18. Plantas acuáticas - Toda la subcuenca (aves nidifican)</li> <li>19. Tributarios menores en la parte alta de la cuenca</li> <li>20. Considerar las zonas inundables de la sección inferior de la cuenca</li> <li>21. Espejo de agua (caudal mínimo)</li> <li>22. Mantener la conectividad del río longitudinalmente</li> <li>23. Peces, en toda la cuenca. Revisar estudios</li> </ul>	
<b>Bosques mixtos y nativos remanentes (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. quebradas)</b>	<b>Nº de Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Presión en los bosques remanentes/matorrales en zonas específicas (ej.: zonas de quebradas)</li> </ul>	1 mención de Amenaza
<b>Praderas y zonas de agricultura (indicar en qué parte de la subcuenca, ej. sectores, localidades)</b>	<b>Nº de Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Gobernanza-Planificación del suelo de la actividad agrícola</li> <li>2. Sequía</li> <li>3. Normas</li> <li>4. Ganadería por residuos y contaminación orgánica a los cuerpos de agua, afectando directamente al Río Andalién</li> </ul>	4 menciones de Amenazas
<b>Bosque nativo dentro de reservas (indicar en qué parte de la reserva, ejemplo entrada)</b>	<b>Nº de Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Plantas exóticas</li> <li>2. Incendios forestales</li> <li>3. Tala no autorizada</li> <li>4. Cambio de uso de suelo</li> <li>5. Producción de leña</li> <li>6. Incendios Forestales. En toda la zona en general</li> <li>7. Corte ilegal de árboles</li> </ul>	7 Menciones de Amenazas

Fuente: *Elaboración propia*

En general, los integrantes del Comité Técnico Local mencionan procesos antrópicos de impacto socioecológico producto de actividades autorizadas y no autorizadas para el régimen hídrico de las subcuencas, debido principalmente a la explotación recursos vegetacionales. A su vez, se mencionan grandes amenazas como los incendios forestales. Si bien, el trabajo de taller muestra consensos y discrepancias, se pueden destacar tres grandes tipos: Primero los rellenos de humedales y la urbanización, luego el peligro de incendios forestales en áreas boscosas, y por último la existencia de microbasurales, especialmente en cursos de agua y sus entornos. En relación al número de menciones, los cuerpos de agua, incluyendo a los humedales, son los ecosistemas más amenazados, junto a la vegetación de ribera (Figura 103).

Figura 103. Áreas de mayor amenazas según percepción de actores del Comité Técnico Local



Fuente: Elaboración propia

Posterior a la percepción el equipo de trabajo realizó una ponderación bajo criterio experto de acuerdo al tipo de amenazas y el número de menciones en un taller interno, donde se establecieron 3 escalas de evaluación con respectivos puntajes, estas son: Amenaza Alta (3 puntos), Amenaza Media (2 puntos) y Amenaza Baja (1 puntos). En la siguiente tabla se muestra la ponderación final de las amenazas para las respectivas coberturas de suelo.

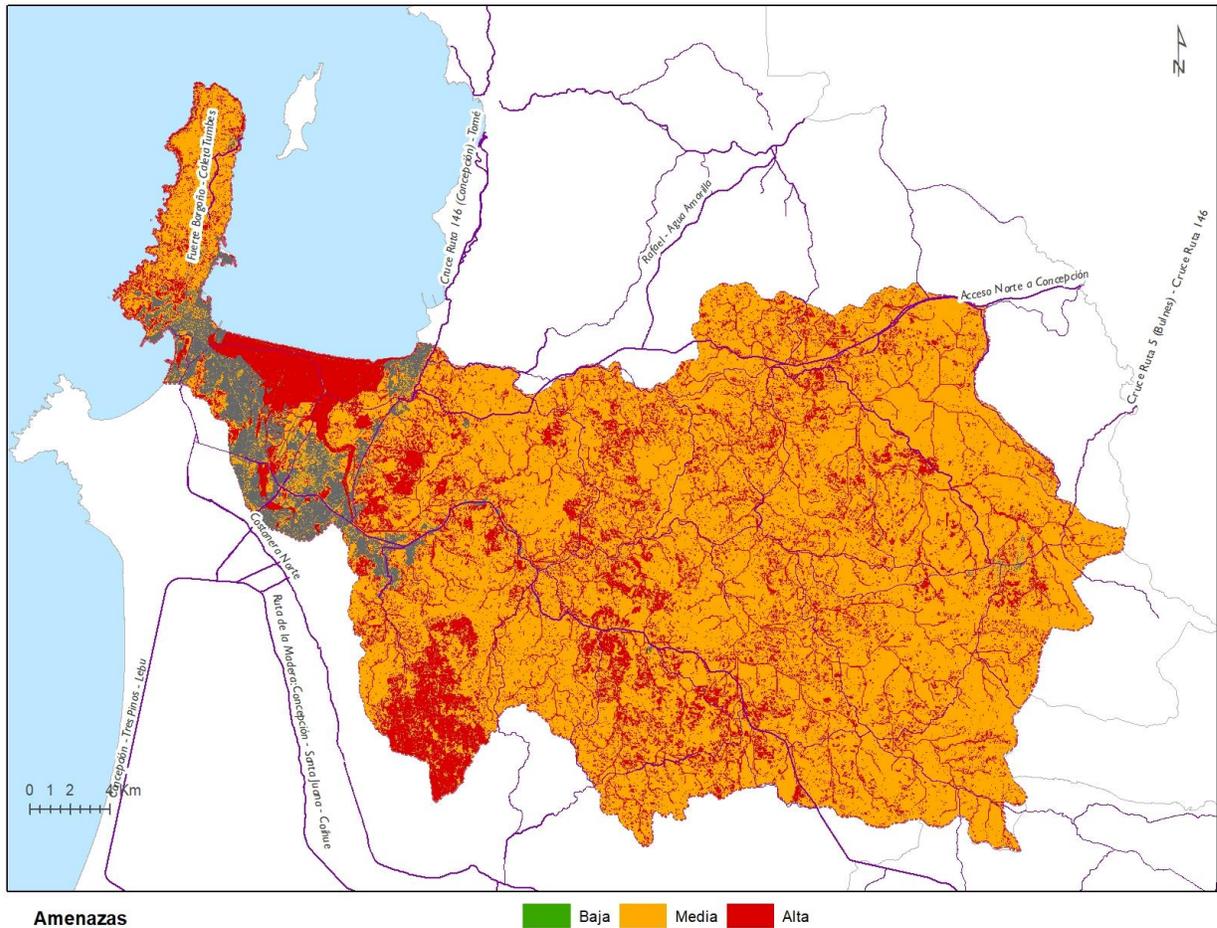
Tabla 54. Grado de amenazas a nivel subcuena

Unidades del paisaje	Descripción	Grado de Amenaza
Cuerpos de agua dulce	Incluye todos los cuerpos de agua y espejos de agua.	ALTA
Praderas y agricultura	Suelos de barbecho y agricultura intensiva.	MEDIA
Bosque nativo dentro de reservas	Superficies de remanentes nativos generalmente compuestos por bosques caducifolios.	ALTA
Bosques mixtos y nativos remanentes	Superficies de bosques nativo con especies introducidas y parches nativos encontrados fuera de reservas.	MEDIA
Matorrales	Matorrales con una altura no más de 6 metros, principalmente por especies de arbustos nativos con vegetación introducida.	ALTA
Vegetación de ribera de cuerpos de agua	Incluye todo tipo de vegetación a 20 metros del cauce.	ALTA
Plantaciones forestales	Plantaciones forestales principalmente de <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> .	MEDIA
Suelos descubiertos y con escasa vegetación	Suelos descubiertos y talas rasas. Incluye áreas urbanas e industriales.	MEDIA

Fuente: *Elaboración propia*

Algunos resultados destacados son la priorización de los cuerpos de agua y la vegetación de sus riberas, y del bosque nativo con los grados más altos de amenaza, también resultó con un alto grado de amenaza los matorrales, destacando que su alteración perjudica la conectividad ecológica de los ecosistemas. Los bosques nativos dentro de reservas, a pesar de encontrarse en áreas protegidas, también calificaron con un grado alto. En grado medio calificaron las praderas y zonas agrícolas, los bosques mixtos y nativos remanentes, las plantaciones forestales, a las cuales en el taller se recalcó la importancia de contar con certificación y los suelos descubiertos con escasa vegetación.

Figura 104. Mapa del grado de amenazas a nivel subcuenca



Fuente: Elaboración propia

Las subcuencas no presentan ningún tipo de ecosistema con un grado de amenaza baja, se considera que son subcuencas principalmente con amenaza media, ya que el 73,7% de la superficie se encuentra con este nivel de amenaza, sin embargo el 21,8% del territorio está en amenaza alta y estas están presionando la funcionalidad principalmente de los cuerpos de agua.

Tabla 55. Distribución en superficies del grado de amenazas

Rango Amenaza	Superficie (ha)	Porcentaje
Alta	19.190,1	21,8
Media	64.835,2	73,7
Baja	0	0
Urbano	3.998,9	4,5
<b>Total</b>	<b>88024,2</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. Identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad

Para identificar las áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad se realizó un trabajo participativo, que permitió identificar criterios para detectar áreas que concentren especies nativas y amenazadas, atributos naturales, tipos de vegetación y ecosistemas específicos, que en conjunto representen espacios valiosos por la biodiversidad que contienen. Al respecto, se puede mencionar que siguiendo la definición de IPBES (La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas), la biodiversidad representa la variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye la variación en los atributos genéticos, fenotípicos, filogenéticos y funcionales, así como los cambios en la abundancia y distribución a lo largo del tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas.

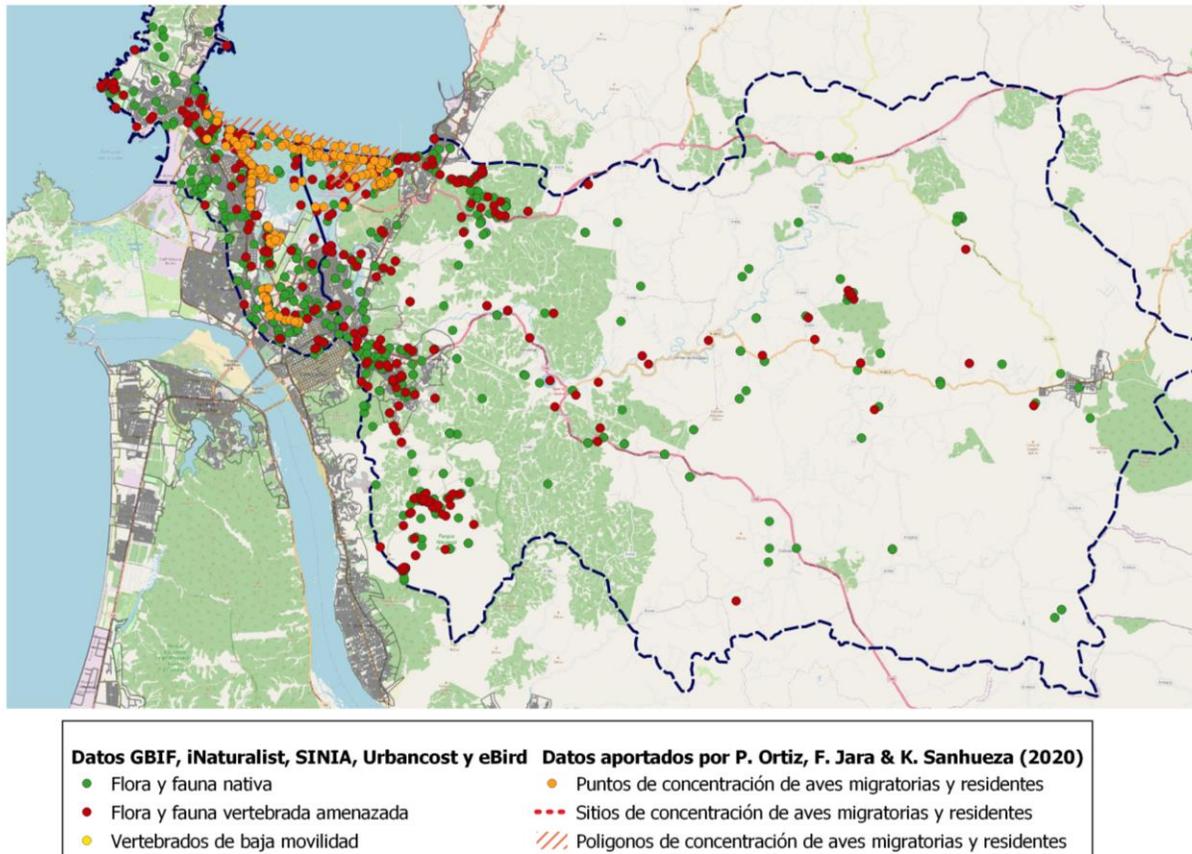
En concreto, en el Taller N°2 se discutió este aspecto sobre la plataforma Jamboard, visualizando el mapa con la información disponible respecto a la distribución espacial de los usos y coberturas del suelo como unidades del paisaje y de los registros conocidos de especies nativas y amenazadas. Con esta información se identificaron los elementos de biodiversidad (incluyendo ecosistemas) más importantes que se deben conservar en cada unidad.

Tabla 56. Descripción de usos y coberturas del suelo como unidades del paisaje para reconocer criterios para priorizar áreas relevantes para la biodiversidad

Unidades del paisaje	Descripción
Cuerpos de agua dulce	Incluye todos los cuerpos de agua y espejos de agua.
Praderas y agricultura	Suelos de barbecho y agricultura intensiva
Bosque nativo dentro de reservas	Superficies de remanentes nativos generalmente compuestos por bosques caducifolios.
Bosques mixtos y nativos remanentes	Superficies de bosques nativo con especies introducidas y parches nativos encontrados fuera de reservas
Matorrales	Matorrales con una altura no más de 6 metros, principalmente por especies de arbustos nativos con vegetación introducida.
Vegetación de ribera de cuerpos de agua	Incluye todo tipo de vegetación a 20 metros del cauce.
Plantaciones forestales	Plantaciones forestales principalmente de <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> .
Suelos descubiertos y con escasa vegetación	Suelos descubiertos y talas rasas. Incluye áreas urbanas e industriales

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 105. Distribución de registros de especies nativas y amenazadas y zonas de concentración de aves migratorias y residentes en la subcuenca



Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la discusión en el Taller N°2, se reconoció la máxima importancia de los cuerpos de agua y la vegetación de sus riberas, y del bosque nativo. Asimismo, se indicaron como importantes la conectividad ecológica que ocurre gracias a los matorrales y los bosques mixtos y nativos remanentes, así como las praderas y zonas agrícolas que requieren de gestión para que contribuyan a la biodiversidad. Una síntesis de estos comentarios que derivan en elementos importantes a conservar a escala de subcuenca se presenta en la Tabla siguiente.

Tabla 57. Integración y síntesis de comentarios en Taller 2 que permiten identificar los elementos más importantes a conservar a escala de subcuenca

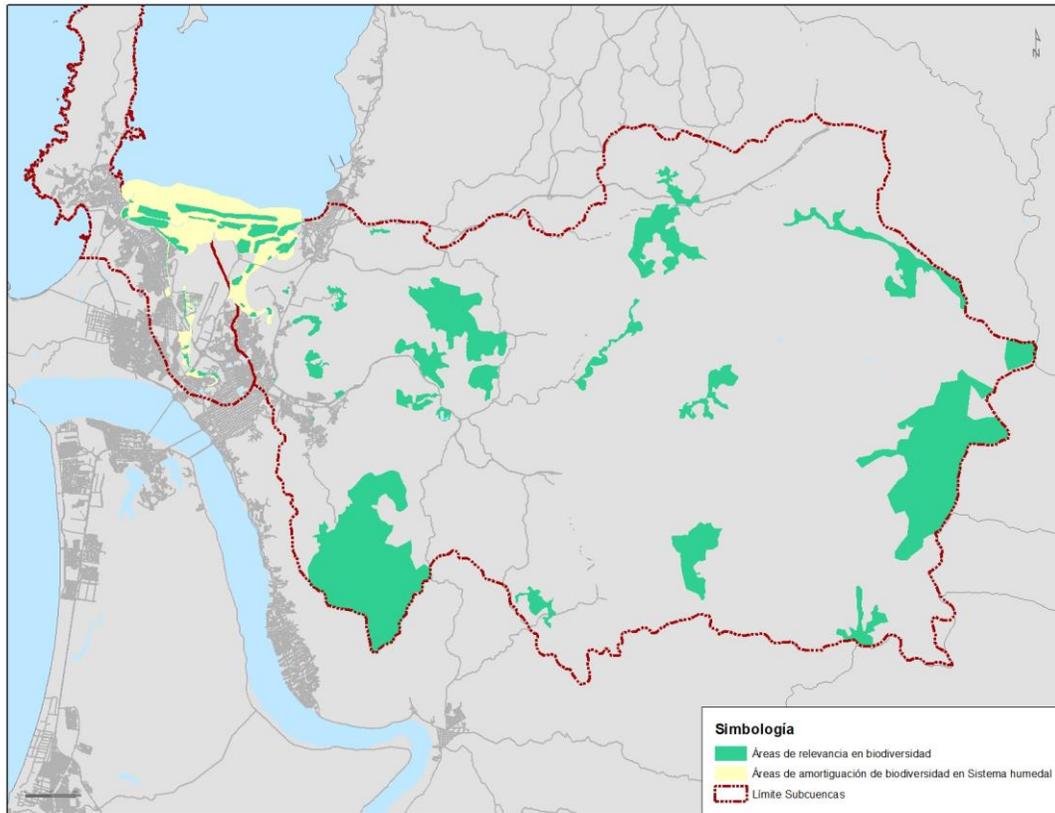
<b>Cuerpos de agua dulce</b>
- Zonas de descanso, nidificación y alimentación para especies de aves residentes y coipos
- Zonas de importancia para alimentación y descanso de aves residentes y mamíferos (coipos)
- Proporción de agua dulce en la marisma del Morro y Andalién
- Plantas acuáticas en los cuerpos de agua, donde las aves nidifican
- Tributarios menores en la parte alta de la cuenca
- Zonas inundables de la sección inferior de la cuenca
- Espejo de agua que aseguran y aseguren caudal mínimo
- Conectividad longitudinal del río Andalién

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peces en toda la cuenca</li> <li>- Sectores importantes: Canal el Morro y Sector Miramar, Río Andalién, Laguna Cora, Canal Los Patos, cuerpos de agua del Humedal Vasco da Gama, Paicaví, Carriel norte, Río arriba Andalién</li> </ul>
<p><b>Vegetación de ribera de cuerpos de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vegetación ripariana en toda la cuenca (cursos hídricos), especialmente en la ribera del Río Andalién y su desembocadura</li> <li>- Zonas de descanso de aves migratorias neárticas y australes en períodos de marea alta.</li> <li>- Zonas de descanso, refugio, alimentación reproducción de aves residentes y coipos</li> <li>- Zonas de Anidamiento en las dunas de la playa</li> <li>- Vegetación hidrófita presente en el Humedal Vasco da Gama</li> <li>- Conectividad ecológica con el bosque de ribera en toda la cuenca</li> <li>- Sectores importantes: Río Andalién, Marismas del Canal el Morro, Ifarle y Sector Humedal Cora, Humedal Vasco da Gama, sector parque San Andrés</li> </ul>
<p><b>Bosque nativo dentro de reservas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resguardos de fauna nativa</li> <li>- Hábitats de mamíferos dentro de la reserva (Pudú, zorro, güiña) y las aves asociadas a bosques (Peuquitos, chucao "asociados al sotobosque")</li> </ul>
<p><b>Matorrales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda en la movilidad de la fauna entre los diferentes ecosistemas, proporcionando conectividad entre estos</li> <li>- Zonas que permiten controlar la erosión en la cuenca del Río Andalién y en otras quebradas, así aquellas mitigan del avance del sistema de dunas en la zona costera (Playa Isla de los reyes Rocuant) principalmente el matorral de espino (Acacia caven)</li> </ul>
<p><b>Bosques mixtos y nativos remanentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosques remanentes y matorrales en zonas específicas (ej. zonas de quebradas)</li> </ul>
<p><b>Praderas y zonas de agricultura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona de praderas en marismas que surgieron debido al cambio de nivel del suelo por terremotos y disminuyen las zonas húmedas, por lo que requieren restauración</li> </ul>
<p><b>Suelos descubiertos y con escasa vegetación, áreas urbanas e industriales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas afectadas por parcelación de terrenos agrícolas y forestales en zonas de la cuenca del Río Andalién que modifican el uso de los suelos y afectan el ecosistema general</li> </ul>
<p><b>Plantaciones forestales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantaciones forestales en zonas de ribera que están amenazadas por tala hasta las riberas de los cauces y que degradan los cuerpos de agua por arrastre de sedimentos y además, produce contaminación de aguas subterráneas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En base a estos elementos se genera un mapa de las áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad a nivel de subcuenca que incluye aquellas áreas identificadas a nivel de humedal. Estas áreas incluyen cuerpos de agua, vegetación ripariana, bosques nativos, matorrales y bosques mixtos que se concentran tanto en la Reserva Nacional Nonguén, en el Río Andalién, en la parte alta de la subcuenca, y también en sectores medios y bajos de la subcuenca, en sectores que conforman núcleos de bosques nativos combinados con áreas de matorrales y bosques mixtos. Cabe señalar que fuera del área del humedal las áreas son más extensas.

Figura 106. Áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad a nivel de subcuenca



Fuente: *Elaboración propia*

## 5.5. Identificación de Servicios Ecosistémicos

Se utilizó una metodología similar a la descrita para el Sistema Humedal, consistente en la identificación de áreas relevantes y/o zonas de alto interés desde el punto de vista de los Servicios Ecosistémicos para las subcuencas aportantes. Se adaptó la propuesta de Burkhard et al., (2009; 2013), que consideró un esquema de evaluación biofísica (no monetario), basado en el mapeo de la capacidad u oferta de SSEE y consulta a expertos. Para las unidades de análisis geobiofísicas se consideraron los elementos de uso de suelo/ecosistemas/geomorfología levantadas en la propuesta para las subcuencas. El levantamiento de información se realizó mediante encuesta online a actores claves.

A escala de subcuenca se observó una tendencia similar en comparación al Sistema Humedal, pero con puntuaciones inferiores en las tres categorías. Los servicios mayormente valorados correspondieron a culturales (3.24), regulación (3.02) y aprovisionamiento (2.41). En los servicios culturales, destacaron las unidades de bosque nativo en reservas, cuerpos de agua dulce, bosques mixtos y nativos en reservas y vegetación de ribera. Para la categoría regulación, la mayor provisión se asoció a vegetación de ribera, bosque nativo en reservas y bosques mixtos y nativos en reservas. Por último, en la categoría de aprovisionamiento destacaron las unidades de cuerpos de agua dulce, bosques mixtos y nativos en reservas, praderas y agriculturas y vegetación de ribera. La Tabla 58, presenta los servicios que mayormente se vincularon a las unidades geobiofísicas.

Tabla 58. SSEE y unidades geobiofísicas mayormente asociadas a cada servicio

Categoría	Servicio	Unidades geobiofísicas
Provisión	Extracción de pescados, algas, mariscos	Cuerpos de agua dulce
	Ganadería y producción de forraje	Praderas y agricultura Suelos descubiertos Matorrales
	Agricultura	Matorrales Praderas y agricultura
	Provisión y almacenamiento de agua dulce potable	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Matorrales
	Provisión y almacenamiento de agua dulce para riego	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Bosques mixtos y nativos REM Matorrales
	Recolección de juncos y totoras	Cuerpos de agua dulce Matorrales Vegetación de ribera
	Extracción de leña y madera	Urbano e industrial Plantación forestal Bosques mixtos y nativos REM Matorrales
	Alimentos y recursos silvestres	Praderas y agricultura Bosques mixtos y nativos REM Bosque nativo en reserva Matorrales
Regulación	Regulación del clima y calidad del aire local	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Bosques mixtos y nativos REM

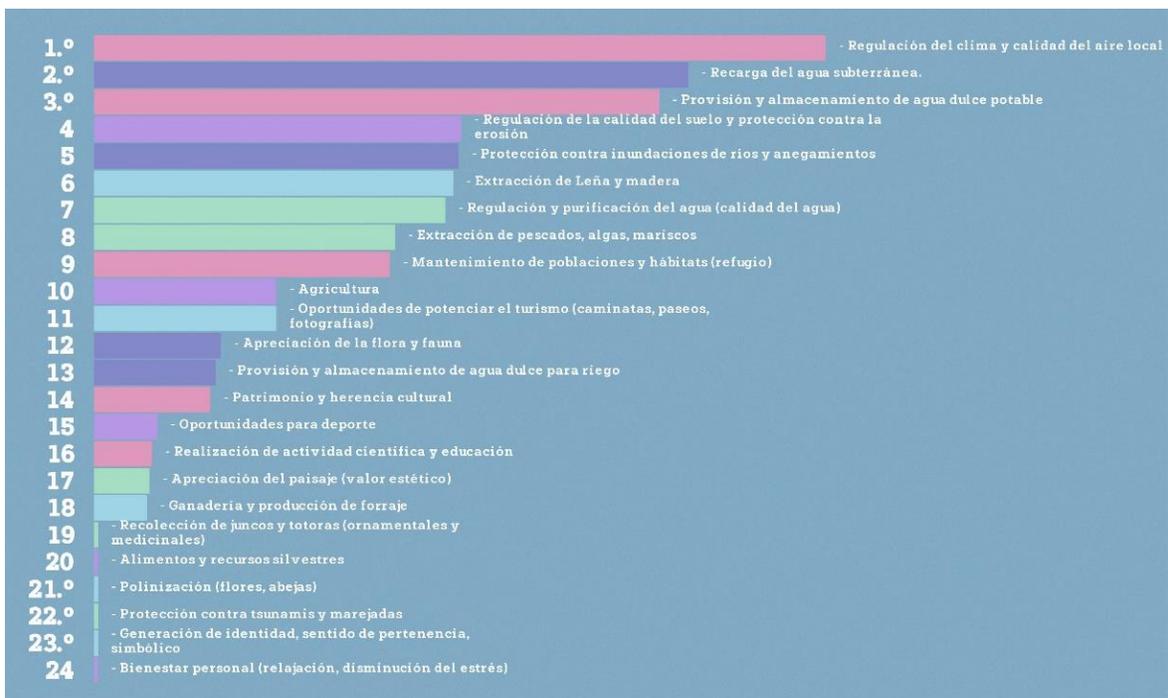
Categoría	Servicio	Unidades geobiofísicas
		Plantación forestal
	Recarga del agua subterránea	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva
	Regulación y purificación del agua (calidad del agua)	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Vegetación de ribera
	Polinización (flores, abejas)	Bosque nativo en reserva Bosques mixtos y nativos REM Matorrales Suelos descubiertos Urbano e industrial Praderas y agricultura
	Regulación de la calidad del suelo y protección contra la erosión	Bosque nativo en reserva Matorrales Vegetación de ribera
	Mantenimiento de poblaciones y hábitats (refugio)	Diferencias menores en unidades
	Protección contra inundaciones de ríos y anegamientos	Bosque nativo en reserva Plantación forestal Vegetación de ribera
	Protección contra tsunamis y marejadas	Cuerpos de agua dulce Plantación forestal Urbano e industrial
Culturales	Generación de identidad, sentido de pertenencia, simbólico	Cuerpos de agua dulce Praderas y agricultura Bosque nativo en reserva Vegetación de ribera
	Bienestar personal (relajación, disminución del estrés)	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Vegetación de ribera
	Realización de actividad científica y educación	Urbano e industrial Vegetación de ribera Matorrales Plantación forestal Cuerpos de agua dulce
	Apreciación de la flora y fauna	Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva Vegetación de ribera
	Apreciación del paisaje (valor estético)	Menor en urbano, suelos descubiertos y plantaciones forestales
	Oportunidades de potenciar el turismo (caminatas, paseos, fotografías)	Bosque nativo en reserva Matorrales
	Oportunidades para deporte	Plantación forestal Suelos descubiertos Urbano e industrial
	Patrimonio y herencia cultural	Urbano e industrial Cuerpos de agua dulce Bosque nativo en reserva

Categoría	Servicio	Unidades geobiofísicas
		Vegetación de ribera

Fuente: *Elaboración propia*

En el Taller N°2, se seleccionaron los 3 servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee la subcuenca aportante. Los resultados indicaron diferencias respecto a los servicios más importantes del humedal. Si bien se mantienen la regulación del clima y la calidad del aire local, en conjunto con la protección contra inundaciones; se indicaron con mayor relevancia la recarga de agua subterránea, la provisión y almacenamiento de agua dulce potable y la regulación de la calidad del suelo y protección contra la erosión (Figura 107).

Figura 107. Priorización de servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee la subcuenca aportante del Sistema Humedal



Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente, los SSEE que más aumentarían post un proceso de restauración a escala de subcuenca correspondieron a la regulación del clima y calidad del aire local, protección contra inundaciones de ríos-anegamientos, y apreciación de la flora y la fauna. Por el contrario, los que más disminuirían fueron ganadería y producción de forraje, agricultura, extracción de leña y madera (Figura 108).

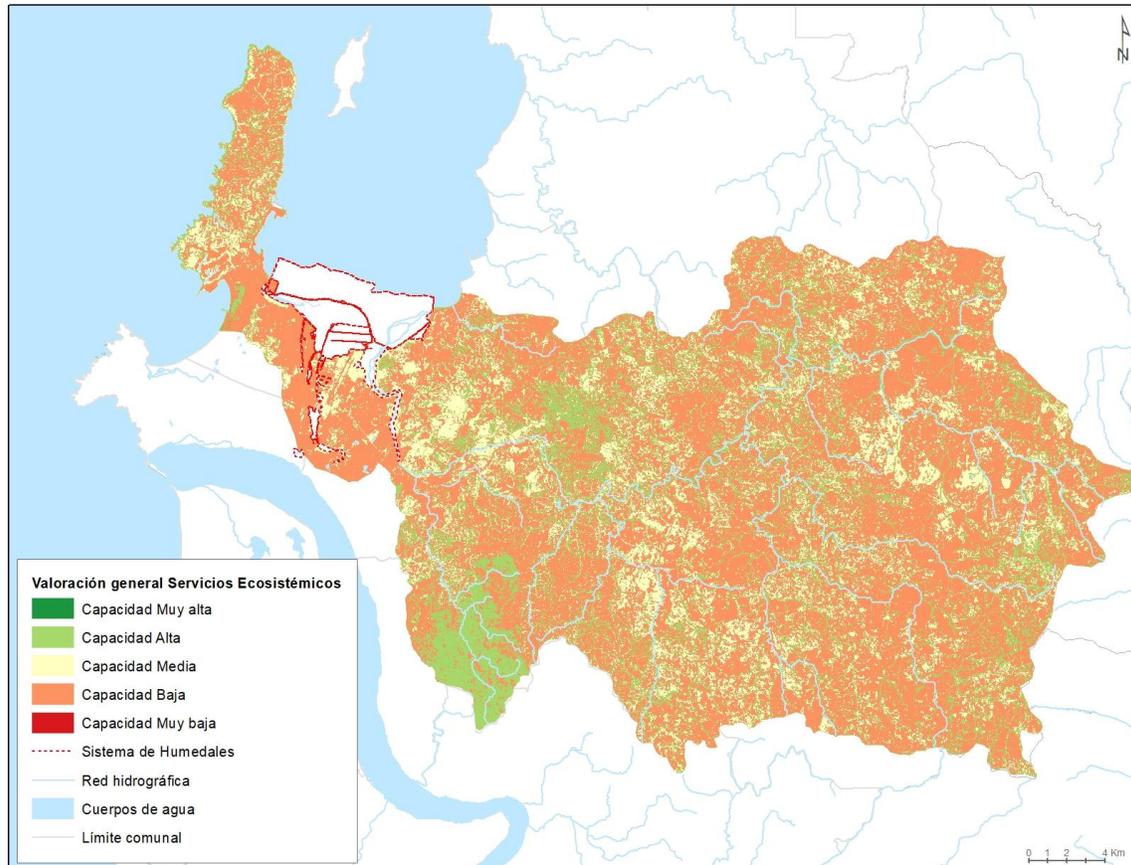
Figura 108. Efectos de la restauración ecológica en la provisión de servicios ecosistémicos a escala de la subcuenca aportante del Sistema Humedal



Fuente: Elaboración propia

La Figura 109 muestra el resultado final del proceso que consiste en cartografía con la capacidad de provisión de SSEE por unidades de la subcuenca. En general la subcuenca presentó una capacidad baja (62,4%) para proveer servicios ecosistémicos, principalmente en las unidades de plantación forestal y urbano/industrial. La capacidad media (18%) quedó representada por matorrales, praderas y agricultura. Por último la capacidad alta (19,5%), se localizó en las unidades de bosque nativo en reserva, bosques mixtos y nativos REM y vegetación de ribera. La aplicación de la metodología no reportó unidades con capacidad muy alta o muy baja para proveer servicios ecosistémicos.

Figura 109. Valoración de Servicios Ecosistémicos a escala de la subcuenca. Se excluye sistema humedal.



Fuente: Elaboración propia

## **VI. IDENTIFICAR ÁREAS PRIORITARIAS A RESTAURAR CON ENFOQUE DE CUENCA EN EL SISTEMA HUMEDAL ROCUANT-ANDALIÉN-VASCO DA GAMA-PAICAVÍ-TUCAPEL BAJO**

En los siguientes apartados se describirán los pasos para la identificación de las áreas prioritarias a restaurar en el Sistema Humedal y las áreas de las subcuencas, mediante una adaptación de la metodología ROAM. Es importante mencionar que la restauración ecológica es el proceso que ayuda al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004), es fundamental considerar que este proceso es ecológico, cuya finalidad es recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un sitio dado, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente (Sol Sánchez et al., 2002), también la restauración apunta a un uso racional de humedal, tal cual queda establecido en la Ley de Humedales Urbanos, es decir mantener a largo plazo los beneficios/servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad, el bienestar humano y la mitigación de la pobreza. También es importante recalcar que Chile en el marco del Convenio de la Diversidad Biológica se desarrolla el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 con metas, incluyendo en las metas 14 y 15, la restauración de los ecosistemas que sustentan los servicios ecosistémicos, con énfasis en aquellos relacionados con el agua, esenciales para la salud, la vida y el bienestar, junto con incrementar la resiliencia de los ecosistemas, a través de la restauración de al menos el 15 % de las tierras degradadas, contribuyendo a la adaptación y mitigación del cambio climático (MMA, 2016).

### **6.1. Revisión de información sobre planificación e infraestructura ecológica**

En primer lugar se realizó una búsqueda de información bibliográfica y estudios sobre planificación e infraestructura ecológica en la zona de estudio y que no sean de autoría del equipo, debido a que se han citado previamente durante el desarrollo de la metodología, por ejemplo el estudio de Rojas, et al. (2013c), que realiza un análisis sobre las presiones del paisaje metropolitano de Concepción. La búsqueda se realizó en google académico, en este sentido estrictamente no se encontró un estudio específico de infraestructura ecológica o red interconectada de los hábitats naturales como humedales, seminaturales como las áreas agrícolas y artificiales como los parques para las subcuencas en los últimos 10 años. Sin embargo, en la subcuenca del Andalién existen estudios sobre efectos ambientales (Vidal & Romero, 2010) y de estructura del paisaje (Jaque, 2010). Respecto al paisaje, la publicación de Espinosa et al., (2015), avanza hacia ejercicios de diseño que permitirían una mayor integración de la ciudad con el Río Andalién, los cuáles profundizan en Espinosa et al. (2020) con el análisis de acciones concretas de restauración fluvial o medidas posibles para restablecer el funcionamiento del sistema fluvial para el diseño urbano como resultado del concurso “Concepción, Habitando (al) el Límite. El Río Andalién, Restauración Fluvial y Diseño Urbano” (resultados de los ganadores en <https://www.ideasandalien.com/>). Las propuestas presentadas en este concurso dejan claro que el Río Andalién, requiere una restauración geomorfológica y ecológica con acciones que impliquen más que un parque ribereño (Tabla N°59).

Tabla 59. Estudios con enfoques de paisaje y planificación ecológica

Estudio	Objetivo	Campo
Vidal, C., & Romero, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Biobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En L. Pérez, & R. Hidalgo (Edits.), Concepción Metropolitano (AMC). Planes, procesos y proyectos. Serie GEOlibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.	Análizar cómo la urbanización modifica los componentes del ciclo hidrológico, en especial los volúmenes de agua que escurren o anegan la superficie de los suelos durante la ocurrencia de episodios lluviosos	Geografía
Jaque, E. (2010). Diagnóstico de los paisajes mediterráneos costeros. Cuenca del río Andalién, Chile. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.	Diagnóstico para valorizar las discontinuidades espaciales y dinámicas del paisaje de la cuenca. Los resultados del diagnóstico demuestran que la relación entre los sistemas naturales con evolución progresiva y en equilibrio es de 55%, un 24% de la cuenca presenta una evolución regresiva hacia un estado de rexistasia.	Geografía
Rojas, C., Pino, J., Basnou, C. & Vivanco, M. (2013c). Assessing land use and cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation. Applied Geography 39:93-103.	Comprender como los cambios en los usos de suelo presionan la biodiversidad del paisaje	Geografía
Espinosa Rojas, P., De Meulder, B., Alarcón Rodríguez, M., & Pérez Bustamante, L. (2015). Interacciones de agua y ciudad / Una investigación de Urbanismo del Paisaje aplicado al caso del río Andalién, Concepción. <i>Revista de Urbanismo</i> , (33), 52-72	Se busca establecer cuáles son las posibilidades reales de aplicar la restauración fluvial como disciplina de análisis y diseño en contextos urbanos para la toma de decisiones en el desarrollo urbano que integra a los ríos	Urbanismo
Espinosa, P., De Meulder, B. y Ollero, A. (Noviembre 2019 - Abril 2020). Restauración fluvial como estrategia de diseño urbano. Un diálogo entre investigación y diseño. Concurso río Andalién, Concepción, Chile. <i>AREA</i> , 26(1), pp. 1-25. Recuperado de: <a href="https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2601/2601_espinosa_et_al.pdf">https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2601/2601_espinosa_et_al.pdf</a>	Analiza de manera crítica los resultados de un concurso internacional que ilustra el diálogo entre la academia y los diseñadores, quienes en conjunto generan nuevas ideas en torno a preguntas de diseño abiertas y en múltiples escalas para abordar la restauración fluvial como estrategia de diseño urbano	Urbanismo

<p>Toledo Alarcón, C. (2020). Construyendo metrópolis en Chile: el caso ruta del agua como piloto de gestión del territorio metropolitano en el Gran Concepción. Territorios Y Regionalismos, (2), 15-23. Recuperado a partir de <a href="http://revistasacademicas.udec.cl/index.php/rtr/article/view/21103">http://revistasacademicas.udec.cl/index.php/rtr/article/view/21103</a></p>	<p>Presentar el proyecto Ruta del Agua</p>	<p>Urbanismo</p>
<p>Rueda, I (2020). Un Anillo Verde para el Área Metropolitana de Concepción. Propuesta de Infraestructura verde en base a criterios geográficos</p>	<p>Analiza y elabora una propuesta de infraestructura verde para el Área Metropolitana de Concepción, a través del estudio de métricas del paisaje y modificaciones al PRMC con la finalidad de obtener coberturas idóneas para este tipo de propuestas</p>	<p>Geografía</p>
<p>Asociación de Municipalidades de la Región del BíoBío(2021). "Diagnóstico de la infraestructura verde de 7 comunas del Gran Concepción, para generar un plan piloto de planificación territorial de espacios verdes"</p>	<p>Los objetivos del proyecto "Diagnóstico de la infraestructura verde de 7 comunas del gran Concepción, para generar un plan piloto de planificación territorial de espacios verdes"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los sistemas de biodiversidad en función de la conectividad de espacios verdes.</li> <li>• Identificar la resiliencia asociada a la infraestructura verde ante la amenaza de eventos naturales</li> <li>• Desarrollar un plan piloto de infraestructura verde asociado para las comunas en estudio.</li> <li>• Relevar el aporte de la infraestructura verde para la adaptación al cambio climático</li> </ul>	<p>Planificación Territorial</p>

Fuente: *Elaboración propia*

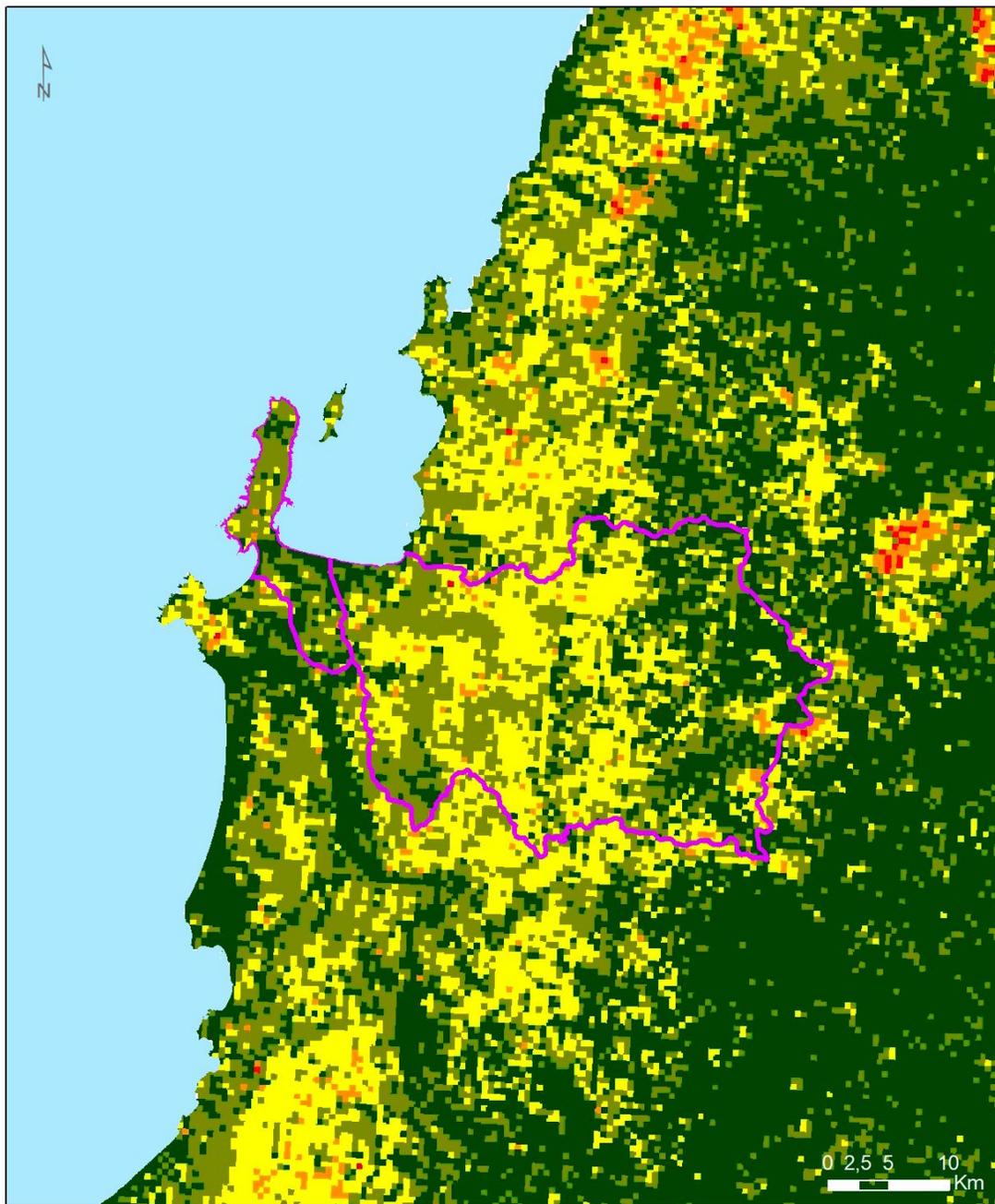
Además desde el ámbito institucional se reconocen como insumos claves los siguientes estudios:

- Ministerio de Medio Ambiente (2016). Metodología base para la revisión de Sitios Prioritarios y otras áreas de valor ecológico, y propuestas de áreas con potencial de restauración para el desarrollo de una infraestructura ecológica con aplicación en una región piloto, realizado por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.
- Gobierno Regional (2019). Estudio estratégico para la revalorización de la red de humedales del Gran Concepción, diagnóstico y línea base, realizado por la consultora Edáfica.
- Estudio de la Asociación de Municipios de la Región del BíoBío sobre infraestructura verde para 7 comunas del área metropolitana de Concepción.

El estudio sobre planificación ecológica del Ministerio de Medio Ambiente (2016), tiene como objetivo *“Desarrollar y consensuar a nivel nacional una propuesta metodológica espacialmente explícita, con una aplicación piloto en la Región del Biobío, que permita definir una Infraestructura Ecológica y revisar el actual portafolio de “sitios prioritarios regionales”, e identificar sobre la base del nuevo examen y la nueva tecnología e información, el nuevo portafolio de AVE y de SP, contemplando áreas naturales bien conservadas, como asimismo áreas con potencial de restauración, tanto dentro como fuera de las áreas protegidas”*. Se distingue claramente que son escalas distintas contando con una escala de menor detalle para el área de interés de este estudio, entre los aspectos relevantes es la revisión de criterio para la identificación de áreas de restauración basado en análisis de decisión y SIG, siendo fundamentales para restaurar áreas degradadas para la conectividad ecológica, los servicios ecosistémicos las especies amenazadas, la variabilidad genética y la erosión.

Mediante el desarrollo de talleres se identificaron criterios, indicadores y métricas para el área de estudio, áreas de baja priorización a alta priorización. Como se puede observar el mapa de restauración por las diferencias de escala, define al Sistema Humedal como un área de baja prioridad de restauración (Figura 110).

Figura 110. Plan de Infraestructura Ecológica de la Región del Biobío, acercamiento (zoom) sobre área de estudio



**Simbología**

 Límite Subcuenca

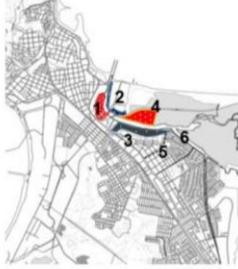
Escala de priorización áreas de restauración  
Baja priorización  Alta priorización

*Fuente: Elaboración propia*

Del estudio del Gobierno Regional, revisado en Toledo (2020), además se señala que para el sistema metropolitano de Concepción es clave poner el valor el sistema hídrico y potenciar los espacios verdes urbanos, indicando que el Plan de Acción Estratégico se establece como meta transformar al Gran Concepción a una “Metropolis Sustentable y Resiliente” al 2030. En este marco nace la “Ruta del Agua” que tiene por objetivo “caracterizar y poner en valor el sistema hídrico del AMC, protegiendo y promocionando los humedales como espacios urbanos de valor ecológico y social”.

En específico para el sistema de humedales estudiados en esta propuesta “Ruta del Agua” propone:

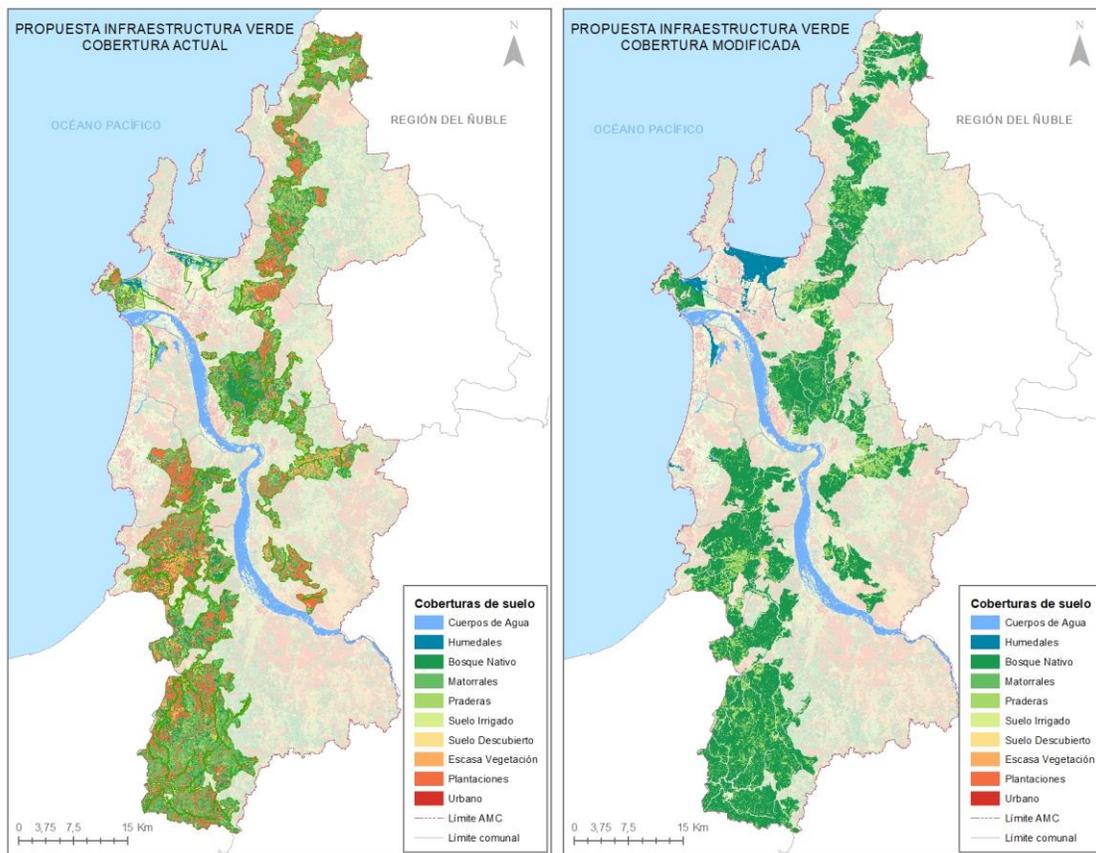
Figura 111. Intervenciones propuestas sobre secciones del Sistema Humedal por parte del proyecto Ruta del Agua

COMUNA	HUMEDAL	INTERVENCIÓNES PROPUESTAS	UBICACIÓN INTERVENCIÓN
PENCO	ROCUANT – ANDALIÉN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación y restauración ecológica laguna Playa Negra</li> <li>• Protección zona de anidación y alimentación de aves</li> <li>• Conexión laguna Playa Negra y el humedal Rocuant – Andalién</li> <li>• Implementación mirador Bellavista</li> </ul>	
TALCAHUANO	ROCUANT – ANDALIÉN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laguna Recamo - Redacamo</li> <li>• Habilitación buffer industrial</li> <li>• Parque Santa Clara</li> <li>• Habilitación zona de marismas</li> <li>• Boulevard Manuel Montt</li> <li>• Área verde mirador</li> </ul>	
CONCEPCIÓN	PAICAVÍ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expropiación y Habilitación humedal Tucapel bajo - Paicaví</li> <li>• Habilitación bordes exteriores humedal Paicaví</li> <li>• Corredor verde Cerro Chepe – Humedal Paicaví</li> </ul>	
HUALPEN	<p>HUMEDAL VASCO DE GAMA</p> <p>HUMEDAL LAGUNA PRICE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expropiación y Habilitación parcial del Humedal Vasco de Gama como parque</li> <li>• Expropiación, Limpieza y Habilitación de la Laguna Price como parque</li> <li>• Ciclo rutas los Copihues-Colón, Nueva Imperial-Arteaga, Alemparte - caletería Alessandri</li> <li>• Eje verde peatonal ciclista de acceso a humedal</li> </ul>	

Fuente: Toledo (2020)

Revisado los antecedentes, se concluye que las principales brechas de información por un lado tienen un sentido espacial, ya que la zona baja de cuenca ha presentado el principal interés para el desarrollo de investigación, y también de contenido, por ejemplo acciones y propuestas de infraestructura verde o áreas planeadas para conectar la red natural y seminatural del paisaje, mejorando la calidad del agua para la restauración de las funciones hidrológicas del Sistema de Humedales y soluciones basadas en la naturaleza no se han abordado en plenitud. El diseño sensible al agua es otra temática que emerge como una brecha, las propuestas presentadas en *Concepción habitando (al) Límite*, y en proyecto la “Ruta del Agua”, que incluye localizaciones para espacios públicos que pongan en valor a los humedales. La biodiversidad, servicios ecosistémicos, los barrios y el paisaje son un excelente avance. Se sugiere un estudio de planificación ecológica o del paisaje en específico para toda la subcuenca, ya que a su vez el estudio de infraestructura ecológica del Ministerio de Medio Ambiente usa una escala con menor detalle, impidiendo evaluar la restauración ecológica para la subsistencia de los humedales. Una planificación ecológica en las subcuencas, además tiene el desafío de coordinarse con instrumentos de planificación territorial vigente que tienen competencias en los usos de suelo pero en su destino y no en la planificación del paisaje. Desde esta perspectiva, la tesis de Rueda (2020) sobre infraestructura verde, sugiere que a partir de cambios en la planificación territorial, se podrían generar soportes a nivel de subcuenca que permitirán una mayor conectividad entre las áreas naturales, dando además soporte a las iniciativas que se encuentran insertas a nivel metropolitano y comunal, generando de este modo una estrategia planificada de infraestructura verde que permita conservar y restaurar aquellas áreas que son clave para el mantenimiento de diversos ecosistemas, tales como ríos, lagunas y humedales.

Figura 112. Propuesta de red de Infraestructura Verde



Fuente: Rueda, 2020

En este sentido, un excelente ejemplo es la comuna de Llanquihue en la región de Los Lagos, que ha iniciado un relevante proceso de recuperación y restauración de sus humedales urbanos mediante un plan de acción medioambiental entre la Fundación Legado y el Municipio de la comuna de Llanquihue.

Mientras se desarrollaba este estudio, en paralelo la Asociación de Municipios (2021) elaborará un “Diagnóstico de la infraestructura verde de 7 comunas del Gran Concepción, para generar un plan piloto de planificación territorial de espacios verdes”, este reconoce a los humedales como zonas de alto valor natural y bienes claves de la red de infraestructura verde. El valor de los informes radica en poder concretar instancias que promuevan la articulación de actores y la gobernanza para promover iniciativas de infraestructura verde.

## **6.2 Adaptación metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM)**

La restauración ecológica es un proceso complementario a los esfuerzos de protección, dado que la protección por sí misma no asegura que el paisaje alcance su mejor condición ecológica y que de esa manera provea los servicios ecosistémicos esenciales que permiten el bienestar de las personas que habitan en los territorios aledaños a las áreas protegidas. A continuación, se presentan dos definiciones de restauración ecológica:

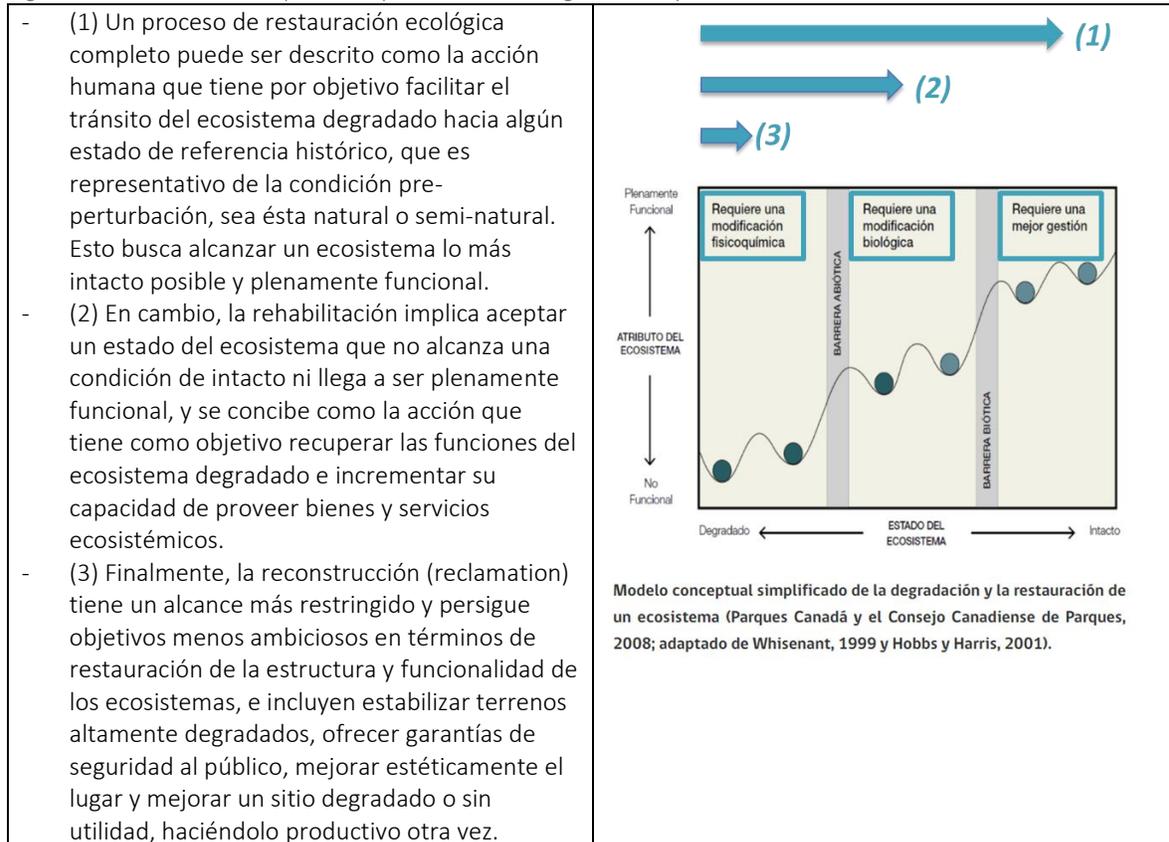
- proceso ecológico cuya finalidad es recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un sitio dado, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente (Sol Sánchez et al., 2002).
- El proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004).

Un término asociado a los procesos de restauración es el de “uso racional”. Esta idea está también en la Ley de Humedales Urbanos y equivale al mantenimiento de los beneficios/servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad, el bienestar humano y la mitigación de la pobreza.

La restauración puede tener objetivos diversos y también niveles de profundización. Al respecto, dos elementos centrales son la restauración de la estructura y de la funcionalidad de los ecosistemas y el paisaje, buscando ayudar a transitar al paisaje y/o a los ecosistemas desde una condición degradada a una condición equivalente a su mejor condición, para lo cual se requieren modelos de referencia, localizados dentro del mismo paisaje o en un paisaje de características ecológicas similares. El grado de afectación del Sistema de Humedales Rocuant-Andalién ha sido reportado en la literatura, alcanzando más de 500 hectáreas en el Área Metropolitana de Concepción, lo que se suma a la degradación de los humedales remanentes y a la pérdida de conectividad ecológica (Rojas et al., 2013b, 2017, 2019). Ambos tipos de humedales, es decir aquellos que han sido rellenados o severamente modificados, como aquellos que permanecen, pero están en una condición de degradación pueden ser objeto de restauración. La restauración ecológica, por tanto, es necesaria para recuperar biodiversidad, servicios ecosistémicos y así fortalecer la protección del territorio frente a eventos extremos.

Dependiendo de los objetivos y la ambición de los procesos de restauración, de las capacidades técnicas y económicas, y de condiciones de factibilidad, se pueden reconocer niveles de restauración ecológica.

Figura 113. Modelo conceptual simplificado de la degradación y restauración de un ecosistema



Fuente: <https://restauracionecologica.mma.gob.cl/definiciones/>

Respecto al Sistema de Humedal Rocuant-Andalién, algunos ecosistemas de referencia son:

- la marisma Tubul-Raqui, que está en una cuenca costera con una influencia pleamar hasta 6km, está rodeado por usos forestales y también matorrales, contiene especies de humedal equivalentes (ej. *Spartina densiflora*) y tiene una alta importancia por la biodiversidad de aves amenazadas que alberga.
- El humedal palustre Laguna Verde que está dentro del Santuario de la naturaleza Península de Hualpén, está rodeada por una matriz natural y de bosques mixtos, tiene plantas halófitas y especies de humedal como *Juncus procerus* y una alta riqueza de insectos.

La identificación de áreas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca se desarrolló mediante una adaptación de etapas de la metodología ROAM que en general están dirigidas al paisaje forestal. La metodología ROAM fue desarrollada por expertos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y del World Resources Institute (WRI) en 2014 y está contenida en una Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM). Esta guía describe 3 fases. En este trabajo se utilizaron y adaptaron la primera fase completa (preparación y planificación) y una parte de la segunda fase (recolección y análisis de datos) y de la tercera fase (resultados para recomendaciones). Algunas de las herramientas ROAM que esto genera son el establecimiento de prioridades entre los involucrados para intervenciones de restauración y la cartografía de las oportunidades de restauración, y algunos de los productos ROAM que esto genera son la selección de los tipos de intervenciones de restauración más pertinentes y factibles para el área a evaluar, y las áreas prioritarias identificadas para restauración. En cambio, algunos pasos no abordados en este trabajo

fueron el modelaje y validación económica de la restauración y el modelaje del costo-beneficio-carbono de la restauración.

Figura 114. Metodología ROAM: fases y pasos



Fuente: Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM)

La fase 1 (F1) de la metodología ROAM contiene 7 pasos, muchos de los cuales ya están desarrollados por el proyecto GEF humedales:

F1 - Paso 1: Definición del problema y los objetivos de restauración.

La Ley de Humedales Urbanos los declara implícitamente al buscar no solo proteger los humedales urbanos declarados, sino también definir criterios mínimos sustentabilidad a fin de resguardar sus características ecológicas y su funcionamiento, y de mantener el régimen hidrológico, tanto superficial como subterráneo. Más específicamente, el proyecto GEF humedales considera como objetivo mejorar el estado ecológico y de conservación de ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile de alto valor ecológico, incluyendo los humedales y sus cuencas adyacentes, integrándolas al desarrollo local a través de su manejo sustentable, mejorando la gestión de los paisajes costeros, reduciendo las presiones a estos hábitats de diversas especies migratorias y con distintos problemas de conservación, y reduciendo las amenazas y presiones sobre las cuencas aportantes que soportan las actividades humanas de importancia local.

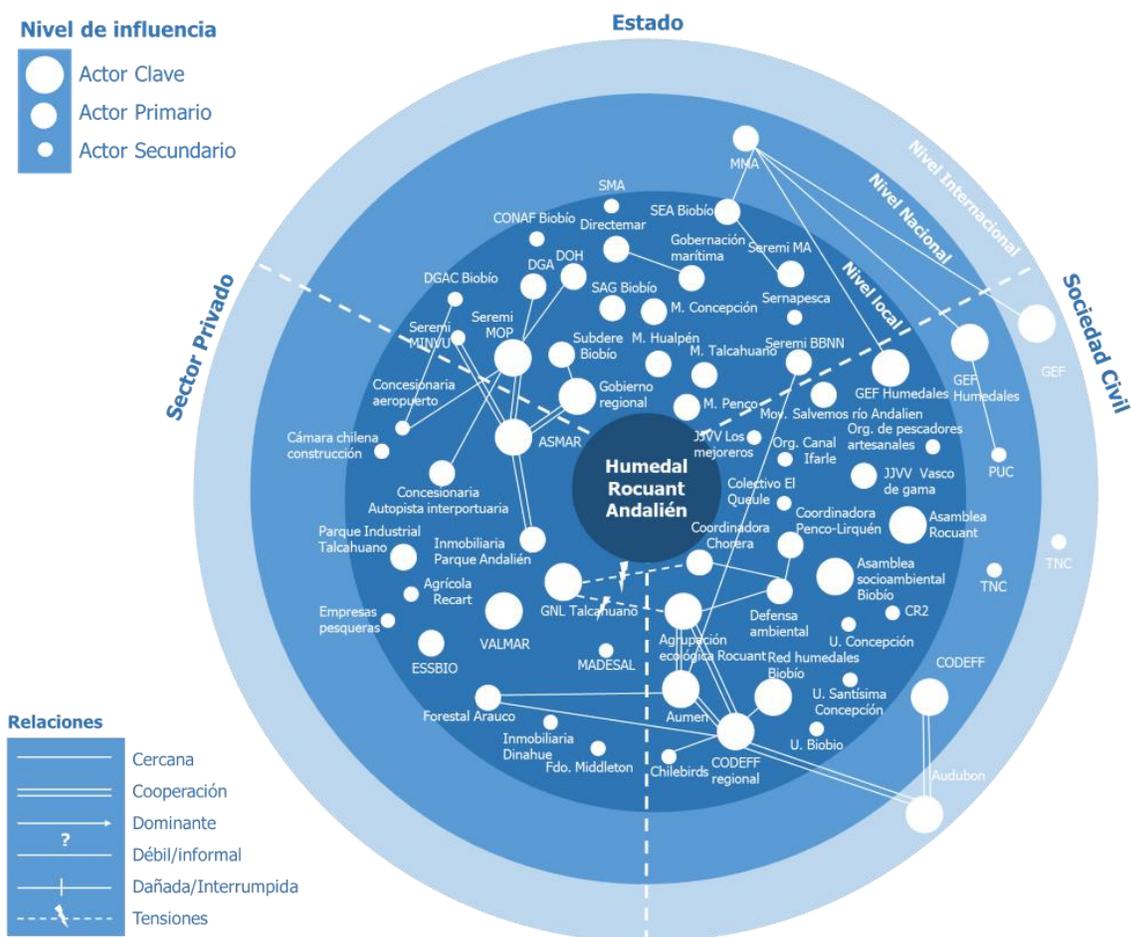
Sobre la base de esta información se define, como objetivo de restauración:

- Recuperar la funcionalidad hidroecológica del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo para asegurar su uso racional mediante la conservación de la biodiversidad (en especial de aves nidificantes y fauna acuática) y el aseguramiento de la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, a través de una enfoque a escala de la cuenca hidrológica aportante. Los servicios ecosistémicos prioritarios a restaurar son:
  - Protección contra inundaciones de ríos y anegamientos
  - Mantenimiento de Poblaciones y Hábitats (refugio)
  - Apreciación de la Flora y Fauna
  - Regulación del clima y calidad del aire local
  - Oportunidades para potenciar el turismo (caminatas, paseos, fotografías)

F1 - Paso 2: Involucramiento de asociados clave.

Tanto en el proyecto GEF humedales como en consultorías asociadas se ha trabajado intensamente para reconocer e involucrar a los actores del territorio. La existencia del Comité Técnico Local es el principal y más contundente hecho que cumple con este paso. De manera complementaria se han realizado mapas de actores y análisis más complejos para representar las interrelaciones entre los actores, que van más allá del Comité Técnico Local.

Figura 115. Mapa de actores elaborado por proyecto PAC–HRA, 2020



Fuente: PAC-HRA, 2020

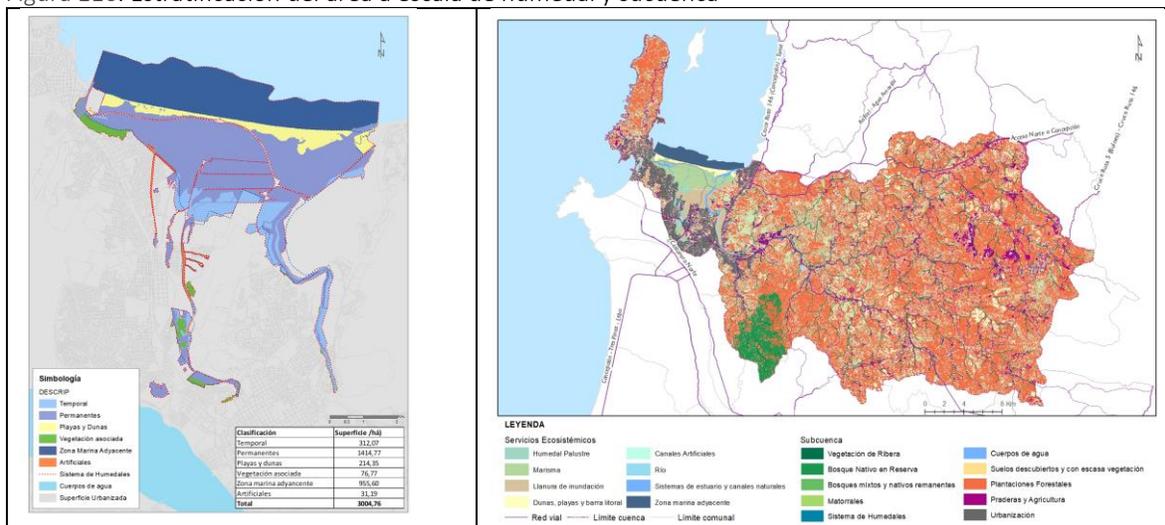
### F1 - Paso 3. Definición de alcance y productos

Los términos de referencia de la consultoría describen con claridad el producto a generar: Elaborar un Mapa (cartografía) con las áreas prioritarias a restaurar (tipo semáforo), acompañado de un documento explicativo que podrá ser presentado en formato de fichas, para cada área vulnerable con prioridad de restauración. La identificación de las áreas prioritarias para la restauración y un conjunto de iniciativas/intervenciones de restauración prioritarias

### F1 – Paso 4. Estratificación del área

A lo largo de la consultoría se ha trabajado en dos escalas: humedal y subcuenca, para lo cual se han generado estratificaciones, que en el caso del humedal incluye a los humedales temporales, permanentes, las playas y dunas, la vegetación asociada, la zona marina adyacente y los humedales artificiales, y a nivel de subcuenca: vegetación de ribera, bosques nativos y mixtos, matorrales, cuerpos de agua, plantaciones forestales, praderas y agricultura, y urbanización.

Figura 116. Estratificación del área a escala de humedal y subcuenca



Fuente: Elaboración propia

### F1 – Paso 5 y 6 identificación de opciones de restauración del paisaje y de criterios de evaluación

Durante el Taller N°4, se realizaron dos actividades para generar información para cumplir estos pasos de la metodología ROAM, dado que no se contaba con información previa a la consultoría sobre este aspecto.

En la primera actividad se consultó por opciones potenciales de restauración para cada una de las siguientes unidades, tanto a nivel de subcuenca (Plantaciones forestales activas y sin manejo, Terrenos agrícolas y praderas antropizadas, Cabeceras de cuenca, Quebradas de alta pendiente, Vegetación de ribera, Área urbanizada o industrial en borde de humedal, Bosque nativo en Reserva Nonguén, Matorrales y bosques degradados o fragmentados), como de humedal (Áreas de concentración de especies (ej. migratorias y nidificantes), Humedal palustre, Marisma, Llanura de inundación, Dunas, playas y barra litoral, Canales artificiales, Río Andalién, Sistema de estuario y canales naturales).

Para identificar las opciones se entregó un listado inicial de acciones de restauración que los actores asociaron a cada unidad, de manera de generar la discusión y detectar las coberturas con más necesidades y sobre el tipo de acciones a desarrollar. El listado original fue el siguiente:

- Renaturalización y reconversión de uso de suelos degradados: convertir un área degradada o usada con fines productivos en una zona natural. Incluye reemplazo de especies para modificar usos.
- Enriquecimiento con especies nativas: incorporación de más individuos de especies nativas en áreas que tienen vegetación.
- Eliminación de especies exóticas: remoción mecánica de plantas invasivas como zarzamora o aramo
- Recuperación de flujos hídricos naturales: obras físicas para permitir inundación de áreas sin urbanización (ej. ruptura de canales, barreras y rellenos).
- Cierre de accesos para facilitar procesos naturales: obras físicas de bloqueo de accesos, destrucción de caminos.
- Remoción de escombros y microbasurales que amenazan la biodiversidad.
- Creación de cortafuegos y remoción de combustible vegetal muerto o seco: eliminación de amenazas de incendio forestal.
- Implementación de sistemas de riego eficiente y mejoramiento de suelos para fines agrícolas: eliminación de canalizaciones e incorporación de sistemas de riego por goteo.
- Reforestación con fines productivos: plantación de árboles forestales o frutales exóticas en áreas previamente destinado con esos fines y actualmente degradados o sin manejo (ej. afectados por incendios).
- Desarrollo de áreas verdes y arbolado urbano: incrementar vegetación en áreas urbanizadas

Otras acciones incluidas por los actores fueron:

- Disminución de biomasa y evitar que reforestación represente un riesgo para incendios, aumentando la heterogeneidad.
- Control y manejo de ganado para evitar la erosión de los suelos, incluyendo la prohibición de purines
- Mejora de las condiciones de las vertientes en quebradas de alta pendiente, dado que fueron fundamentales para el terremoto y que los vecinos las han protegido y mejorado con fondos municipales.
- Eliminación de canales artificiales en determinados sectores.
- Promoción de prácticas agrícolas responsables.
- Reconducción de aguas lluvias y evitar que las aguas que llegan a humedales acarreen contaminantes, considerando sistemas de filtrado.

La segunda actividad consistió en asignar una prioridad a las unidades de humedal descritas anteriormente, seleccionando áreas en 3 niveles de prioridad. Con esta información, entregada por 5 grupos, se generaron 6 niveles de prioridad, donde destacaron los humedales palustres y las zonas de marisma, estuarios y canales.

- Muy alta prioridad: Humedal Palustre
- Alta prioridad: Marisma, estuarios y canales
- Prioritario: Áreas urbanizadas, dunas playas, llanura, suelos descubiertos
- Regular: Cabecera cuenca, Río Andalién, vegetación de ribera, quebradas
- Baja prioridad: Áreas de concentración, plantaciones forestales, canales artificiales, matorrales, terrenos agrícolas, bosque mixto, bosque nativos
- Sin prioridad: Otras áreas

Luego, se repitió esta consulta, pero esta vez dirigida a priorizar las opciones potenciales de restauración que son más adecuadas y urgentes, seleccionándose como de alta y muy alta prioridad a la remoción de escombros y los microbasurales que amenazan la biodiversidad, que en sí mismo no es una acción de restauración, pero sí una acción determinante para otros procesos de restauración, y la recuperación de flujos hídricos. En niveles medios prioridad (prioritario y regular) destacaron la renaturalización y reconversión de uso de suelos

degradados y el cierre de accesos para facilitar procesos naturales. Esta última tampoco es una acción de restauración concreta, pero sí fue destacada por los actores.

- Muy alta prioridad: Remoción de escombros y microbasurales que amenazan la biodiversidad
- Alta prioridad: Recuperación de flujos hídricos naturales.
- Prioritario: Renaturalización y reconversión de uso de suelos degradados, Cierre de accesos para facilitar procesos naturales.
- Regular: Enriquecimiento con especies nativas, Eliminación de especies exóticas, Implementación de sistemas de riego eficiente y mejoramiento de suelos para fines agrícolas.
- Baja prioridad: Desarrollo de áreas verdes y arbolado urbano, Naturalización de los canales, Reforzar medidas de mitigación en la carretera interportuaria, Creación de cortafuegos y remoción de combustible vegetal muerto o seco.
- Sin prioridad: Otras acciones.

Con esta información, se procedió a desarrollar los pasos 1 y 2 de la fase 2. En el paso 1 (F2) se desarrolla la obtención de datos y su procesamiento, para realizar la priorización de las unidades y la incorporación de las acciones en fichas para los sitios identificados en el proceso. Luego, en el paso 2 (F2) se ubican las oportunidades de restauración en un mapa, que se presenta más adelante en este documento.

Por otra parte, de la fase 3 se realiza el paso 1 y parte del paso 2. Para cumplir los objetivos del paso 1 (F3) se realizó el taller 5, donde se presentaron los resultados obtenidos de las áreas de restauración identificadas y se consultó por la opinión de los actores territoriales. Con esto se realizaron ajustes finales a la delimitación de estas áreas. En esta actividad participaron también representantes de las municipalidades, por lo que podría considerarse parcialmente abordado el paso 3 (F3) de retroalimentación del gobierno local.

### 6.3 Levantamiento de áreas prioritarias a restaurar

#### a) Sistematización y ponderación áreas de restauración Taller N°4

Tras la realización del Taller N°4, se sistematizaron los aportes de los actores y se ponderaron las áreas de restauración de acuerdo a las prioridades indicadas por los participantes del taller.

El detalle de la ponderación para identificar los distintos niveles de priorización de las áreas a restaurar consideró las menciones realizadas a cada unidad, asignando una ponderación máxima (valor=1) a las menciones de un área en primera prioridad, una ponderación media (valor=0,5) a las unidades indicadas en 2<sup>da</sup> prioridad y un valor bajo (valor=0,1) a aquellas áreas indicadas en tercera prioridad. Esto fue necesario dado que cada grupo de trabajo del Taller N°4 asignó prioridades diferentes. De esta forma, y tal como se señaló anteriormente, se generaron 6 niveles de prioridad, donde destacaron los humedales palustres y las zonas de marisma, junto al sistema de estuarios y canales naturales.

*Valor prioridad = n menciones 1ra prioridad \* 1,0 + n menciones 2da prioridad \* 0,5 + n menciones 3ra prioridad \* 0,1*

Tabla 60. Ponderación de unidades en base a aportes en taller

Unidades	Menciones 1 <sup>ra</sup> prioridad	Menciones 2 <sup>da</sup> prioridad	Menciones 3 <sup>ra</sup> prioridad	Valor ponderado de prioridad
Humedal palustre	4	1		5
Marisma	2	3		4
Sistema de estuario y canales naturales	2	4		4
Area urbanizada o industrial en borde de humedal	2	1	2	3
Dunas, playas y barra litoral	1	4		3
Llanura de inundación	1	4		3
Cabeceras de cuenca	1	1	1	2
Rio Andalién	1	2	1	2
Vegetación de ribera		4		2
Quebradas de alta pendiente		3	1	2
Áreas de concentración de especies (ej. migratorias y nidificantes)	0	2		1
Plantaciones forestales activas y sin manejo	1		4	1
Canales artificiales		2	3	1
Matorrales y bosques degradados o fragmentados		2	1	1
Terrenos agrícolas y praderas antropizadas		1	3	1
Bosque nativo en Reserva Nonguén			5	1
Borde de lagunas			1	0

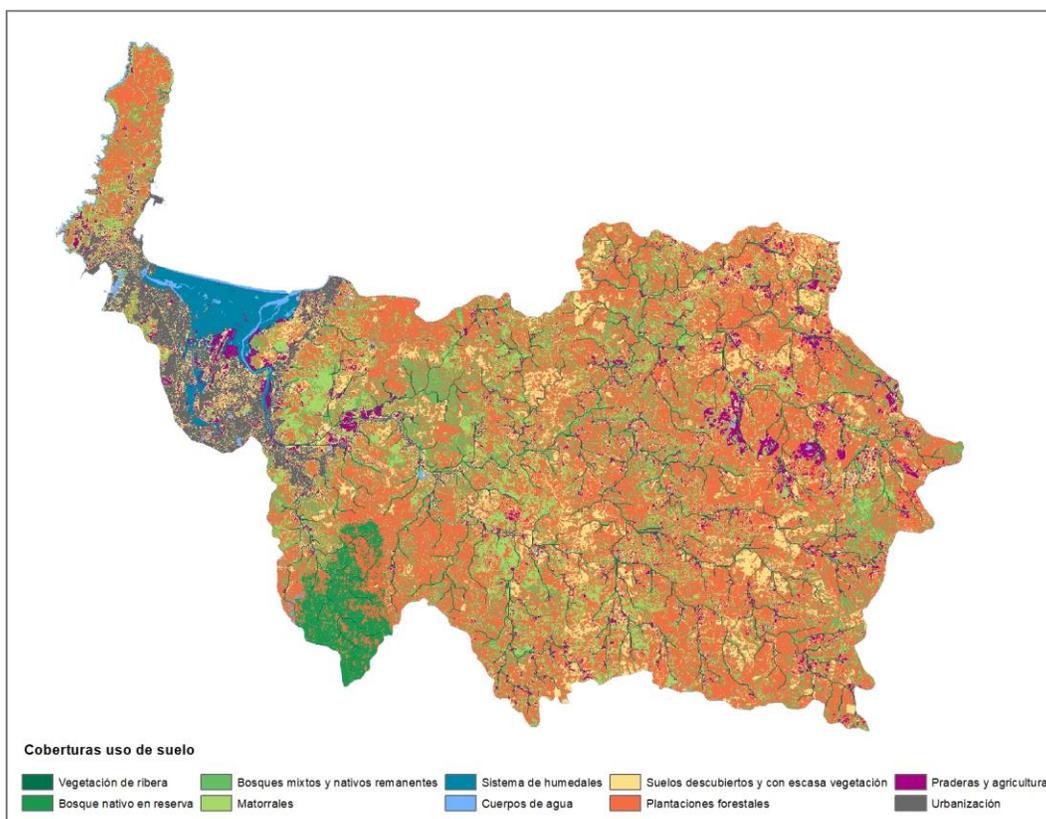
Fuente: Elaboración propia

b) Índice de Conectividad Ecológica

Se utiliza la metodología de Rojas et al., (2017) para el cálculo de un índice de conectividad ecológica del paisaje en sistemas de información geográfica. En este caso el paisaje puede entenderse como un mosaico de elementos geográficos que se ajustan a una dinámica compleja, en este caso de las ciudades de Talcahuano, Concepción, Penco y Hualpén. La conectividad ecológica es una medida general que representa la funcionalidad ecológica del paisaje, mediante la facilitación de desplazamiento de especies entre las coberturas del suelo o hábitats. En terminos de resultados se mide y representa el costo de desplazamiento o el impedimento que ejerce el paisaje para el movimiento de organismos de los hábitats en este caso de vegetación, como consecuencia de su fragmentación, y como este va obstaculizando dicho movimiento, por las características del paisaje en general.

El paisaje entonces estaría representado por las coberturas de usos de suelo, identificadas en el objetivo N°3, la cual reconoce 10 clases (Figura 117).

Figura 117. Coberturas del suelo, paisaje subcuencas



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente calculamos el índice de conectividad, el cual se define por la siguiente ecuación:

$$ICE = \sum_{i=1}^n CD_i$$

Donde el ICE ,se define por una función de costo de distancias entre los parches de las coberturas de usos de suelo, por tanto se seleccionan todas las coberturas del paisaje de las subcuencas, debido a que requieren mantener y/o mejorar su conectividad para el mantenimiento del Sistema Humedal. Estas son: bosque nativo en reserva, matorrales, pradera y agricultura, humedal, vegetación de ribera, bosques mixtos y nativos remanentes, cuerpos de agua, suelos descubiertos y con escasa vegetación, plantaciones forestales y suelo urbano.

El costo de desplazamiento de las 10 coberturas naturales de suelo de las subcuencas se obtiene por una matriz de fricción o impedancias para cada una de estas. La matriz de fricción es un insumo para la función *Cost Distance (CD)* o costo de distancia, que permite medir la distancia o distancia ponderada más corta en una superficie ráster, es decir desde cada celda. La matriz de fricción se construye a partir de dos matrices: una de afinidad y otra de impedancia.

La matriz de afinidad corresponde a la proporción de especies de un hábitat que pueden vivir en el otro o similitudes que puede presentar dicho hábitat. En específico la afinidad tomará valores de nula afinidad (0,001) baja (0,01 a 0,1) regular (0,25 a 0,5) y alta (1) utilizando para ellos el catastro de especies de este estudio.

Tabla 61. Matriz de Afinidad

N°	Cobertura	AFINIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bosque nativo en reserva	<b>1</b>	<b>1</b>	0,5	0,001	0,25	0,001	0,25	0,25	0,1	0,001	0,5
2	Bosques mixtos y nativos remanentes	<b>2</b>	0,5	<b>1</b>	0,1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,1	0,1	0,25
3	Cuerpos de agua	<b>3</b>	0,001	0,1	<b>1</b>	0,1	0,1	0,1	0,5	0,001	0,001	0,5
4	Matorrales	<b>4</b>	0,25	0,5	0,1	<b>1</b>	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25
5	Plantaciones forestales	<b>5</b>	0,001	0,5	0,1	0,5	<b>1</b>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
6	Praderas y agricultura	<b>6</b>	0,25	0,25	0,1	0,5	0,25	<b>1</b>	0,5	0,25	0,25	0,5
7	Sistema de Humedales	<b>7</b>	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	<b>1</b>	0,25	0,25	0,5
8	Suelos descubiertos y con escasa vegetación	<b>8</b>	0,1	0,1	0,001	0,25	0,25	0,25	0,25	<b>1</b>	0,1	0,25
9	Urbano	<b>9</b>	0,001	0,1	0,001	0,25	0,25	0,25	0,25	0,1	<b>1</b>	0,25
10	Vegetación de ribera	<b>10</b>	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir de la matriz de afinidad se obtuvo la matriz de impedancia o de resistencia del hábitat a los movimientos de los organismos por el paisaje, esta se representa como el inverso de la afinidad (Pino y Marull, 2012), es decir 1 dividido por la afinidad, por tanto los valores de impedancia serán: 1, 2, 4, 10, 100 y 1000.

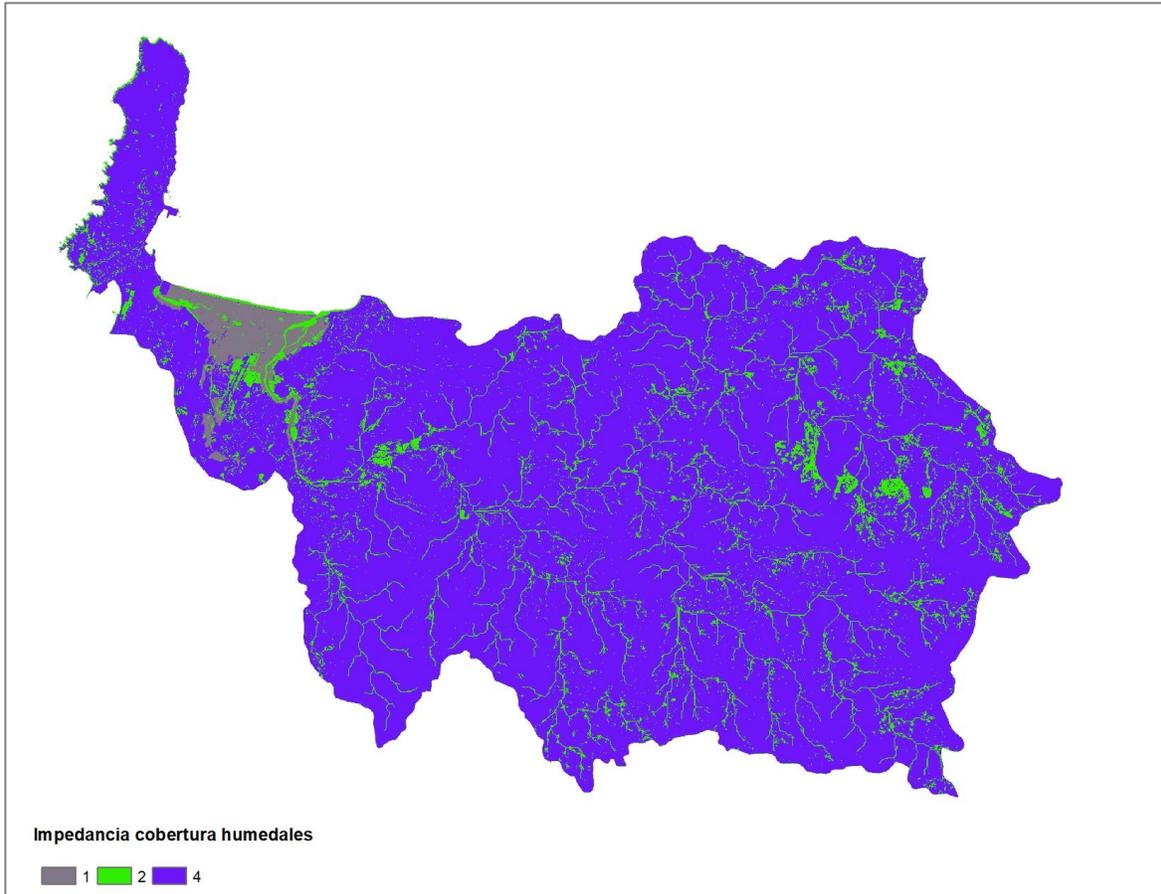
Tabla 62. Matriz de Impedancias

N°	Cobertura	IMPEDANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bosque nativo en reserva	<b>1</b>	<b>1</b>	2	1000	4	1000	4	4	10	1000	2
2	Bosques mixtos y nativos remanentes	<b>2</b>	2	<b>1</b>	10	2	2	4	4	10	10	4
3	Cuerpos de agua	<b>3</b>	1000	10	<b>1</b>	10	10	10	2	1000	1000	2
4	Matorrales	<b>4</b>	4	2	10	<b>1</b>	2	2	4	4	4	4
5	Plantaciones forestales	<b>5</b>	1000	2	10	2	<b>1</b>	4	4	4	4	4
6	Praderas y agricultura	<b>6</b>	4	4	10	2	4	<b>1</b>	2	4	4	2
7	Sistema de Humedales	<b>7</b>	4	4	2	4	4	2	<b>1</b>	4	4	2
8	Suelos descubiertos y con escasa vegetación	<b>8</b>	10	10	1000	4	4	4	4	<b>1</b>	10	4
9	Urbano	<b>9</b>	1000	10	1000	4	4	4	4	10	<b>1</b>	4
10	Vegetación de ribera	<b>10</b>	2	4	2	4	4	2	2	4	4	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

La matriz de impedancia que representa la fricción al movimiento y puede espacializarse para cada una de las coberturas, por ejemplo la matriz de impedancia para los humedales presentes en las subcuencas se representa en la Figura 118 y se ve claramente como requieren de los cuerpos de agua y la vegetación de ribera para mantenerse y conectarse mejor con el paisaje.

Figura 118. Impedancias cobertura de humedales subcuencas

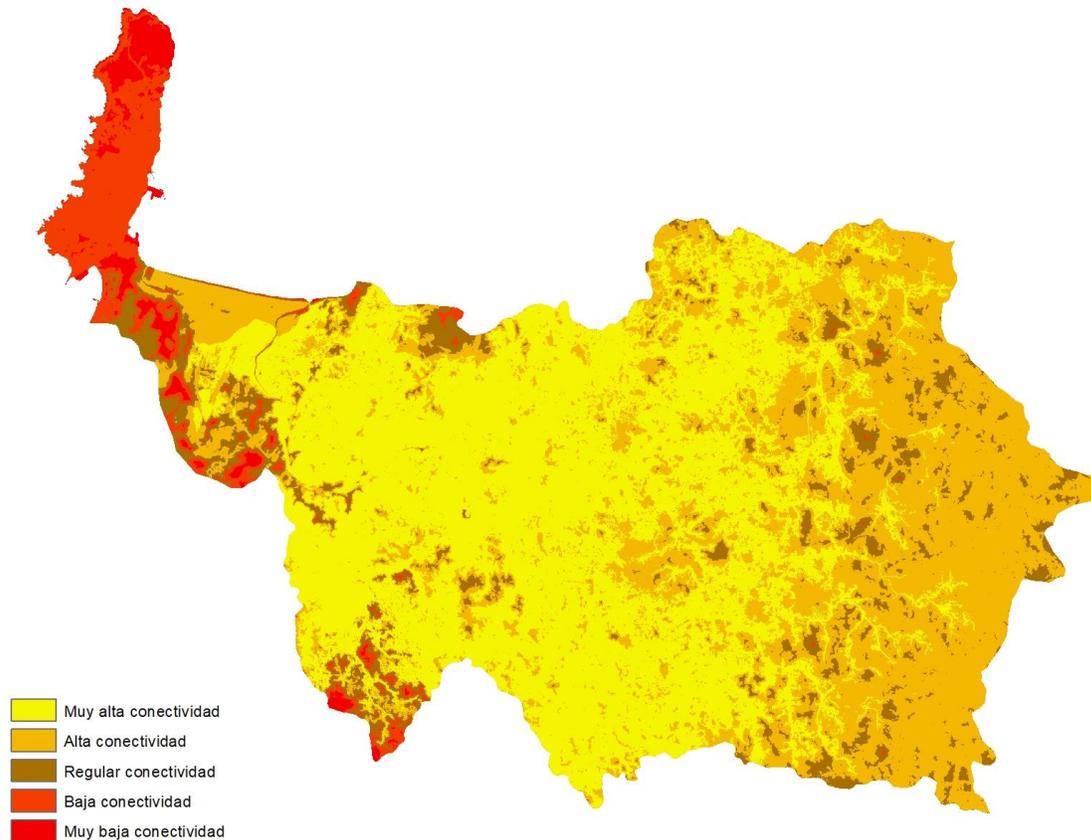


Fuente: *Elaboración propia*

En la conectividad, supondrá más impedancia las coberturas que ejerzan una mayor barrera para las especies de ese hábitat, por ejemplo las zonas urbanas e infraestructuras de transporte son barreras que producen fragmentación, afectan el tamaño y número de parches de paisajes naturales y seminaturales, sus formas y dimensiones, la conectividad entre parches y su aislamiento, entre otros, influyendo sobre numerosos procesos ecológicos (Forman, 1995).

Entonces, en la construcción de este mapa final, se introducen ambas matrices en la función *Cost Distance*, obteniendo mapas continuos de distancias o coste acumulado que representan la facilidad o dificultad para los organismos de moverse entre ecosistemas iguales pasando por ecosistemas diferentes, posteriormente se realiza una sumatoria de las conectividades de las coberturas naturales, en este mapa suponen una mayor fricción las coberturas que impiden el desplazamiento, es decir, son las que actúan como barreras que limitan el movimiento. Los valores de costo se reclasificaron en cinco clases cualitativas de cambios en conectividad ecológica, desde "Muy Alta" a "Muy Baja" por el clasificador natural break (Figura 119).

Figura 119. Conectividad ecológica



Fuente: *Elaboración propia*

El paisaje entonces está altamente forestado, presentando estas áreas las mejores conectividades, por tanto las subcuencas tienen alta conectividad en un 48% de su territorio principalmente por la abundancia de plantaciones forestales. Luego las zonas de alta conectividad con un 37% del paisaje, incorporando zonas forestadas y matorrales y donde también se encuentra la marisma que dado el espacio disponible tiene posibilidad de conectarse con los cuerpos de agua. Sin duda las mayores presiones para la zona alta de las subcuencas son para los bosques mixtos y remanentes de nativos con conectividades regulares que representan el 7,5% del paisaje. Las peores condiciones del paisaje están con conectividades bajas con 4.535 hectáreas (5,15%) y muy bajas con 1.601 hectáreas (1,82%) se localizan en la zona baja de las subcuencas costeras y en la península de Tumbes, como ecosistemas destacan los bosque mixtos, bosque nativos y el Sistema de Humedales palustres como el Vasco de Gama.

Tabla 63. Distribución de áreas de conectividad

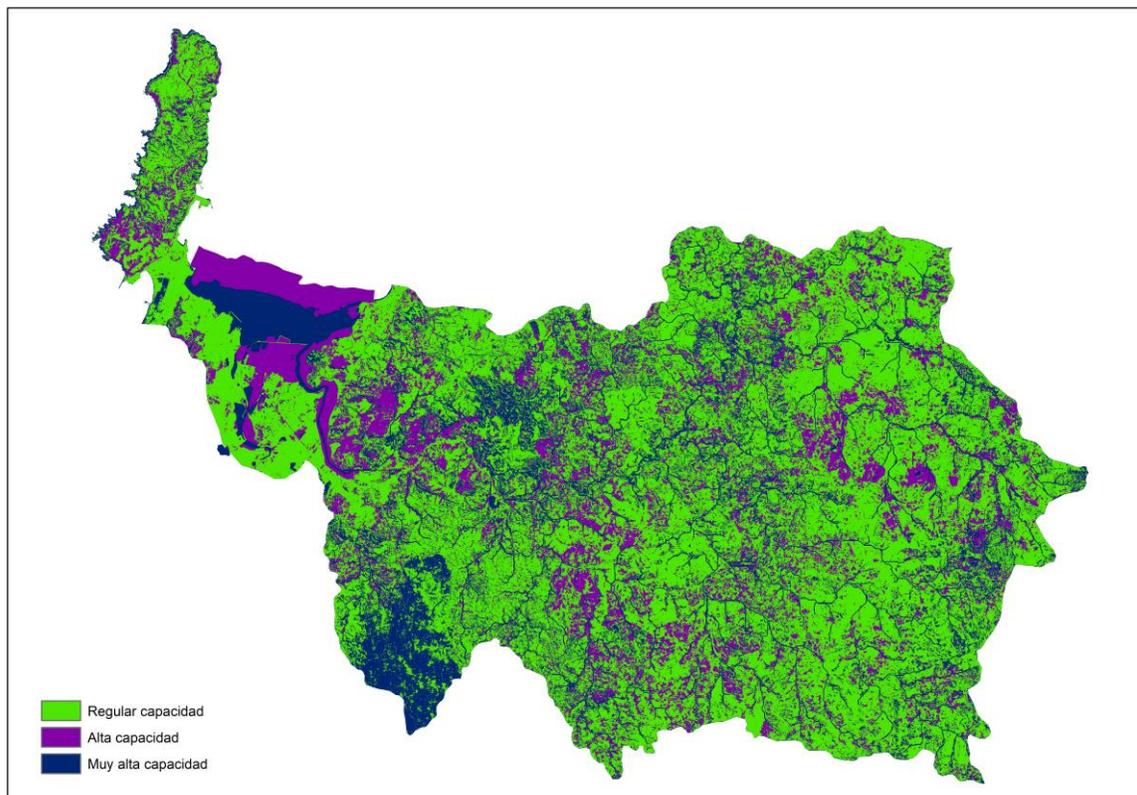
Rango de Conectividad	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Muy alta conectividad	42.335,21	48,09
Alta conectividad	32.880,98	37,35
Regular conectividad	6.674,29	7,58
Baja conectividad	4.535,74	5,15
Muy baja conectividad	1.601,82	1,82
<b>Total</b>	<b>88.028,04</b>	<b>100,00</b>

Fuente: *Elaboración propia*

c) Servicios Ecosistémicos

El criterio 3 vinculado a los Servicios Ecosistémicos se muestra en la Figura 120. Para su análisis se consideraron la capacidad de proveer servicios ecosistémicos del Sistema Humedal y de la subcuenca aportante, mejorados por un proceso de restauración, presentados en los aparados respectivos. Posteriormente, se incorporó la capacidad de aumento, mantención o disminución de los SSEE aplicado un proceso de restauración, dichos resultados provienen del Taller de participación N°2. El resultado final se expresa en 5 capacidades de proveer servicios ecosistémicos (muy baja, baja, regular, alta y muy alta). Las zonas con alta y muy alta capacidad, correspondieron al Sistema Humedal, vegetación de ribera, matorrales y bosque nativo.

Figura 120. Niveles de capacidad de Servicios Ecosistémicos a escala de subcuenca



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 64. Distribución de áreas de Servicios Ecosistémicos

Rango de Conectividad	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Muy alta capacidad	18.354,29	20,6
Alta capacidad	17.294,49	19,4
Regular capacidad	53.344,74	59,9
Baja capacidad	0,0	0
Muy baja capacidad	0,0	0
<b>Total</b>	<b>88.993,52</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4 Evaluación Multicriterio

El Sistema Humedal requiere restauración por el daño en el que se encuentra, el cual se ha abordado en los capítulos anteriores, principalmente por el avance de rellenos y movimientos de tierra. A su vez, es importante que las áreas a identificar apunten a un “*uso racional*”, es decir al mantenimiento de los beneficios/servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad y el bienestar humano a las futuras generaciones.

Se identifican 3 criterios los cuales permiten:

- Restaurar áreas degradadas para mejorar conectividad biológica.
- Restaurar áreas degradadas para proveer servicios ecosistémicos.
- Restaurar áreas degradadas para la biodiversidad.

Para ponderar los criterios se realizó una **Evaluación Multicriterio**, es decir un análisis geográfico para evaluar diversos criterios de solución a un determinado problema, en este caso 3 criterios para identificar las áreas de restauración para apoyar a la toma de decisiones en la elección de la solución más conveniente. Se deben dar pesos a los respectivos criterios, cuya totalidad debe sumar 1.

Se establecieron los siguientes pesos

**Criterio 1 - Percepción de los actores – 0,5:** De acuerdo al nivel de prioridad y de menciones según percepción, se jerarquizaron las unidades, estableciendo puntaje de a 1 a 5. Dónde los valores 5, son las unidades con más alta prioridad y 1 las áreas con baja prioridad, mediante un proceso de reclasificación en SIG.

Figura 121. Niveles de prioridad de necesidades de restauración de unidades según percepción de actores

<b>5 MUY ALTA PRIORIDAD</b>	Humedal Palustre	+
<b>4 ALTA PRIORIDAD</b>	Marisma, estuarios y canales	
<b>3 PRIORITARIO</b>	Áreas urbanizadas, dunas playas, llanura, suelos descubiertos	-
<b>2 REGULAR</b>	Cabecera cuenca, río Andalién, vegetación de ribera, quebradas	
<b>1 BAJA PRIORIDAD</b>	Áreas de concentración, plant. forestales, canales artificiales, matorrales, terrenos agrícolas, bosque mixto, bosque nativos	
<b>0 SIN PRIORIDAD</b>	Otras áreas	

Fuente: Elaboración propia

**Criterio 2 - Conectividad Ecológica – 0,25:** El mapa de conectividad anteriormente explicado que mide el nivel de conexión entre los distintos hábitats fue ponderado en la siguiente escala de valores, según un proceso de reclasificación en SIG, donde los valores más altos de conectividad, es decir donde hay mejores condiciones tendrán un valor 1 y la baja conectividad 5.

Figura 122. Priorización de necesidades de restauración según conectividad ecológica

1	MUY ALTA CONECTIVIDAD	+
2	ALTA CONECTIVIDAD	
3	ALTA CONECTIVIDAD	
4	CONECTIVIDAD REGULAR	
5	BAJA CONECTIVIDAD	-
0	SIN CONECTIVIDAD	

Fuente: Elaboración propia

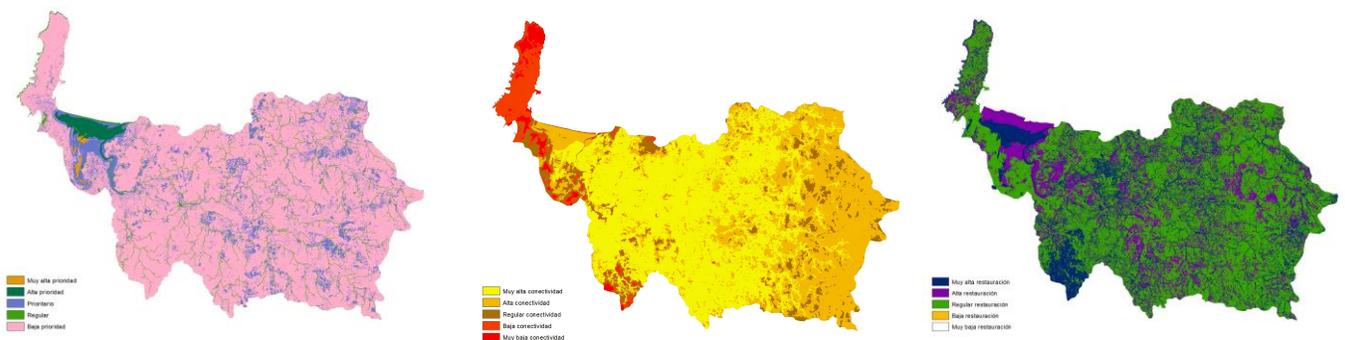
**Criterio 3 – Servicios Ecosistémicos -0,25:** El mapa se refiere a los beneficios directos e indirectos que las personas obtendrían a partir de servicios ecosistémicos que mejorarían su capacidad a partir de un proceso de restauración.

Figura 123. Priorización de necesidades de restauración según servicios ecosistémicos

5	MUY ALTA CAPACIDAD CON RESTAURACIÓN	+
4	ALTA CAPACIDAD CON RESTAURACIÓN	
3	CAPACIDAD REGULAR	
2	BAJA CAPACIDAD	-
1	MUY BAJA CAPACIDAD	
0	SIN CAPACIDAD	

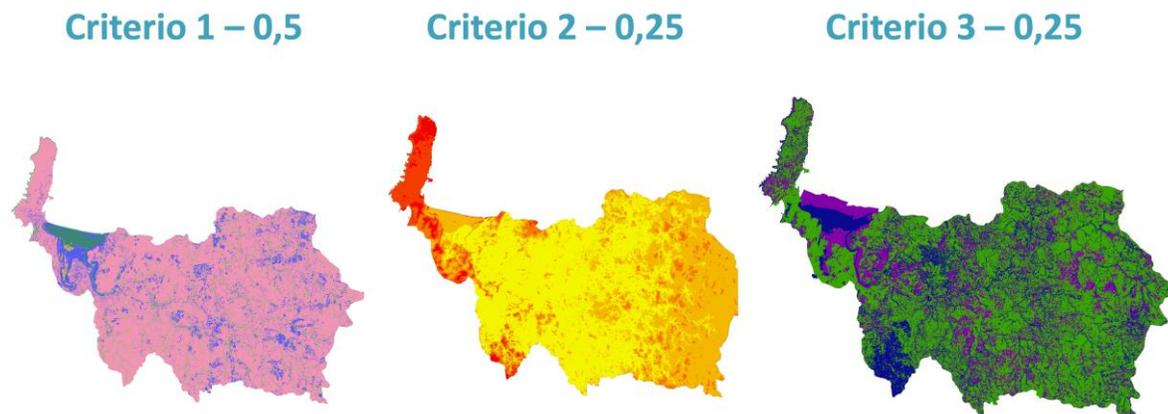
Fuente: Elaboración propia

Figura 124. Espacialización de los criterios 1,2 y 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 125. Ponderación de criterios para establecer áreas de restauración



Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los criterios está normalizado en una escala de 1 a 5 por tanto para evaluarlos en conjunto se requiere un proceso de álgebra de mapas o análisis espacial a través de un álgebra básica, donde se usan como insumos las escalas de los distintos criterios y su distribución espacial .

Figura 126. Integración de criterios para establecer áreas de restauración

$$AR = (\text{Criterio 1} * 0,5) + (\text{Criterio 2} * 0,25) + (\text{Criterio 3} * 0,25)$$



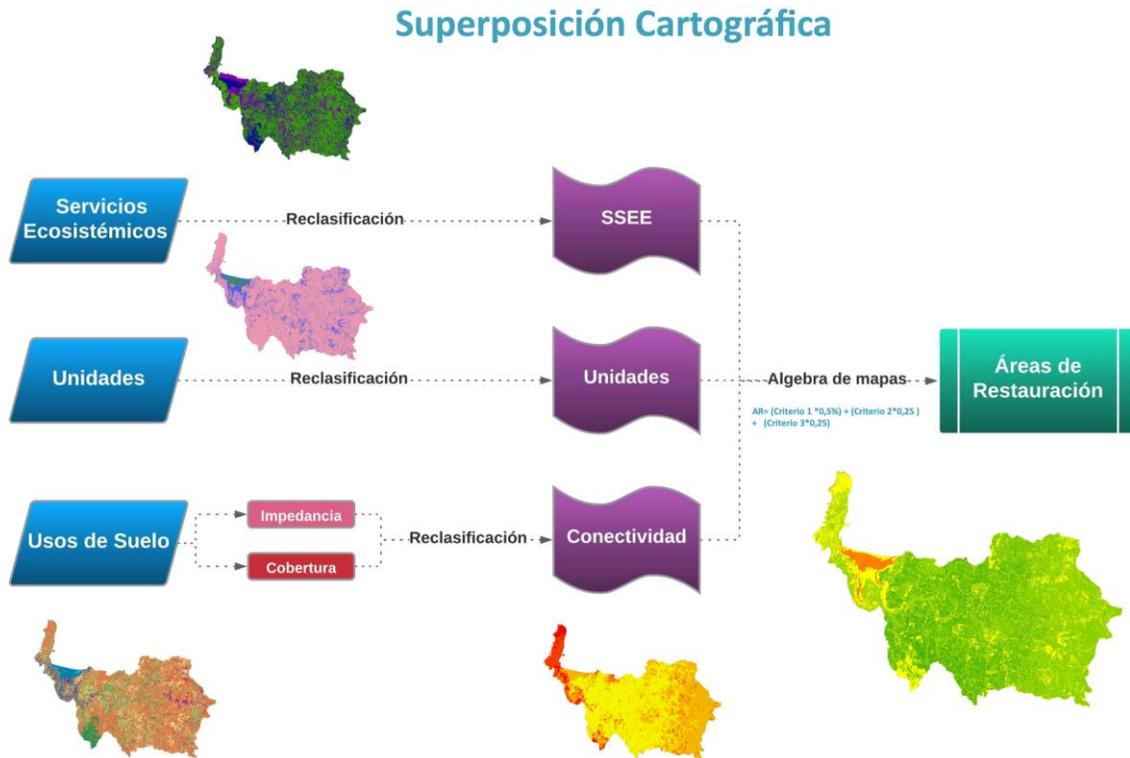
Fuente: Elaboración propia

Las áreas de restauración deben aumentar la conectividad estructural y funcional del paisaje, así como resguardar los servicios ecosistémicos para el bienestar de la población, junto con contar con un alto respaldo del Comité Técnico Local, es decir con este proceso se van a valorar con un pixel más alto o más prioritario aquellas con alta percepción de restauración por actores locales, baja conectividad de los ecosistemas y buena capacidad de brindar SSEE bajo un proceso de restauración.

La metodología aplicada se resume en el siguiente cuadro de flujo, donde se ingresan los mapas criterios, es decir, servicios ecosistémicos, unidades priorizadas por parte del Comité Técnico Local y conectividad ecológica,

estos mapas se reclasifican en escalas de 1 a 5, se ponderan según la evaluación multicriterio y se calcula el álgebra de mapas de acuerdo a una sumatoria de los pixeles ponderados .

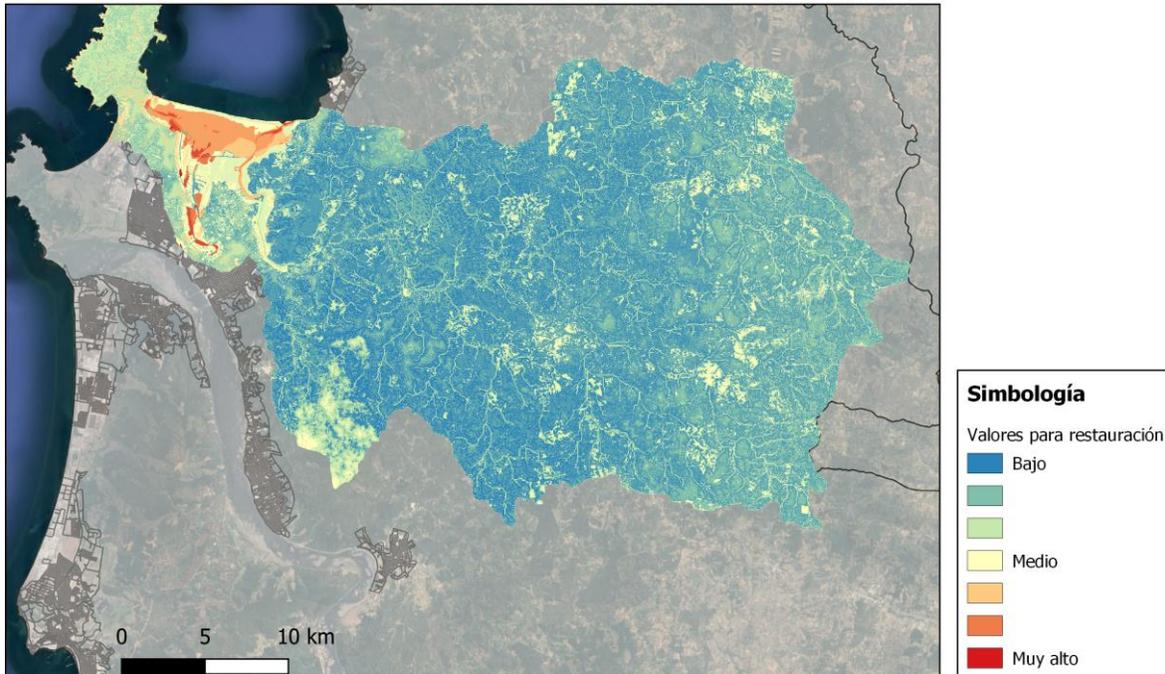
Figura 127. Proceso de superposición de capas de información geográfica con priorización de unidades del paisaje, conectividad y servicios ecosistémicos para la identificación de áreas de restauración



Fuente: Elaboración propia

El resultado de la evaluación multicriterio es una priorización a nivel de subcuenca que integra el grado de detalle de la escala de humedal. Así, toda el área cubierta por la extensión de las subcuencas analizadas adquirió un valor entre 0 y 5. En esta escala, un 73% alcanzó un valor igual o menor a 2, un 23% un valor entre 2 y 3, y un 4% un valor superior a 3. La totalidad del Sistema de Humedal delimitado tiene valores sobre 3.

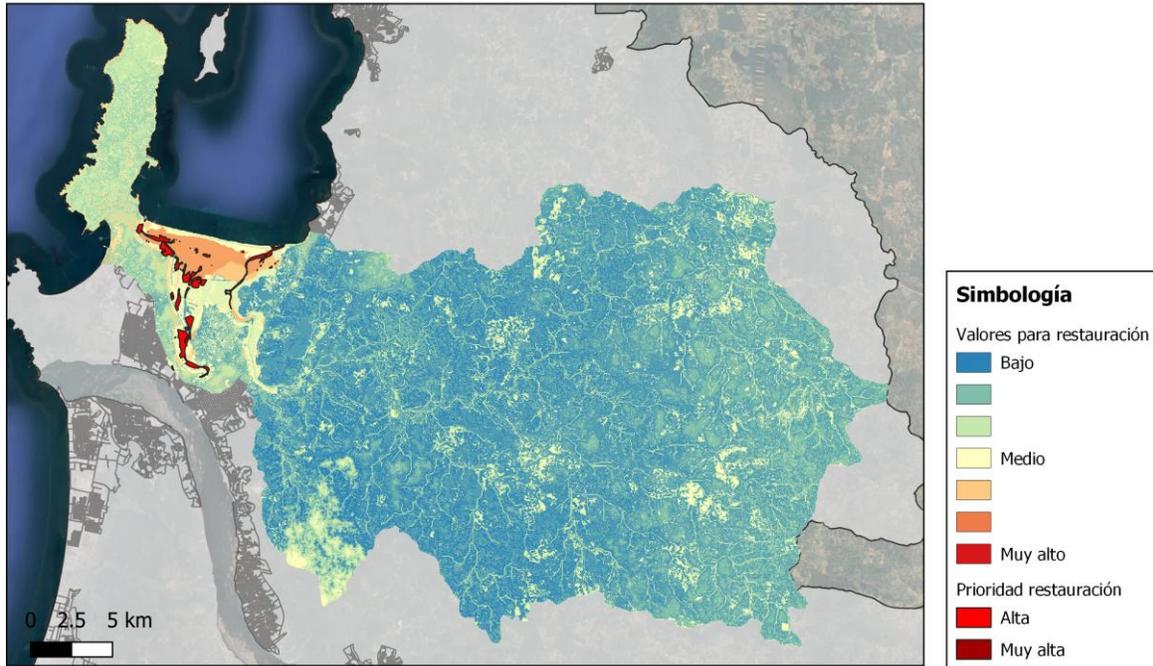
Figura 128. Valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas) resultantes de la evaluación multicriterio



Fuente: *Elaboración propia*

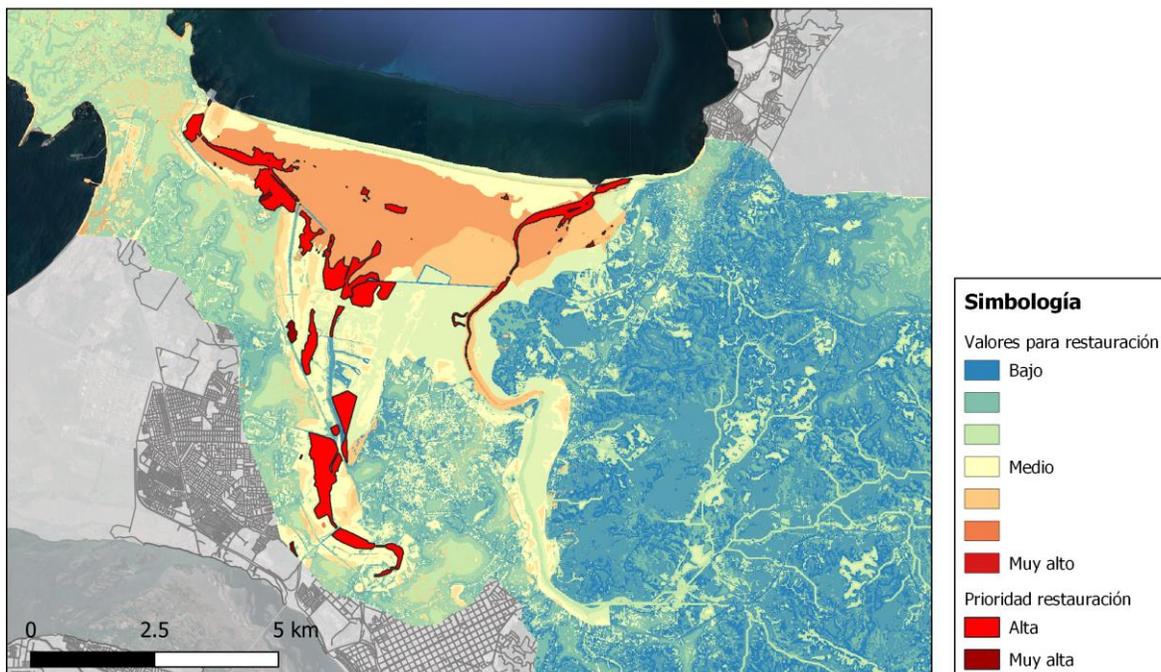
Se seleccionó el umbral superior al 1% como áreas a restaurar, que en la escala de 0 a 5 es representado por las áreas que obtuvieron un valor superior a 3,75. Estas áreas fueron identificadas como de alta y muy alta prioridad de restauración a nivel de subcuenca y cubren una superficie total de 418 hectáreas. Todas estas áreas se localizaron en el Sistema Humedal y su entorno inmediato.

Figura 129. Identificación de áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas)



Fuente: Elaboración propia

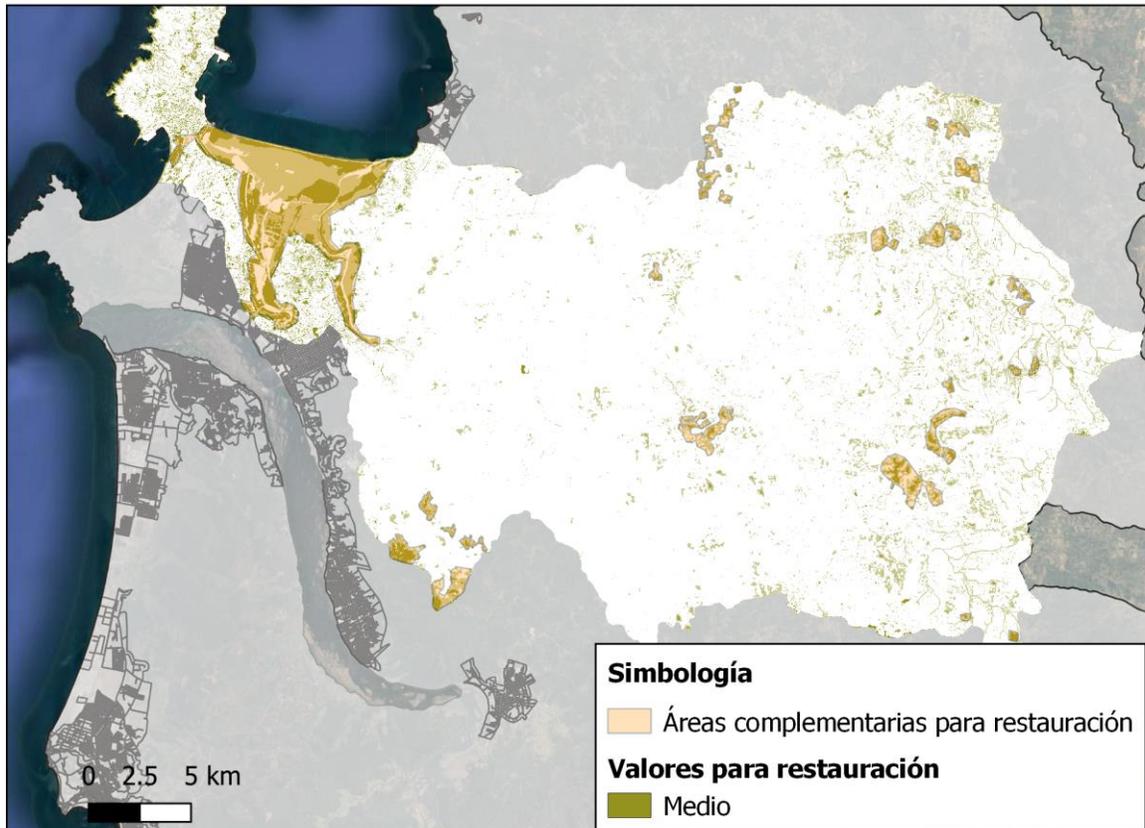
Figura 130. Detalle en el Sistema Humedal de la identificación de áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas)



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar e insistir que el resultado de la evaluación multicriterio prioriza el desarrollo de la restauración en el Sistema Humedal y en sus alrededores. En caso de que se usará, como criterio sistemático, un valor medio de restauración para forzar una identificación de otras zonas de la cuenca, el resultado implicaría delimitar como área a restaurar todo el Sistema Humedal y una amplia superficie de sus alrededores. A continuación, se presenta esta información, con fines informativos y complementarios, o bien para otros usos que la contraparte quiera darle, estas totalizarían 6.053 hectáreas.

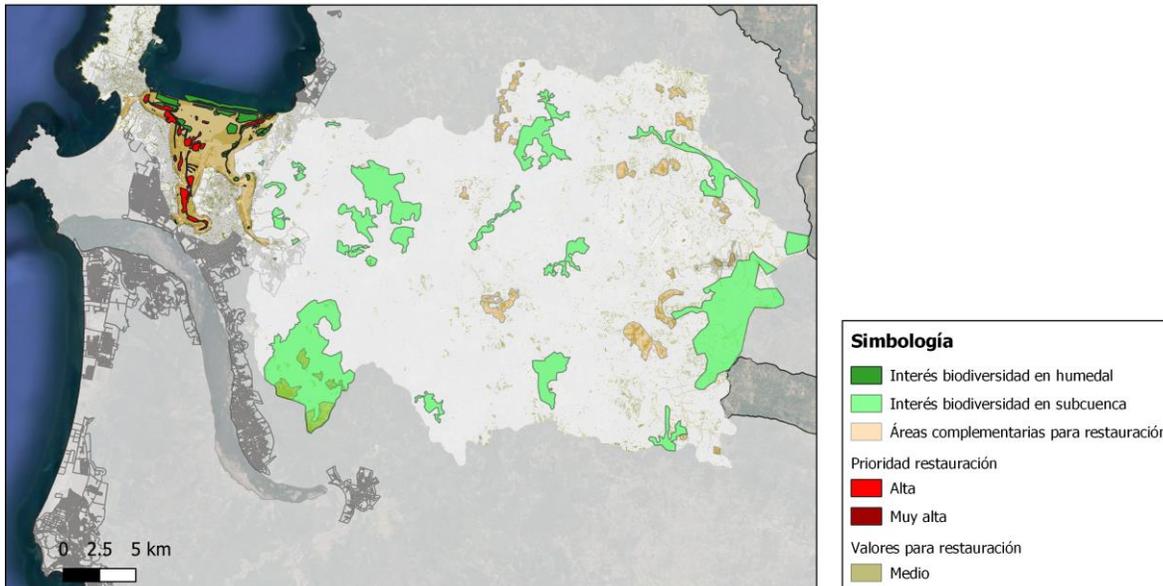
Figura 131. Escenario de incorporación de más áreas para la restauración a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración medios para toda el área de estudio (nivel subcuencas)



Fuente: Elaboración propia

Estas áreas complementarias se unen a la identificación presentada anteriormente de áreas de interés o relevancia para la biodiversidad que cubre zonas en el Sistema Humedal y también en la subcuenca como la Reserva Nonguén, siendo más amplios en esta última (Figura 131).

Figura 132. Integración de áreas de interés para biodiversidad a nivel del Sistema Humedal y subcuencas, áreas complementarias para la restauración y áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas)

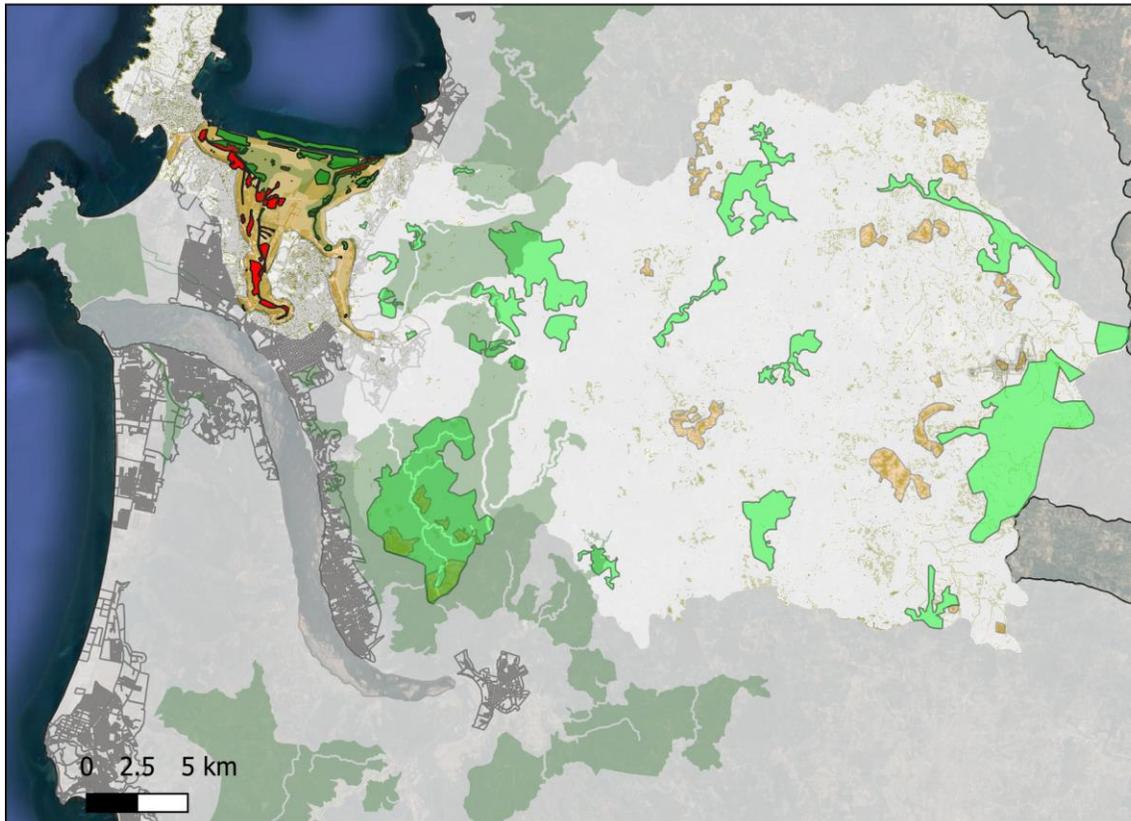


Fuente: Elaboración propia

La reserva Nonguén en la parte alta de la subcuenca con una extensa red de drenaje, destaca como una de las áreas de mayor relevancia para la biodiversidad por el remanente de bosque caducifolio del género *nothofagus*, y el bosque de roble esclerófilo y valdiviano, aunque al contrario del Sistema Humedal, sus alteraciones y estado de conservación dependerán de procesos que surgan en la parte alta de la cuenca, como degradación de rocas, deslizamientos y remociones y/o plantaciones forestales no certificadas y mal tratadas que favorezcan la erosión. Actualmente existen acciones de participación y educativas por la “Asociación de Municipios para la reservación de la Biodiversidad en el territorio Nonguén y otros ecosistemas” ([www.territoriononguen.cl](http://www.territoriononguen.cl)), conformado por las municipalidades de Chiguayante, Concepción y Hualqui, iniciativas perfectamente complementarias con las propuesta de restauración del Sistema Humedal, situadas principalmente en la parte baja de la subcuencas.

Finalmente, a esta propuesta se puede completar con la propuesta de anillo verde para el Área Metropolitana de Concepción, realizada por Ivonne Rueda (2020) en su tesis de magíster, lo que completa un continuo de ecosistemas en cercanías del Sistema Humedal, favoreciendo la planificación ecológica que básicamente es a lo que debe apuntar el área metropolitana de Concepción.

Figura 133. Integración de áreas de interés para biodiversidad a nivel del Sistema Humedal y subcuencas, áreas complementarias para la restauración, áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas) y propuesta de anillo verde para el Área Metropolitana de Concepción



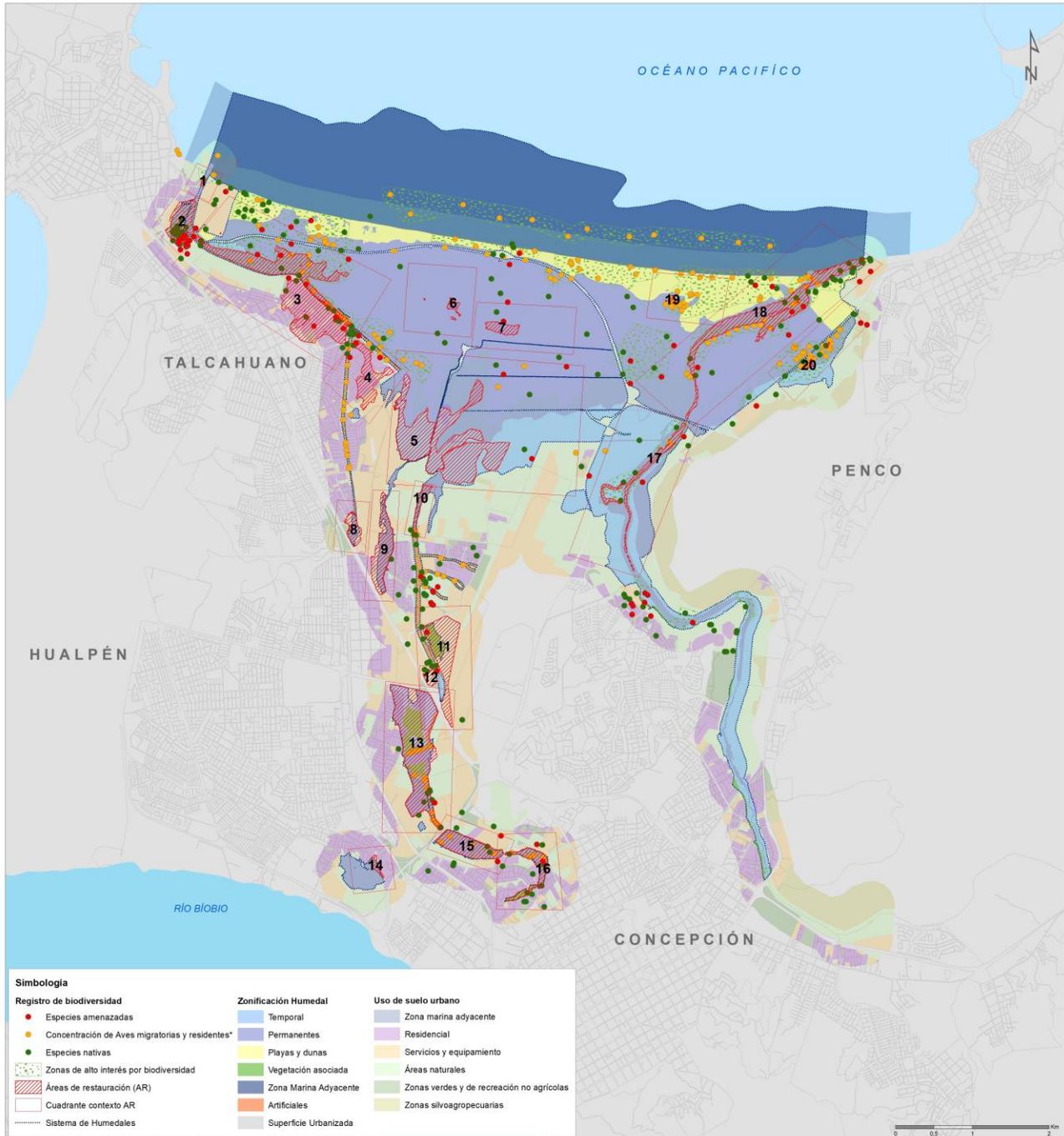
Fuente: *Elaboración propia*

Simbología	
	Interés biodiversidad en humedal
	Interés biodiversidad en subcuenca
	Áreas complementarias para restauración
Prioridad restauración	
	Alta
	Muy alta
Valores para restauración	
	Medio
	Propuesta Anillo Verde AMC

Habiendo presentado estos elementos complementarios, se continúa con la descripción del proceso realizado sobre las áreas con prioridad de restauración alta y muy alta del Sistema Humedal y sus subcuencas aportantes. Tras identificar los polígonos de estas áreas, se les asignó un código y un nombre, para su discusión en el Taller N°5. Adicionalmente, se consideró un cuadrante de entorno a cada uno de los polígonos, dado que el polígono se encuentra en un contexto y está asociado con elementos que están fuera del polígono determinado con la evaluación multicriterio. Para la definición de estos cuadrantes se consideró información de usos y coberturas del suelo, registros de especies amenazadas, puntos de concentración de aves migratorias, y las zonas de alto interés para la biodiversidad, así como la tipologías y delimitación del humedal del objetivo 2.

Como resultado de esta etapa se definieron 20 polígonos a restaurar con sus cuadrantes correspondientes.

Figura 134. 20 áreas de restauración iniciales identificadas tras la evaluación multicriterio, incluyendo un cuadrante de entorno para cada una de ellas e información contextual (registros de biodiversidad, zonificación del humedal y usos de suelo)



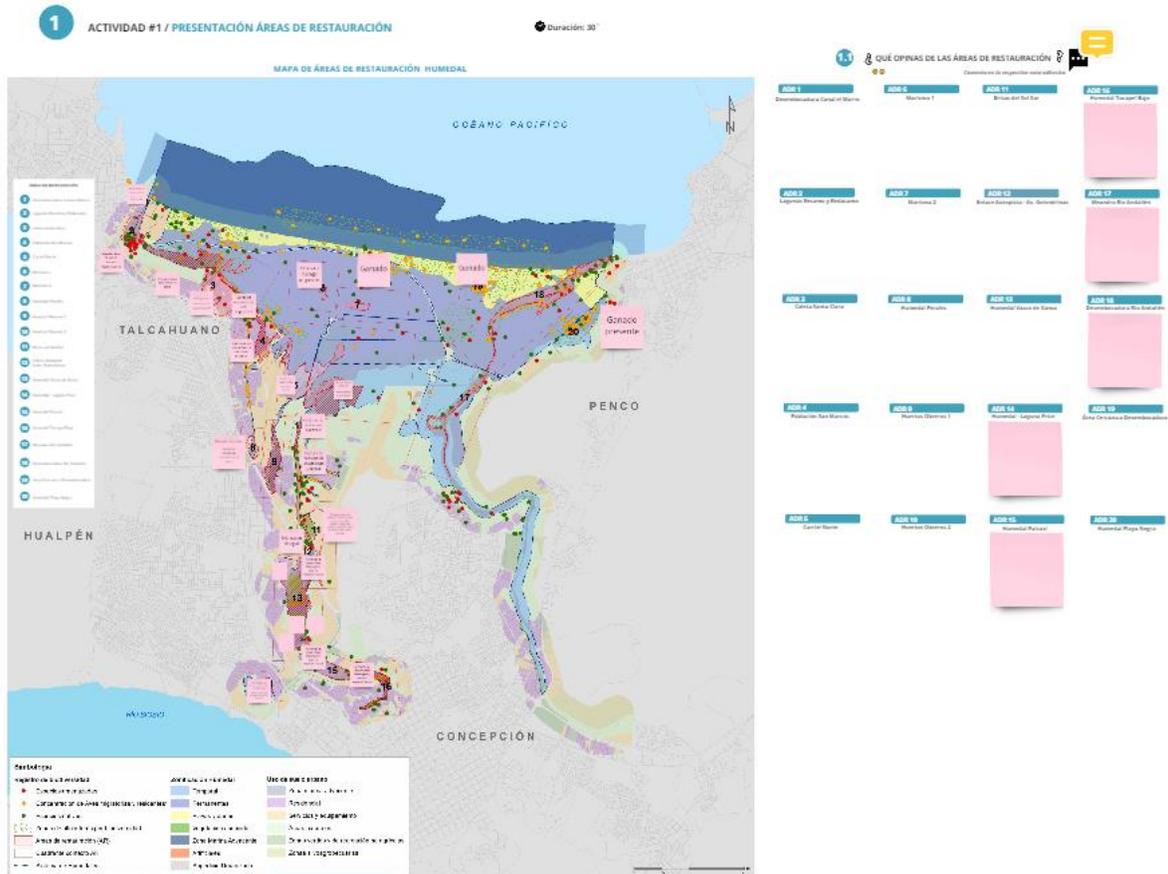
Fuente: Elaboración propia

## 6.5 Validación áreas de restauración en un proceso participativo

La validación de las áreas a restaurar, se realizó en un taller participativo junto al Comité Técnico Local, el día 05 de abril de 2021, entre las 10:00-13:00, este taller tuvo por objetivo, “Revisar áreas prioritarias para la restauración en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco da Gama, Paicaví-Tucapel Bajo” y “Priorizar áreas a restaurar para el Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco da Gama, Paicaví-Tucapel Bajo”. Para el cumplimiento de los objetivos se desarrolló una metodología participativa de trabajo en grupos en plataforma Zoom, dividiendo al CTL en 5 grupos de 9-10 integrantes más el moderador por cada sala.

En cada sala se trabajó la presentación de áreas a restaurar (Figura 135), en la plataforma digital Miro, se observaron las Áreas de Restauración, y por medio de notas adhesivas se anotaron las observaciones presentadas por los participantes. Esta información posteriormente fue sistematizada y luego analizada por el equipo, lo que derivó en la modificación a algunas áreas de restauración.

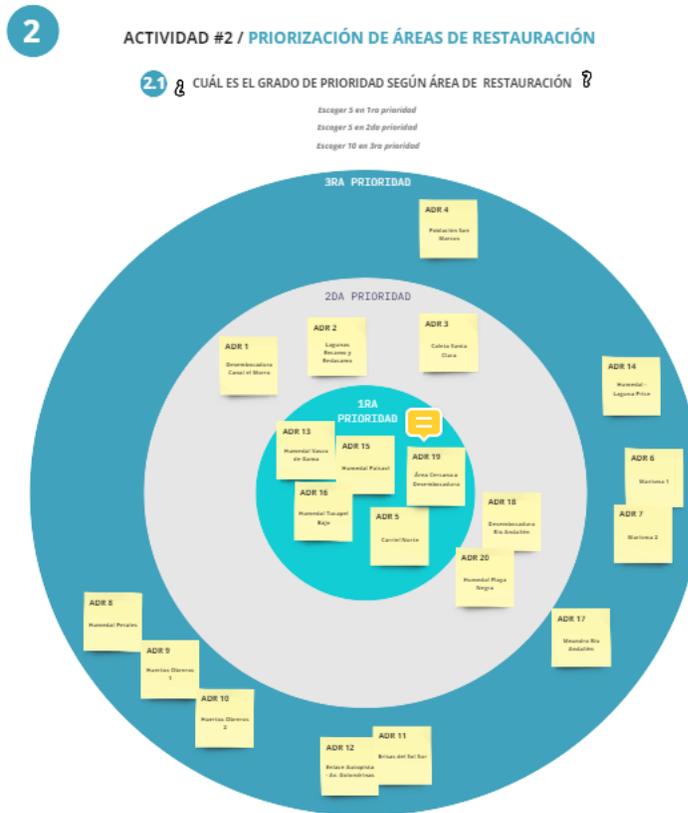
Figura 135. Actividad N° 1, Taller N° 5, 05 de abril 2021



Fuente: Elaboración propia

La segunda parte del taller, tuvo por objetivo priorizar las áreas de restauración, se solicitó a los participantes asignar 5 áreas en primera prioridad, 5 áreas en segunda prioridad y 10 en áreas en tercera prioridad. Después de esto se realizó un conteo de las menciones de las áreas por prioridad, lo que nos llevó a obtener las priorizaciones de las áreas. Estos resultados se pueden ver la Tabla N°65, y en las fichas de restauración.

Figura 136. Actividad N°2, Taller N°5, 05 de abril 2021



Fuente: Elaboración propia

## 6.6 Áreas de restauración Sistema Humedal y subcuencas

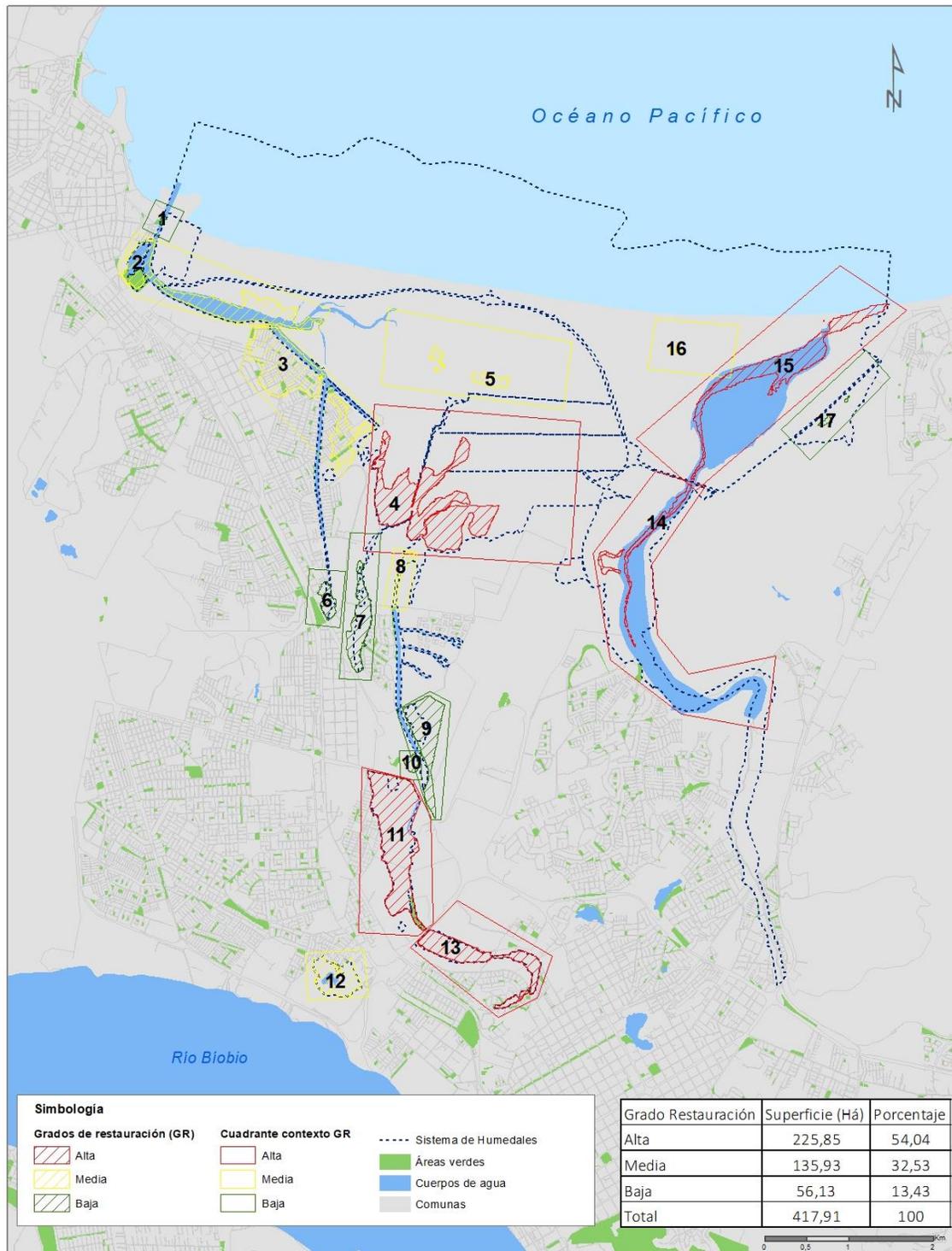
Las áreas de restauración priorizadas, cuentan cada una con su ficha respectiva, la cual contiene información respecto del área, prioridad, coberturas de suelo presentes, servicios ecosistémicos, zonificación de los instrumentos de planificación territorial, amenazas actuales, junto al mapa específico del polígono a restaurar, las acciones de restauración recomendadas por el equipo de investigación y los actores claves involucrados en el proceso. En la presente tabla N°65, se resume las 17 áreas finales, con su prioridad, las fichas en detalle se pueden consultar en el anexo N°2.

Tabla 65. Áreas de restauración

Ficha N°	Nombre	Prioridad
1	Desembocadura Canal El Morro	Baja
2	Caleta Isla Rocuant, sector Santa Clara	Media
3	Población Salinas-San Marcos	Media
4	Carriel Norte	Alta
5	Marisma	Media
6	Humedal Perales	Baja
7	Huertos Obreros 1	Baja
8	Huertos Obreros 2	Media
9	Brisas del Sol Sur	Baja
10	Enlace Autopista – Avda. Golondrinas	Baja
11	Humedal Vasco de Gama o San Andrés / Chimalfe	Alta
12	Humedal – Laguna Price	Media
13	Humedal Paicaví-Tucapel Bajo	Alta
14	Meandro y Río Andalién	Alta
15	Desembocadura Río Andalién	Alta
16	Sector cercano a desembocadura	Media
17	Humedal Playa Negra	Baja

Fuente: *Elaboración propia*

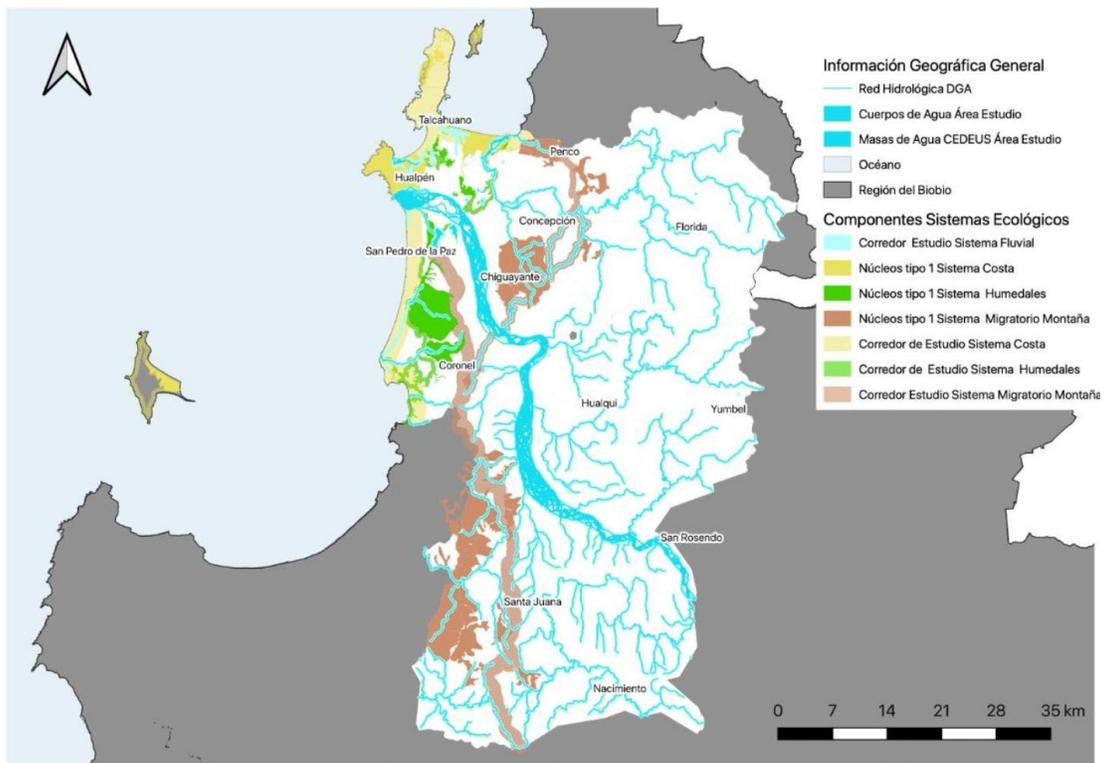
Figura 137. 20 áreas de restauración según grado de priorización, incluyendo un cuadrante de entorno para cada una de ellas



Fuente: Elaboración propia

Las áreas prioritarias a restaurar son zonas potenciales a intervenir con infraestructura verde (IV) con diseño sensible al agua, utilizando criterios de IV de acuerdo a las condiciones de inversión en ciudades latinoamericanas, junto a la combinación de criterios que apunten a generar estrategias y recomendaciones para infraestructuras que ayudan en la adaptación al cambio climático y la resiliencia. En este sentido, las áreas propuestas son completamente compatibles para integrarse en la propuesta de red de infraestructura verde de 7 comunas de Concepción, desde un enfoque de cuencas (AMRBB, 2021). De hecho el proyecto de la Asociación de Municipios, implica el diseño de una propuesta de cuatro sistemas ecológicos, incluyendo el sistema fluvial, costa, migración de fauna, humedales pie de monte más el sistema productivo agroecológico (AMRBB, 2021), para así ir incorporando la planificación ecológica como herramienta de ordenación y gestión ambiental del territorio. La siguiente figura (Figura N°138) muestra la red de infraestructura verde basada en núcleos, donde el Sistema Humedal queda ubicado principalmente en el núcleo “sistema fluvial” por el Río Andalién, “costa” por el humedal Rocuant-Andalién y “humedales Pie de Monte” o humedales palustres, proponiendo un corredor entre los humedales Rocuant, Vasco de Gama y Paicaví, aunque la propuesta asume que su consolidación depende de proyectos de investigación como el aquí realizado para el sistema de humedales y de inversiones que aún no están cuantificadas para impulsar la sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

Figura 138. Red de Infraestructura Verde proyecto Asociación de Municipios Región del BíoBío



Fuente: AMRBB, 2021

Por supuesto, las inversiones en IV localizadas en las áreas de restauración tienen que ser factibles mediante intervención con proyectos con drenaje urbano sustentable y arquitectura de paisaje, sobre todo en los bordes de transición hacia áreas urbanas consolidadas. En este sentido Patagua, junto a Fundación Legado y CEDEUS acaban de publicar una *Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la macro zona sur de Chile* (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021), que permitan favorecer la conservación y también el valor recreacional y sociocultural detectado en el estudio para brindar a las personas la posibilidad de recorrer, visitar o tomar fotografías u hacer actividades espirituales en un Sistema Humedal inserto en un entorno muy urbanizado.

## 6.7 Actores relevantes para las áreas de restauración

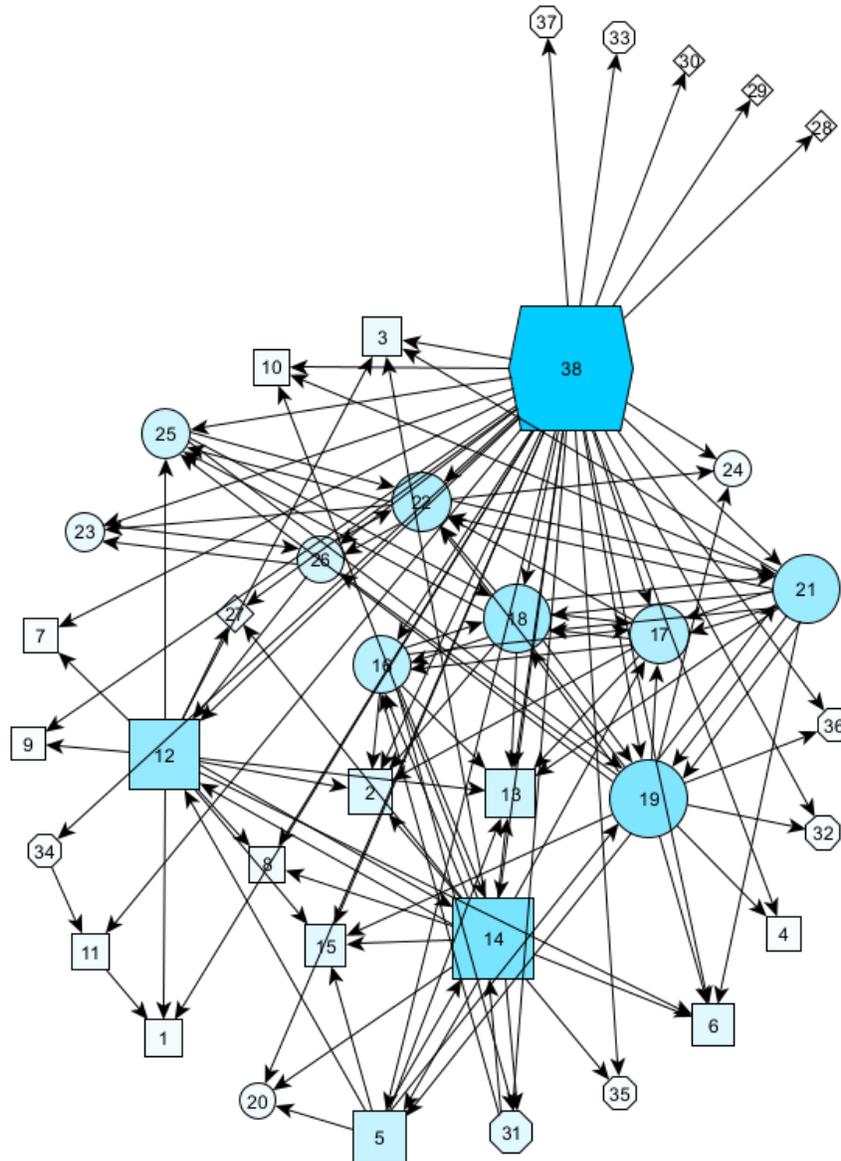
El reconocimiento de los actores relevantes se realizó por medio del relleno de una matriz (ver anexo), se solicitó al Comité Técnico Local completar los datos necesarios, con el objetivo de identificar los vínculos entre los actores pertenecientes al CTL, para la gestión del Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo. Las respuestas recepcionadas (8) se completaron en la matriz de vínculos (ver anexo N°3 de participación ciudadana), además durante la ejecución de los talleres se identificaron relaciones que también se incluyeron. El resultado, se graficó por medio de un sociograma circular, Figura 139, elaborado en software el yEd Graph Editor. Se identificó a los actores del sector público con un cuadrado, a los actores del sector sociedad civil con círculos, a los representantes de la academia con un diamante, a los representantes del sector privado, con un octágono y la SEREMI de Medio Ambiente con el proyecto GEF de humedales costeros, un hexágono. El tamaño de las figuras representan la cantidad de vínculos reconocidos, a mayor tamaño, más vínculos. De igual manera, la intensidad de los colores representa la cantidad de relaciones, mientras los actores representados en colores más cercanos al color, representa menor vínculo asociado a otros integrantes y al Sistema humedal.

Se reconoce la participación y vinculación activa de los municipio de Concepción (12) y Penco (14) con otros organismos del sector público, quedando en el interior del sociograma, mientras que las organizaciones de la sociedad civil, se vinculan entre ellas con mayor fuerza, de esta manera se vinculan con instituciones del sector público y también con algunos privados, estos vínculos, los posiciona en el centro de la representación. En tanto, el sector privado, se posiciona en los bordes del círculo, obteniendo representaciones pequeñas y de color blanco, a excepción de Forestal Arauco, que toma un leve color celeste, lo que indica mayor vinculación con otros organismos. Fuera de la circunferencia principal quedan 3 de los 4 representantes de la academia y 2 representantes del sector privado. La ausencia de estos actores dentro del sociograma, representa la falta de vinculación de estas con otros organismos.

En un estudio realizado por Navarro (2017), se evaluaron oportunidades y desafíos para la protección de humedales del AMC, visto desde la gobernanza urbana. Se concluyó que, si bien, los instrumentos de planificación territorial definen restricciones al uso suelo sobre los humedales, son los propietarios quienes explotan el potencial económico de estos terrenos; dejando de lado los intereses de protección y conservación. Esta soberanía se vincula con asociaciones público-privadas que restringen el desarrollo urbano a instancias privilegiadas que poseen estos actores. Por otra parte, las oportunidades de participación ciudadana para la sociedad civil, no son vinculante, lo que los excluye de la toma de decisiones.

Respecto a la restauración, en las fichas, se indican los actores relevantes por área a restaurar, esto considerando su territorio de acción y las gestiones que realizan. Es necesario fortalecer y aumentar vínculos entre la sociedad civil y el sector privado, de manera que las acciones planteadas tengan respaldo comunitario y sea avalado por los propietarios de los terrenos, generando así, relaciones simbióticas mutualistas en los ecosistemas.

Figura 139. Sociograma de vínculos del Comité Técnico Local



Fuente: Elaboración propia

## VII. PARTICIPACIÓN COMITÉ TÉCNICO LOCAL

A la fecha se desarrollaron 5 instancias de participación más un curso de capacitación para delimitar humedales en el área metropolitana de Concepción (Tabla N°66). La primera actividad fueron los talleres socioculturales, realizados dentro de las actividades del equipo de CODEFF-Audubon, estos se realizaron los días:

19 de octubre 2020, de 10:00 a 13:00 horas para el Sector Organismos Públicos,  
20 de octubre 2020, de 10:00 a 13:00 horas para el Sector Organismos de la sociedad civil y/o academia, y  
22 de octubre 2020, de 10:00 a 13:00 horas para el Sector de Organismos privados.

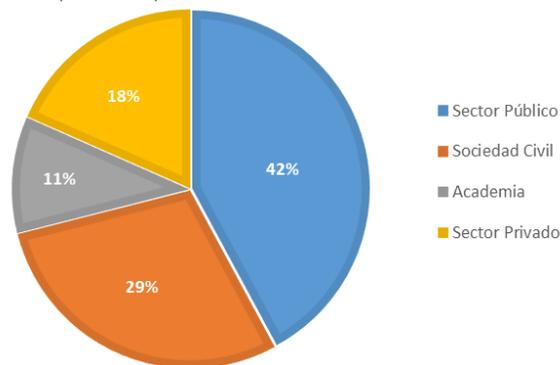
Posteriormente el Taller N°1 se presentó la primera propuesta de delimitación del Sistema Humedal, la cual recibió una serie de observaciones subsanadas en el informe N°2. El Taller N°2 sobre Identificación de Zonas de alto interés para la biodiversidad y servicios ecosistémicos, permitió obtener insumos para las áreas de biodiversidad y evaluar servicios en las distintas unidades reconocidas para el humedal. El Taller N°3 consistió en la presentación del mapa de delimitación del Sistema Humedal, actividad en la que se recogieron observaciones a la delimitación (Ver Anexo). También se realizaron actividades para recoger información sobre coberturas que favorecen al humedal a nivel de subcuenca, determinar áreas y acciones a priorizar. En el Taller N°4 y N°5, se adaptó la metodología ROAM y se validaron y perfeccionaron las área de restauración, por medio del metodología ROAM ajustada, para la identificación de áreas prioritarias para la restauración. Finalmente en el Taller N°5, se realizó una revisión de las áreas de restauración y se les asignó una prioridad. En cada taller se formaron distintos grupos de trabajo, de modo de generar que la comunicación fluyera de distintas formas.

Todas las actividades se han trabajado en estrecha coordinación con la Contraparte Técnica del Proyecto GEF Humedales Costeros. A su vez, a pesar de la situación de pandemia y de la imposibilidad de hacer los eventos presenciales, las tecnologías aplicadas han jugado un rol esencial, evaluándose de forma positiva. Se han utilizado las plataformas: Zoom, Excel, Google Maps, Google Forms, Mentimeter, Jamboard y Miro.

La Tabla 66 resume todas las actividades de participación ciudadana y de actores claves en el desarrollo de la propuesta, incluyendo la realización de las reuniones solicitadas en los Términos Técnicos de Referencia del proyecto. De acuerdo a la planificación se realizó un taller más de los planificados, se realizaron las reuniones de avance y coordinación con la Contraparte Técnica; además el equipo cuenta con los registros de video en caso de que la contraparte los requiriese.

Según los antecedentes entregados por la contraparte, la composición del CTL se estructura mayoritariamente por organismos del sector público y en menor medida por representantes de la academia. (Figura 140)

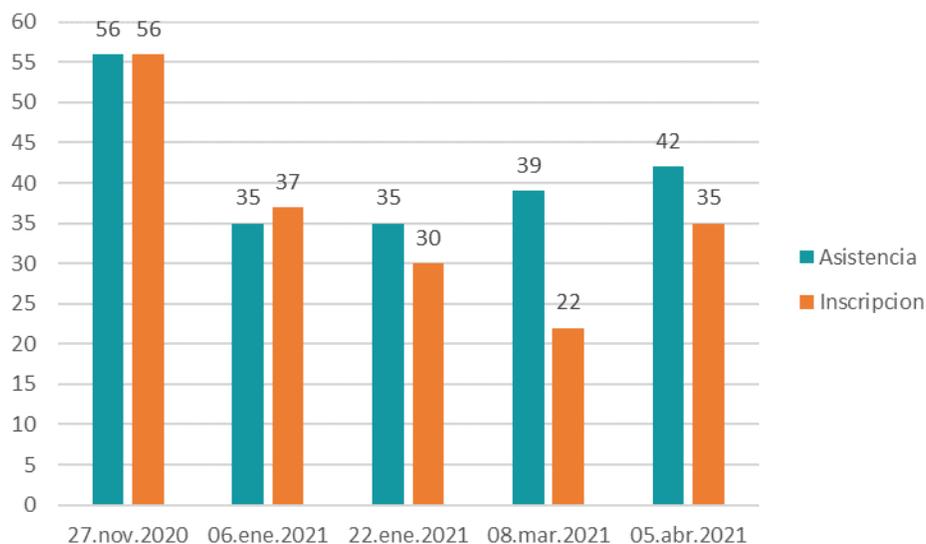
Figura 140. Composición porcentual del Comité Técnico Local



Fuente: Elaboración propia

En general la asistencia a la talleres promedió a 41 personas, siendo el taller N° 1 el que registró mayor asistencia y los talleres realizados durante el mes de enero fueron los que registraron una asistencia menor, de 35 personas. Comparando la asistencia v/s la inscripción (Figura 141), la asistencia registrada fue mayor en los últimos 3 talleres, debido a que algunos integrantes solicitaron el enlace de conexión de manera interna, indicando problemas con el uso de la plataforma Google Forms.

Figura 141. Cantidad de personas registradas en asistencia e inscripción a talleres



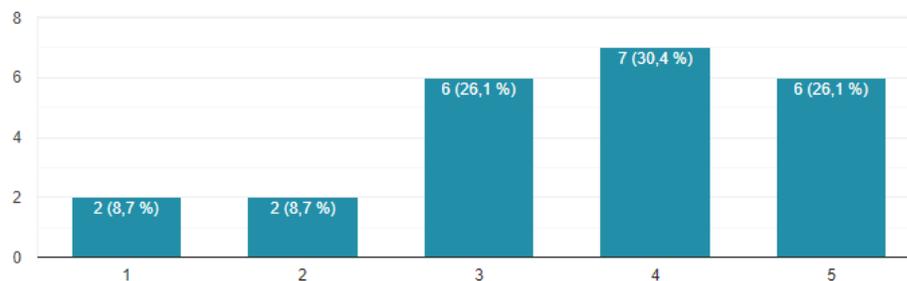
Fuente: Elaboración propia

Al finalizar los talleres, se solicitó contestar una encuesta de evaluación (ver anexo N°3 participación ciudadana) con el objetivo de obtener una retribución para la aplicación de talleres posteriores. En general, las y los participantes evaluaron de manera positiva los talleres, indicando que se encontraban conformes o muy conformes con los resultados y/o actividades desarrollados en los talleres, un ejemplo de esto es la Figura 142. Encuesta Taller N°3 que recibió la mayor cantidad de respuestas.

Figura 142. Ejemplo extraído de la encuesta de evaluación Taller N°3, 22 de enero 2021

3. En escala de 1 a 5 (Siendo 1: No conforme y 5: Muy conforme) ¿Está usted conforme con la delimitación del Sistema Humedal?

23 respuestas



Fuente: Elaboración propia

En resumen, la participación junto al Comité Técnico Local, presentó una oportunidad para el trabajo colaborativo, la conversación, el debate y la revisión de detalles. La participación ampliada de los distintos integrantes, presenta una herramienta de coordinación entre actores que habitualmente no se encuentran.

Tabla 66. Participación ciudadana y de actores claves en el desarrollo de la propuesta

Objetivo específico	Actividad	Descripción	Fecha o Mes/sem
(OE1) Determinar los límites del Sistema Humedal	Reunión de inicio	Presentación y ajustes del estudio	24 Sep
	Curso-Taller	Metodologías en teledetección y Sistemas de Información Geográfica	23 Oct
	Taller N°1	Revisión preliminar del límite con Comité Local	27 Nov
(OE2) Identificar usos y cobertura de suelo del Sistema Humedal	Reunión	Coordinación, avances y resultados.	Dic / 2
	Taller N°2	Identificación de Zonas de alto interés para la biodiversidad y servicios ecosistémicos	6 Ene
(OE3) Identificar usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes del Sistema Humedal	Reunión	Coordinación, avances y resultados.	Feb / 2
	Taller N°3	Presentación y revisión de propuesta con la comunidad	22 Ene
(OE4) Identificar áreas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca en el Sistema Humedal	Reunión	Coordinación, avances y resultados.	Abr / 2
	Taller N°4	Identificación de áreas prioritarias	5 Mar
	Taller N°5	Revisión de áreas prioritarias para la restauración	5 Abr
	Seminario	Cierre del Proyecto	30 Abr / 2**

Fuente: Elaboración propia del consultor, según TdR. Nota: \*\* Fecha acordada.

## VIII. CONCLUSIONES

El Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, ubicado en un entorno muy urbanizado y del cual se esperan nuevas obras hidráulicas, nuevas urbanizaciones e infraestructuras de transporte entre otras, sobre y en el entorno de la delimitación realizada por este estudio; hacen que sea un ecosistema con complejas probabilidades de subsistir sin un proceso de protección y restauración, amparado por la Ley de humedales urbanos y las futuras acciones de conservación del proyecto GEF. Es importante para el buen funcionamiento del sistema que las futuras intervenciones apunten a un uso racional del sistema y sigan los criterios de sustentabilidad de la Ley 21.202. También, es esperable que los proyectos tengan como mínimo una visión de sustentabilidad a mediano plazo, considerando un horizonte al 2030, siguiendo la agenda de sustentabilidad de Naciones Unidas y a su vez puedan proyectarse al 2050 que es cuando se esperan los mayores efectos documentados del cambio climático para el área de estudio. Actualmente, además se encuentra afectado por basurales, rellenos, alteración de conectividad hidrológica, que afectan su biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, procesos que inciden en su degradación y pérdida continua de superficie. Sin embargo, el sistema humedal, aún mantiene condiciones de sistema hídrico, vegetación hidrófita, intrusión salina, especies nativas entre otras que permiten sea un ecosistema con prioridad de restauración. Entre las acciones o cambios factibles de acuerdo a normativa vigente para preservar y restaurar como un área natural relevante para el área metropolitana de Concepción se encuentran: actualizar el inventario nacional de humedales con la delimitación propuesta, declarar el sistema como humedal urbano bajo la Ley 21.202, coordinar con Seremi Minvu la actualización de la zonificación con el plan metropolitano de Concepción, fortalecer la investigación en el sistema humedal y diseñar y ejecutar un plan de restauración en las áreas de alta prioridad entre otras acciones, para el cual potenciales socios son la Asociación de Municipalidades de la Región del BíoBío y la nueva Gobernación Regional.

En específico, el Sistema Humedal, ubicado en la sección baja de las subcuencas costeras, se encuentra altamente amenazado, no solo por el entorno construido y procesos de degradación como basurales y rellenos autorizados y/o ilegales, sino también por cambios de usos de suelo a nivel de subcuenca, que dictan relación por ejemplo con la pérdida de bosque nativo y disminución de la escorrentía superficial. Además se prevén una serie de infraestructuras hidráulicas y de transporte que pueden cambiar totalmente la dinámica del humedal, desde su régimen hidrológico hasta el aumento en la pérdida de superficie, así como funciones ecológicas y alteración de áreas de biodiversidad, sobre todo en áreas de nidificación de aves, situadas en la zona costera, que han resultado particularmente relevantes en este estudio.

El Sistema Humedal, aún mantiene condiciones de sistema hídrico, vegetación hidrófita, intrusión salina, especies nativas entre otras que permiten sea un ecosistema con prioridad de restauración. Básicamente, el humedal en su zona costera se comporta como una marisma que interactúa con playas y dunas, en el interior lo conforman humedales palustres de aportes de agua dulce, los cuáles han perdido mucha superficie por efectos de los rellenos, las urbanizaciones y los cultivos agrícolas, pero que poseen un fuerte valor sociocultural para la comunidad, siendo importantes áreas para la recreación. Importante recalcar que los humedales costeros como la marisma Rocuant-Andalién, son muy sensibles a los efectos del cambio climático, por ejemplo a los impactos del aumento en la frecuencia de marejadas que pueden cambiar las condiciones de ingreso del agua salada. Al respecto, un reciente estudio del Ministerio del Medio Ambiente (2019) que evalúa los efectos del cambio climático en 44 humedales costeros, entre los cuáles no se encuentra el sistema Rocuant-Andalién, señala que los humedales evaluados han experimentado cambios en los espejos de agua, disminución de

caudales y aumento en la frecuencia de marejadas. En este sentido es relevante proteger el Sistema de Humedales estudiado, principalmente de la continua pérdida de superficie, de los cambios en la vegetación y los cuerpos de agua y por supuesto iniciar un proceso de restauración para priorizar un uso racional del mismo, considerando también las eventuales dinámicas de cambios, ya sea por factores antrópicos y/o biofísicos.

Al ser un ecosistema, desde el ámbito de la gestión municipal y de la gobernanza de un humedal urbano, existe un conflicto permanente entre actores públicos, privados y la comunidad por el valor de su conservación, reconocimiento como infraestructura verde de interés metropolitano y protección de la superficie reconocida versus el desarrollo urbano realizado hasta la fecha, especialmente en el humedal palustre Vasco de Gama por el cual un actor del comité se manifiesta en desacuerdo con los criterios de delimitación y también con las áreas de restauración. Además entre los actores, existen confusiones respecto de los términos de referencia del estudio, con las zonificaciones de usos de suelo propuestas y validadas por los instrumentos de planificación territorial (IPT) y/o las infraestructuras futuras proyectadas. Los conflictos de usos de suelo son muy evidentes, sobretodo en la comuna de Hualpén que a su vez no cuenta con un plan regulador aprobado (proceso de actualización). De todas formas, este estudio puede ser una oportunidad para zonificar el humedal, siguiendo el reglamento de la Ley de Humedales Urbanos 21.202, junto a los criterios de sustentabilidad y así modificar el nuevo instrumento de planificación territorial por medio de las atribuciones que otorga a los municipios involucrados. Al respecto, también se debe recalcar que los IPT vigentes, no tienen competencias sobre los cuerpos agua como humedales y tampoco tienen la competencia para delimitar los ecosistemas, sin embargo a partir de la Ley de Humedales Urbanos, sí se podría mejorar la planificación territorial y regular los usos de suelo, bajo la presente delimitación como un zona de valor natural ZVN, es decir una zonificación más atingente a las condiciones ecosistémicas, de inundación y anegamiento de la zona y desafíos climáticos, -cuya área de interés desde el punto de vista de los riesgos se ha comprobado en el estudio actual- por supuesto la inclusión de escenarios de inundación y criterios de resiliencia permitirá reducir potenciales daños a la propiedad.

A pesar que Chile acoge a la convención Ramsar y al convenio de diversidad biológica, sin duda al terminar el estudio, se concluye que iniciativas de conservación, protección, y restauración como las aquí propuestas en entornos urbanos, más aún metropolitanos son muy complejas, ya sea porque existe una fuerte demanda por desarrollo inmobiliario e infraestructuras, de las cuáles no se ha proyectado el cambio futuro en los regímenes hidrológicos en el área delimitada y en los entornos. Desde el aspecto territorial es fundamental una actualización del inventario nacional de humedales, del cual se detectaron algunos errores en la tipología de humedales del sistema evaluado, también es necesaria la actualización de los IPT, debido a que por medio de las zonas de valor natural se favorece este proceso e incluso el desarrollo de proyectos de infraestructura verde y soluciones basadas en naturaleza. A la vez, es necesario poner atención a los servicios ecosistémicos más valorados que brindan el Sistema Humedal, es decir los SSEE, culturales, de regulación y los servicios de aprovisionamiento ante un eventual plan de adaptación al cambio climático del área metropolitana de Concepción, también estos podrían aumentar con un proceso de restauración, mantenimiento de poblaciones y hábitats, regulación del clima y la calidad del aire local, protección contra inundaciones de ríos y anegamientos, apreciación de la flora y fauna, oportunidades para el turismo y apreciación del paisaje. Esto cambiaría totalmente la forma en la cual se diseñan las intervenciones futuras, introduciendo criterios de infraestructura verde, drenaje urbano sustentable, diseño sensible al agua y también de soluciones basadas en naturaleza para los actuales y nuevos desarrollos urbanos. En este sentido se ha relevado el rol internacional de los humedales para conseguir ciudades más sostenibles a partir de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS), al respecto desde Ramsar señalan claramente que es necesario integrar la conservación, el uso racional y la restauración de humedales dentro de las políticas sectoriales y de planificación urbana en ciudades.

A la luz de los resultados, recomendamos las siguientes acciones:

- Actualizar el inventario nacional de humedales de acuerdo a esta delimitación ecosistémica.
- Declarar al Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví-Tucapel Bajo como un humedal urbano bajo la Ley 21.202, por oficio del Ministerio de Medio Ambiente o por uno de los municipios involucrados sobre todo para asegurar sus existencia para las generaciones futuras.
- Incorporar la delimitación del humedal urbano en el plan regulador metropolitano de Concepción como una ZVN, es decir una zona de valor natural, para mejorar la coherencia de los instrumentos de planificación territorial con la planificación ecológica.
- Incorporar criterios de infraestructura verde en futuras intervenciones y proyectos de infraestructura e inmobiliarios en el entorno.
- Diseñar obras que favorezcan el turismo de biodiversidad, sobre todo relacionados con aves migratorias (circuitos de avistamientos, puntos de fotografías y miradores de aves).
- Formalizar una herramienta y difusión de los canales de información para la fiscalización de rellenos sobre el polígono de Sitio Prioritario.
- Monitorear con visitas mensuales a terrenos los límites del sistema detectado, ya que su nivel de intervención con rellenos es muy alto.
- Ejecutar un Plan de Restauración que implique acciones en las 5 áreas prioritarias, poniendo énfasis en la restauración fluvial y en la recuperación de funciones hidrológicas del sistema para asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos detectados.
- Coordinar el Plan de Restauración con las acciones propuestas por el proyecto “La Ruta del Agua” del Gobierno Regional , ya que existen convergencias para proponer proyectos conjuntos.
- Coordinar acciones de planificación ecológica y territorial conjuntas con la Asociación de Municipios de la Región del Bío-bío que cuenta con iniciativas de identificación y caracterización del potencial de infraestructura verde-ecológica a diversas escalas de las comunas de Concepción y Hualpén.
- Coordinar entre los actores del Comité Técnico Local, acciones conjuntas de educación ambiental, especialmente por la gran presencia de actividades socioculturales y por alta percepción de valor ecológico del sistema.
- Plan de Gobernanza de cuerpos de agua y humedales para el Sistema Humedal.
- Promover acciones de educación ambiental con la comunidad.

Así mismo, la conservación, protección y restauración de humedales en las subcuencas estudiadas, deben seguir contando con el apoyo de investigaciones y acciones de conocimiento científico que permitan ir mejorando el desarrollo de herramientas actualizadas que apoyen estos enormes desafíos. Hoy es muy relevante el conocimiento científico para la protección, posterior restauración y por supuesto en la adaptación al cambio climático que puedan fortalecer y argumentar decisiones de gestión y planificación a favor del desarrollo urbano sustentable y el diseño sensible al agua. En este sentido, se sugiere a la SEREMI de Medio Ambiente y a los municipios apoyen tesis de pregrado y postgrado que puedan seguir monitoreando las condiciones del sistema e incluso poder financiar mediante fondos concursables un centro de investigación y de interpretación de humedales. A su vez, y dadas las inquietudes del Comité Técnico Local, también se recomienda realizar los siguientes estudios específicos:

- Estudios de calidad del agua
- Estudios de contaminación del entorno para la subsistencia de la biodiversidad (agua, luz, ruido, aire)
- Monitoreo sistemático de la biodiversidad
- Estudios específicos de la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> del Sistema Humedal

El proyecto GEF y por supuesto este estudio incluyó un fuerte proceso de participación, fomentando consensos con el Comité Técnico Local. La participación de los actores del mismo, presenta una oportunidad sin precedentes para la conversación y la restauración, por medio de acuerdos y toma de decisiones en torno al Sistema Humedal, sin embargo se requiere un plan específico de gobernanza, sobre todo para vincular actores con percepciones totalmente opuestas, respecto al desarrollo urbano sostenible versus el desarrollo urbano tradicional, basado en infraestructura gris, así mismo sobre avanzar de las limitantes de planificación territorial actual hacia una planificación ecológica. La diversidad de posturas requiere de seguimiento y formación en ecosistemas urbanos, ejemplos internacionales de proyectos sustentables en humedales y soluciones basadas en naturaleza. Por tanto, se recomienda mantener los diálogos de manera fluida en distintas instancias, a mayor y menor escala, ya que son claves para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Finalmente, los resultados de este estudio no implican en ningún caso un cambio inmediato en la zonificación de usos de suelo de los instrumentos de planificación territorial, en específico del plan regulador metropolitano de Concepción; tampoco este estudio tiene competencias para evaluar la pertinencia de obras futuras, proyectos inmobiliarios y/o proyectos escenarios de cambios en el Sistema Humedal. En este sentido no es un instrumento para autorizar la construcción, validar y/o corroborar si los proyectos inmobiliarios futuros, tienen la condición de “sustentable”, teniendo que evaluarse bajo la normativa vigente. Se espera que la zona cambie el paradigma de desarrollo urbano y avance hacia la sustentabilidad, reconociendo el sistema, restaurándolo y desarrollando proyectos urbanos con diseño sensible al agua.



**IX. CARTA GANTT**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	mes 0	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8			
		(agosto)	(sept)				(oct)				(nov)				(dic)				(ene)				(feb)				(mar)				(abr)			
		semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
	Notificación Equipo Ganador	x																																
OE1) Determinar los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalén-Vasco Da Gama-Paicavi-Tucapel Bajo	Reunión preliminar contraparte técnica		x																															
	Reunión de inducción			x																														
	Reunión inicial con contraparte técnica				x																													
	Reunión con Comité Técnico Local, presentando trabajo a realizar									x																								
	Firma de contrato					x																												
	Encuesta Teledetección						x																											
	Reunión GEF AUDUBON							x																										
	Revisión bibliográfica y sistematización de antecedentes existentes		x	x	x	x	x	x	x	x																								
	Revisión y análisis de imágenes satelitales																																	
	Revisar cartografía del inventario nacional de humedales, del Ministerio de Medio Ambiente, y delimitación para el Sistema Humedal Rocuant-Andalén, Vasco de Gama, Paicavi Tucapel-Bajo			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
Verificación de límites propuestos en terreno																																		
Propuesta de delimitación del Sistema Humedal Rocuant-Andalén, Vasco de Gama, Paicavi Tucapel-Bajo										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														
Curso sobre metodologías en teledetección y Sistema de Información Geográfica para delimitar humedales urbanos a profesionales de municipios. (23 de oct)																																		
TALLER N°1	"Revisión preliminar del límite con el comité local" (27 de nov)																																	
REUNIÓN	Reunión Bimensual																																	
INFORME 1	ENTREGA (08 de oct)																																	
	OBSERVACIONES CONTRAPARTE																																	
	RESPUESTA EQUIPO CONSULTOR																																	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	mes 0	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8			
		(agosto)	(sept)				(oct)				(nov)				(dic)				(ene)				(feb)				(mar)				(abr)			
		semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
OE2) Identificar usos y cobertura de suelo del Sistema Humedal Rocuant-Andalén-Vasco Da Gama-Paicavi-Tucapel Bajo	Revisión Bibliográfica						x	x	x	x	x	x																						
	Análisis de imágenes satelitales							x	x	x	x	x	x	x	x	x																		
	Determinación de zona de intrusión salina																																	
	Elaboración de análisis y cartografías solicitadas anteriormente (Uso y coberturas de suelo y cartografías sobre áreas relevantes dentro del Sistema Humedal en estudio)																																	
Verificación y validación en terreno*																																		
TALLER N°2	Zonas de alto interés para la biodiversidad y servicios ecosistémicos (06 de enero)																																	
REUNIÓN	Reunión Bimensual																																	
INFORME 2	ENTREGA																																	
	OBSERVACIONES CONTRAPARTE																																	
	RESPUESTA EQUIPO CONSULTOR																																	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	mes 0	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8			
		(agosto)	(sept)				(oct)				(nov)				(dic)				(ene)				(feb)				(mar)				(abr)			
		semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
OE3) Identificar usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalén-Vasco Da Gama-Paicavi-Tucapel Bajo.	Revisión Bibliográfica						x	x	x	x	x	x																						
	Análisis de imágenes satelitales							x	x	x	x	x	x	x	x	x																		
	Elaboración de análisis y cartografías solicitadas anteriormente respecto a las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalén, Vasco de Gama, Paicavi Tucapel-Bajo y vinculadas a: uso y cobertura de suelo, amenazas, presiones, áreas relevantes para la biodiversidad, servicios ecosistémicos, etc.																																	
Verificación y validación en terreno*																																		
TALLER N°3	"Presentación y revisión final de la propuesta de delimitación y zonificación" (22 de enero)																																	
REUNIÓN	Reunión Bimensual																																	



## X. BIBLIOGRAFÍA

Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K., Kirschbaum, D., Gourley, J., Adler, R., & Brakenridge, G. (2010). A digitized global flood inventory (1998-2008): compilation and preliminary results. *Nat Hazards*, 55, 405-422. doi:10.1007/s11069-010-9537-2.

Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., Parra, O (2009) Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*, pp 361–374.

Arrau Ingeniería. (2012). *Estudio de Factibilidad y Diseño Definitivo de las Obras de Regulación y Retención de Sedimentos en Río Andalién, Región del Bío-Bío*; Dirección de Obras Hidráulicas Gobierno de Chile: Santiago, Chile, 2012.

Arriagada, L., Rojas, O., Arumi, J., Munizaga, J., Rojas, C., Farías, L. & Vega, C. (2019). A new method to evaluate watershed vulnerability facing several stressors: A case study of the Chilean Mediterranean. *Journal: Science of the Total Environment*, 651 (1),1517-1533.

Ascui, H., Muñoz, M., & Sáez, N. (Edits.). (2007). Qué es lo que queda cuando el agua se va. *ARQUITECTURAS DEL SUR*, 25(33), 4-29. Obtenido de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/842>

Asociación de Municipios de la Región del Bío-Bío AMRBB (2021). Propuesta de red de infraestructura verde de 7 comunas de Concepción, desde un enfoque de cuencas. Informes Tomo 1: Diagnóstico y Tomo 2: Plan Piloto.

Asociación de Municipios para la reservación de la Biodiversidad en el territorio Nonguén y otros ecosistemas” (2021). Recursos online en [www.territoriononguen.cl](http://www.territoriononguen.cl).

Barrientos, S. (2010). Terremoto (M=8.8) del 27 de febrero de 2010 en Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(3), 412-420.

Beltrán Benítez, M. (2012). Transformaciones espaciales y valoración social del humedal Rocuant Andalién (Concepción, Chile): periodo de 1950 a 2011. Memoria para optar al grado de Geógrafa. Universidad de Chile.

Bergamini, K., Martínez, C., Mollenhauer, K., Pérez, C., Hernández, J. A., & Gutiérrez, P. (2020). Toolkit para la gestión y conservación de humedales : una propuesta de fortalecimiento a su actual institucionalidad.

En: *Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2019* (pp. 255–288). Santiago de Chile: Ediciones UC

Berlin, G. (2018). *Earthquakes and the Urban Environment: Volume I*. CRC Press Taylor and Francis Group.

Boegh, E., Soegaard, H., Broge, N., Hasager, C., Jensen, N., Schelde, K., & Thomsen, A. (2002). Airborne Multi-spectral Data for Quantifying Leaf Area Index, Nitrogen Concentration and Photosynthetic Efficiency in Agriculture. *Remote Sensing of Environment* , 179-193.

Braun, A., Rojas, C., Echeverría, C., Rottensteiner, F., Bähr, HP., Niemeyer, J., Aguayo, M., Kosov, S., Hinz, S. & Weidner, U.(2014). Design of a Spectral – Spatial Pattern Recognition framework for risk assessments using Landsat data – A case study in Chile. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS)*, Vol 7, N° 3, 917- 928.

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning* 45, 5-32.

doi:<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Burkhard, B., Kroll, F., Muller, F. y Windhorst, W. (2009). Landscapes Capacities to Provide Ecosystem Services –a Concept for Land-Cover based Assessments. *Landscape Online*, (15)1. Doi: 10.3097/LO.200915.

Burkhard, B., Crossman, N., Nedkov, S., Petz, K. and Alkemade, R. (2013). Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice. *Ecosystem Services*, vol 4, pp. 1-3

Cantavella, J. (2015). La sorprendente fuerza del agua: Los Tsunamis. En *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*.

Cartes, A. (2018). Terremotos y Tsunamis como fuerzas modeladoras en la historia de Concepción. En R. Aránguiz (Ed.), *Tsunamis en la Región del Biobío desde una mirada multidisciplinaria*. 21-49: Ediciones UCSC.

Castillo Leal, F. (2019). Efectos de la urbanización en la conservación de la biodiversidad vegetal en humedales. Memoria de título para optar al grado de Geógrafa. Universidad de Concepción.

Castillo, M., Saavedra, J., & Brull, J. (2019). Severidad del fuego en los mega incendios forestales ocurridos en Chile, en 2017. *Acciones para mejorar el sistema de protección*. *Territorium*, 26(1), 5-18.

Censo 2017. Censo población y vivienda

<https://www.censo2017.cl/>

CEPAL. (2010). Terremoto en Chile, una primera mirada al 10 de marzo de 2010. Publicación de las Naciones Unidas.

Coello, E. (2017). Percepción socio-espacial de los servicios ecosistémicos del humedal costero Rocuant – Andalién, región del Biobío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, 101 pp.

Contreras, M.; Winckler, G.; Molina, M. (2012). Implicancias de la Variación del Nivel Medio del Mar Por Cambio Climático en Obras de Ingeniería Costera de Chile. In *Anales del Instituto de Ingenieros; Instituto de Ingenieros de Chile: Santiago, Chile, Volume 124*, pp. 54–66

Contreras, M., & Winckler, P. (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa central de Chile. *Obras y Proyectos*, 14, 6-19.

Corporación Nacional Forestal (CONAF), CONAMA., BIRF., Universidad Austral de Chile., Pontificia Universidad Católica de Chile. (1999). *Catastro Y Evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile*. Informe Regional Octava Región. Santiago, Chile

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2008). *Usos de Suelo Región del Bío-Bío Año 2008* (Formato Digital SHP). CONAF, Santiago, Chile.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2011). *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile*. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período 1997-2011

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2015). *Catastros de Bosque Nativo*.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2015). *Catastros de Uso de Suelo y Vegetación*.

Corporación Nacional Forestal CONAF. (2020). Estadísticas Históricas de Incendios Forestales en Chile: Ocurrencia y daño por comuna 1985 a 2020. Recuperado el 23 de 01 de 2021, de <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

Chuvieco, E., Pilar Martin, M., & Palacios, A. (2002). Assessment of Different Spectral Indices in the Red-Near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination. *Remote Sensing of Environment* , 2381-2396.

Datt, B. (1999). A New Reflectance Index for Remote Sensing of Chlorophyll Content in Higher Plants: Tests Using Eucalyptus Leaves. *Journal of Plant Physiology* , 30-36.

Department of Conservation and Environment. (1990). Environmental guidelines for river management works. Office of Water Resources. Government Printing Office, Melbourne, Victoria.

Devynck, J. (1970). Contribución al conocimiento de la circulación atmosférica en Chile y al clima de la región del Biobío. Concepción: Universidad de Concepción.

DGA, Dirección de General de Aguas (2013). Levantamiento hidrogeológico en cuencas pluviales costeras en la región del Libertador General Bernardo O'higgins y región del Bío-Bío. Aqualogy Medioambiente Chile S.A. S.I.T. N° 318, 280 pp.

Diario Oficial de la República de Chile (2020). Ley N° 21.202 Ley de Protección de humedales urbanos.

Díaz-Hormazábal, I., & González, M. (2016). Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 147-158.

Drury, S. (1987). *Image Interpretation in Geology*. London: Allen and Unwin, 243.

Echeverría C, Coomes, D, Salas, J., Rey-Benayas, JM., Lara, A et al. (2006) Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130: 481-494

Edáfica. (2019). Estudio Estratégico para la revalorización de la red de humedales del Gran Concepción. Diagnóstico y línea base. Gobierno Regional Bío-Bío.

Edáfica. (2020). Inventario de Humedales Urbanos y actualización Catastro Nacional de Humedales. Informe Etapa III. Ministerio de Medio Ambiente.

Espinosa, P., De Meulder, B., Alarcón, M., & Pérez, L. (2015). Interacciones de agua y ciudad / Una investigación de Urbanismo del Paisaje aplicado al caso del río Andalién, Concepción. *Revista de Urbanismo*, (33), 52-72

Espinosa, P., De Meulder, B. y Ollero, A. (Noviembre 2019 - Abril 2020). Restauración fluvial como estrategia de diseño urbano. Un diálogo entre investigación y diseño. Concurso río Andalién, Concepción, Chile. *AREA*, 26(1), pp. 1-25.

Recuperado de: [https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2601/2601\\_espinosa\\_et\\_al.pdf](https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2601/2601_espinosa_et_al.pdf)

Faculty of Societal Safety Sciences;. (2018). Liquefaction with the great east Japan earthquake. En *The Fukushima and Tohoku Disaster* (págs. 147-159). Butterworth-Heinemann.

Farr, T., Rosen, P., Caro, E., Crippen, R., Hensley, S., Kobrick, M., Alsdorf, D. (2007). The shuttle radar topography mission: Reviews of Geophysics. *Reviews of Geophysics*.

Forman, R. (1995). Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge/New York: University Press.

Gajardo, A. C. (1981). Mapas geológicos preliminares de Chile. Hoja Concepción – Chillan. Instituto de Investigaciones Geológicas.

Galli, C. (1967). Geología Urbana y Suelo de Fundación de Concepción y Talcahuano, Chile. Informe Final del Proyecto de Investigación Nº 75 de la Comisión de Investigación Científica de la Universidad de Concepción, Mayo. 65-71 pp.

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40(1), 421–439.

Gitelson, A., & Merzlyak, M. (1994). Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of *Aesculus Hippocastanum* L. and *Acer Platanoides* L. Leaves. *Journal of Plant Physiology*, 286-292.

González, J., & Verdugo, R. (2014). Sitios afectados por licuefacción a causa del terremoto 27-F. VII Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica 2014.

Habit, E., & Victoriano, P. (2005). Peces de agua dulce de la Cordillera de la Costa. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile, 392-406.

Ilabaca, P. (1980). Condiciones naturales y crecimiento urbano caso comuna de Talcahuano. *Revista Geográfica de Chile*, *Revista Geográfica*, 1980, N° 91-92, p. 141-145. doi:<https://www.jstor.org/stable/40992381>

Ilustre Municipalidad de Concepción. (2004) PRC Concepción. Decreto Alc. N°148. Fecha promulgación 05.06.2004. Fecha publicación D.O. 22.04.2004.

Ilustre Municipalidad de Concepción. (2014, agosto). Trabajando Concepción. Una Nueva Ciudad al 2030. [https://issuu.com/concepcioncultural/docs/plan\\_cultural\\_de\\_concepcion](https://issuu.com/concepcioncultural/docs/plan_cultural_de_concepcion)

Ilustre Municipalidad de Concepción (2020). 14 Modificación Plan Regulador Comunal de Concepción Parque Humedal Paicavú-Tucapel Bajo. Disponible Online <https://concepcion.cl/wp-content/uploads/2020/10/MEMORIA-14-MODIF-PRC-seq%C3%BAAn-Decreto-Alcaldicio-N-756-de-2020.pdf>

Ilustre Municipalidad de Hualpén. (1990). PRC Hualpén. Res V y U N°16. Fecha de promulgación 25.06.1990. Fecha publicación D.O. 07.09.1990.

Ilustre Municipalidad de Hualpén. (2016). PLADECO 2016 - 2020. <http://www.hualpenciudad.cl/>

Ilustre Municipalidad de Penco. (2007). PRC Penco. Decreto Alc. N° 1200. Fecha de promulgación 12.04.2007. Fecha de publicación D.O. 30.05.2007.

Ilustre Municipalidad de Penco. (2020). Plan de Desarrollo Comunal 2020 - 2027 <http://penco.cl/>

Ilustre Municipalidad de San Pedro de la Paz. (2018). Atlas de Riesgos Naturales y Antrópicos Comuna de San Pedro de la Paz.

Ilustre Municipalidad de Talcahuano (2006). PRC Talcahuano. Decreto Alc. N°247. Fecha promulgación 24.01.2006. Fecha publicación D.O. 31.01.2006.

Ilustre Municipalidad de Talcahuano. (2018). PLADECO. Plan de Desarrollo Comunal. 2018 - 2021. [https://issuu.com/comunicacionesmunithno/docs/pladeco\\_2018-2021\\_i.municipalidad\\_d](https://issuu.com/comunicacionesmunithno/docs/pladeco_2018-2021_i.municipalidad_d)

Isla, F., Quezada, J., Martínez, C., Fernández, A. & Jaque, E. (2012). The evolution of the Bío Bío delta and the coastal plains of the Arauco Gulf, Bío Bío Region: the Holocene sea-level curve of Chile. *Journal of Coastal Research*, 28, 102-111.

Jaque, E. (2008). Geomorfología de la cuenca del río Andalién, Chile. *Revista Geográfica*, 97-116.

Jaque, E. (2010). Diagnóstico de los paisajes mediterráneos costeros. Cuenca del río Andalién, Chile. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.

Keller, E., & Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Laestadius, L., Maginnis, S., Rietbergen-McCracken, J., Saint-Laurent, C., Shaw, D., & Verdone, M. (2014). Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM). Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Disponible en <https://portals.iucn.org/library/node/45770>

Lobell, D., & Asner, G. (2003). *Hyperion Studies of Crop Stress in Mexico*. Proceedings of the 12th Annual JPL Airborne Earth Science Workshop, Pasadena, CA.

Lomnitz, C. (1970). Major Earthquake and Tsunamis in Chile during the Period 1535-1955. *Geol. Rundschau*, 59(3), 938-960.

Madden, C.; Goodin, K.; Allee, R.; Bamford, D.; Finkbeiner, D. (2008) *Clasificación Ecológica Estandarizada Costera y Marina- Versión III: La Clasificación de Referencia Para Hábitats Marinos Para la Red Temática de Ecosistemas IABIN*; Nature Serve: Arlington, VA, USA.

Mardones, M. (1978). El sitio geomorfológico de las ciudades de Concepción y Talcahuano. Instituto de Antropología, Historia y Geografía, Concepción, Universidad de Concepción. Concepción, Mayo de 1967. 65-71 pp.

Mardones, M., & Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *Eure*, XXVII(81), 97-122.

Martínez, C., Rojas, O., Aránguiz, R., Belmonte, A., Quezada, J., Altamirano, A., & Flores, P. (2012). Riesgo de tsunami en Caleta Tubul, Región del Bio-Bío: escenarios extremos y transformaciones territoriales post-terremoto. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, 85-106.

Martínez, C. (2013). Vulnerabilidades y desastres socio-naturales: aportes desde la Geografía al proceso de Reconstrucción en la Región del Biobío. *REV. GEO. SUR*, 4(6), 33-57.

Martínez-Retureta, R.; Aguayo, M.; Stehr, A.; Sauvage, S.; Echeverría, C.; Sánchez-Pérez, J.-M. (2020). Effect of Land Use/Cover Change on the Hydrological Response of a Southern Center Basin of Chile. *Water*, 12, 302.

Matamoros, O. (1994). Análisis de la amenaza de licuefacción, lavas, lahares y caída de cenizas volcánicas en la región caribe norte de Costa Rica.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 1425-1432.

Millennium Ecosystem Assessment MEA. (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*; World Resources Institute: Washington, DC, USA.

Ministerio de Medio Ambiente MMA (2016). Metodología base para la revisión de sitios prioritarios y otras áreas de valor ecológico, y propuestas de áreas con potencial de restauración para el desarrollo de una infraestructura ecológica con aplicación en una región piloto, realizado por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

Ministerio del Medio Ambiente MMA. (2019). Volumen 6: Vulnerabilidad en humedales, en “Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile”, Documento preparado por: Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D., Marinkovic, C.; Pica, A., Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente MMA (2020). Inventario Nacional de Humedales  
<https://humedaleschile.mma.gob.cl/inventario-humadales/>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU (2003). Plan Regulador Metropolitano de Concepción.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU (2012). Modelo de elevación digital LIDAR.

Moraleta, F. (2019). El aporte de los humedales urbanos a la resiliencia de las ciudades: valoración y reconocimiento del humedal Rocuant-Andalién, área metropolitana de Concepción. Tesis de Magister en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Munizaga, J. (2015). CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DEL HUMEDAL ANDALIÉN-ROCUANT 2004-2014. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción. 122 pp.

Nahuelpan, E., & Varas, J. (2013). El Terremoto/Tsunami en Chile: una mirada a las estadísticas médico legales. *Investigación Forense II*, 113-129.

Narayan, S., Beck, M. W., Wilson, P., Thomas, C. J., Guerrero, A., Shepard, C. C., Reguero, B.G., Franco, G., Ingram, J.C., Trespalacios, D. (2017). The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA. *Scientific Reports*, 7(1), 9463 - 9462.

Nava, A. (2011). Terremotos. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Oficina Nacional de Emergencias ONEMI. (2016). Política nacional para la gestión del riesgo de desastre. Santiago, Chile: Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Gobierno de Chile.

Navarro, V. (2017). Oportunidades y desafíos para la protección de los humedales rocuant-andalién y los batros en el área metropolitana de concepción: una mirada desde la gobernanza urbana. Memoria para optar al título de Geógrafa. Universidad de Chile.

Oficina Nacional de Emergencias ONEMI. (2016). *Política nacional para la gestión del riesgo de desastre*. Santiago, Chile: Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Gobierno de Chile.

Orsi, F., Geneletti, D., & Newton, A. C. (2011). Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecological indicators*, 11(2), 337-347.

Ortiz, P., Jara, F. & Sanhueza, K. (2020) Polígonos y puntos de concentración de descanso, alimentación y nidificación de aves migratorias y residentes en el Humedal Rocuant-Andalién. Datos sin publicar. Comunicación personal.

Palacios, A. (2012). Dominio y catástrofe. Los terremotos en Concepción, Chile: 1550-1751. *Anuario de Estudios Americanos*, 69(2), 569-600.

Palacios, A. (2015). Entre Ruinas y Escombros, Los terremotos en Chile durante los siglos XVI al XIX. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). Ciudades sensibles al agua. Guía de drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile.

Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E., & Urrutia, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological conservation*, 127(3), 272-281.

Pausas, J. (2012). Incendios Forestales. Una visión desde la ecología. Madrid: CSIC.

Peña, E., & Valenzuela, L. (2008). Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile. Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global. Córdoba, España. Abril 19-22 de 2004.

Perillo, G.; Piccolo, M. (1993). Methodology to study estuarine cross-sections. *Revista Geofísica* 38, 189-206.

Pino, J. & Marull, J. (2012). Ecological networks: Are they enough for connectivity conservation? A case study in the Barcelona Metropolitan Region (NE Spain). *Land Use Policy*, 29, 684- 690. doi: 10.1016/j.landusepol.2011.11.004

Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022. Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

Disponible online

[http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29175/Plan\\_humedales\\_Baja\\_confrase\\_VERSION-DEFINITIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29175/Plan_humedales_Baja_confrase_VERSION-DEFINITIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PRMC (2021). Ordenanza, modificación Plan Regulador Metropolitano de Concepción. Disponible online <https://www.prmconcepcion.cl/wp-content/prmc/doc/03-ordenanza-2018.pdf>

Quezada, J., Jaque, E., Fernández, A., & Vásquez, D. (2012). Cambios en el relieve generados como consecuencia del terremoto Mw = 8,8 del 27 de febrero de 2010 en el centro-sur de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 53, 35-55.

Rodríguez-Jorquera, I., Rivera-Bravo, D., Sciaraffia, F., Márquez-García, M., Tomasevic, J.A., Mellado, C., & Möller, P. 2020. "Criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos en Chile". Informe Final. Centro de Humedales Río Cruces de la Universidad Austral de Chile, Centro de Derecho y Agua de la Pontificia Universidad Católica de Chile, GeoAdaptive LLC y Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

Rojas, C., Muñiz, I. & Pino, J. (2013 a). Understanding the Urban Sprawl in the Mid-Size Latin American Cities Through the Urban Form: Analysis of the Concepcion Metropolitan Area (Chile). *Journal of Geographic Information System*, 5, 222-234.

Rojas, C., Pino, J. & Jaque, E. (2013b). Strategic Environmental Assessment in Latin America: a methodological proposal for Urban Planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile). *Land Use Policy* 30, 519-527

Rojas, C., Pino, J., Basnou, C. & Vivanco, M. (2013c). Assessing land use and cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation. *Applied Geography* 39:93-103.

Rojas, C., Opazo, S., Vivanco, M. Peters, S. & Villaroel, C. (2013d). Pre and Post Earthquake Land Use and Land Cover identification in Concepción. *Earth Observation of Global Changes (EOGC) (Lecture Notes in Geoinformation and Cartography)*. Springer. Liqiu Meng, Roland Pail and Jukka Krisp (Editors), 223-231.

Rojas, C., Sepúlveda, E., Barbosa, O., Martínez, C. & Rojas, O. (2015). Patrones de Urbanización en la Biodiversidad de humedales urbanos en Concepción Metropolitano. *Revista de Geografía Norte Grande*, N°61, 181-204.

Rojas, C., De la Barrera, F., Aránguiz, T., Pino, J. & Munizaga, J. (2017). Efectos de la Urbanización en la Conectividad ecológica de paisajes metropolitanos. *Revista Universitaria de Geografía*. Vol 26 (2), 155 -182.

Rojas, C. (2018). Valdivia 1960: Entre aguas y escombros. Ediciones UACH.

Rojas, C., Munizaga, J., Rojas, O., Martínez, C., & Pino, J. (2019). Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use. *Land Use Policy*, 80, 47-56.

Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57, 177-192.

Rojas, O. (2015). Cambios ambientales y dinámica de inundaciones fluviales en una cuenca costera del centro sur de Chile. Tesis para optar al título de Doctorado en Ciencias Ambientales Mención Sistemas Acuáticos Continentales, Universidad de Concepción.

Rojas, O., & Mardones, M. (2015). Floods in a coastal Mediterranean basin south Central Chile (1960-2010): Trends, implications and rainfall variability associated with ENSO. En O. Rojas, *Cambios Ambientales y Dinámica de Inundaciones Fluviales en una Cuenca Costera del Centro Sur de Chile*. Universidad de Concepción.

Rojas, O., Mardones, M., Rojas, C., & Martínez, C. (2016). Desastres por inundaciones fluviales en un área de expansión urbana: curso inferior de la cuenca del río Andalién Chile-Central (1943-2011). III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana SRA-LA, 10 e 13 de maio de 2016, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Rojas, O.; Mardones, M.; Rojas, C.; Martínez, C.; Flores, L. (2017a) Urban Growth and Flood Disasters in the Coastal River Basin of South-Central Chile (1943–2011). *Sustainability*, 9, 195.

Rojas, O., Zamorano, M., Saez, K., Rojas, C., Vega, C., Arriagada, L. & Basnou, C. (2017b). Social Perception of Ecosystem Services in a Coastal Wetland Post-Earthquake: A Case Study in Chile. *Sustainability*, 9, 1983.

Rojas, O., Mardones, M., Martínez, C., Flores, L., Sáez, K., & Araneda, A. (2018). Flooding in Central Chile: Implications of Tides and Sustainability, 10.

Rouse, J., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA, 309-317.

Rueda, I., Rojas, C., De la Fuente, H. & Virano, P. (2018). Diseño colaborativo de una Plataforma SIG WEB de Humedales urbanos del área metropolitana de Concepción – URBANCOST. Revista Urbano N°37, 32-43.

Rueda, I. (2020). Un Anillo Verde para el Área Metropolitana de Concepción. Propuesta de Infraestructura verde en base a criterios geográficos. Tesis para optar al título de Magíster en Análisis Geográfico- Universidad de Concepción.

Schmidt, C., & McCullum, A. (2018). Evaluando la Precisión de Clasificaciones de la Cubierta Terrestre Semana 2: Estimación de Áreas Sin Sesgo. NASA's Applied Remote Sensing Training Program 33.

Scholz, C., & Campos, J. (2012). The seismic coupling of subduction zones revisited. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 117, B05310.

Sepúlveda, E., Parra, L., Benítez, H. & Rojas, C. (2012). Estados de naturalidad y heterogeneidad vegetal de humedales palustres y su efecto sobre la diversidad de Macrolepidoptera (Insecta: Lepidoptera). SHILAP Revista Lepidóptera, 40 (158), 155-170.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN (2002). Mapa Geológico de Chile. Servicio Nacional de Geología y Volcanismo, escala 1:1.000.000.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2003). Mapa Geológico de Chile: Versión digital. Escala 1:1.100.000. Gobierno de Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2010). Efectos geológicos del sismo del 27 de Febrero de 2010: Observaciones de daños y evaluación de riesgos geológicos en la comuna de Concepción. Gobierno de Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2010). Efectos geológicos del sismo del 27 de Febrero de 2010: Observaciones de daños y evaluación de riesgos geológicos en la comuna de Talcahuano. Gobierno de Chile.

Smith, P. & Romero, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. Revista de Geografía Norte Grande 43: 81-93.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Sol, S. A.; Zenteno, R. C. E. M.; Zamora, C. L. F. y Torres, R. E. 2002. Modelo de restauración ecológica de áreas alteradas. Kuxulcab' Revista de divulgación. Volumen XII. Número 14. Tabasco, México. 48-60 pp.

Soloviev, S., & Go, C. N. (1975). A Catalogue of Tsunamis on the Eastern Shore of the Pacific Ocean. Moscow: Nauka Publishing House.

Soto, E. (2019). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones fluviales en el humedal Rocuant – Andalién. Tesis para optar al título de ingeniera ambiental. Universidad de Concepción, 117p.

Tarbut, E., & Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. (8va ed.). Madrid: Pearson Educación S.A.

Tobar D. (2003). Plan de Conservación para la marisma Rocuant-Andalién y el humedal dulceacuícola de Carriel Sur. Seminario de título para optar al título de Biólogo. Universidad de Concepción.

Toledo, C. . (2020). Construyendo metrópolis en Chile: el caso ruta del agua como piloto de gestión del territorio metropolitano en el Gran Concepción. Territorios Y Regionalismos, (2), 15-23. Recuperado a partir de <http://revistasacademicas.udec.cl/index.php/rtr/article/view/2103>

Tucker, C. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8: 127–150.

Verdugo, R., & González, J. (2015). Liquefaction-induced ground damages during the 2010. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 280-295.

Verger F., Auphan É., Moniot C. (1971). Modèle Dynamique de la Pointe D’Arçay. Laboratoire de géomorphologie école pratique des hautes études. Du centre national de la recherche scientifique, Institut de géographie, Paris.

Vidal, C., & Martel, S. (2007). Ciudad y Riesgos Naturales: efectos del evento pluviométrico de julio de 2006 en el gran Concepción.

Vidal, C., & Romero, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En L. Pérez, & R. Hidalgo (Edits.), *Concepción Metropolitano (AMC). Planes, procesos y proyectos. Serie GEOlibros*, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Villagra, P., Rojas, C., Alves, S., Rojas, O. (2020). Spatial interactions between perceived biophilic values and urbanization typologies in wetland areas. *Landscape Urban Planning*. Q1 (In Evaluation). No publicado.

Villagrán, R., Aguayo, M., Parra, L., González, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79, 195-211.

Wincander, R., & Monroe, J. (2000). *Fundamentos de Geología* (trad. de 2da ed.). Mexico: International Thomson Editores.

Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International of Remote Sensing*, 3025-3033.

## XI. ÍNDICE DE FIGURAS

### Índice de Figuras

Nº Fig.	Nombre	Nº Pág.
1	Área de Estudio Sistema de Humedales Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo y Subcuencas aportantes	8
2	Expansión Urbana Área Metropolitana de Concepción	9
3	Propuesta de Modificación Plan Regulador Metropolitano de Concepción	9
4	Sitio Prioritario Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo	12
5	Distribución de peces en una cuenca de origen costero (estero Nonguén, Región del Biobío).	14
6	Registros geolocalizados de flora y fauna nativa y amenazada a partir de datos GBIF, SINIA, iNaturalist y ebird, y de sitios de concentración de aves migratorias y residentes	16
7	Principales unidades geológicas	18
8	Geomorfología (Ilabaca, 1980)	20
9	Geomorfología	21
10	Comportamiento estacional de las precipitaciones por meses (time scale).	22
11	Precipitaciones anuales estación Carriel Sur (DMC) 12 m.	23
12	Principales cursos hídricos superficiales de la subcuenca	24
13	Distribución de los encuestados	25
14	Participación total en la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales	28
15	Ubicación geográfica de los participantes de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales	28
16	Respuestas a pregunta 7 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales	29
17	Respuestas a pregunta 8 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales	29
18	Respuestas a la pregunta 10 de la Encuesta para la evaluación de valores y actividades culturales	30
19	Respuestas a la pregunta: "Represente, en 3 palabras, ¿Qué es un humedal para usted?"	32
20	Imagen asociada a la pregunta ¿Qué le evoca e inspira esta imagen?	37
21	Ejemplo de georreferenciación de actividades culturales en talleres	39
22	Distribución de actividades culturales identificadas en el Taller	41
23	Iniciativa Urbano y Ciudad	43
24	Habitantes por manzana censal	45
25	Habitantes por rango etario	46

Parte 1 de 6



Nº Fig.	Nombre	Nº Pág.
26	Habitantes por género	47
27	Viviendas por manzana	48
28	Densidad de población y viviendas	49
29	Clasificación socioeconómica	51
30	Roles prediales SII	53
31	Distribución de avalúos SII en el entorno del Sistema Humedal	54
32	Distribución de los avalúos total al interior del Sistema Humedal	55
33	Distribución de los valores de usos de suelo por metro cuadrado al interior del Sistema Humedal	56
34	Proporción de permisos de edificación	57
35	Urbanización Parque Central (Hualpén)	58
36	Permisos de edificación	58
37	Edificaciones por año	59
38	Gráfico de permisos de edificación por unidades	60
39	Permisos de edificación por unidades	61
40	Distribución de permisos según uso de destino	63
41	Permisos de edificación según destino por año	64
42	Permisos de edificación según destino por comunas	65
43	Indicadores espectrales aplicados	67
44	Indicador de humedad topográfica	68
45	Clasificación del Sistema de Humedales por el Inventario Nacional 2020	69
46	Extracción de las zonas de marisma	70
47	Medición de la salinidad en canales del Sistema Humedal	71
48	Localización sensores de presión	71
49	Proceso de información de sensores Hobo	72
50	Vinculación vértice "Facu"- Sensores Presión	72

Parte 2 de 6



Índice de Figuras

Nº Fig.	Nombre	Nº Pág.
51	Solución de vectores medidos	73
52	Cuadro de coordenadas de ubicación de sensores	73
53	Delimitación preliminar Taller N°1 del Sistema de Rocuant–Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví–Tucapel Bajo.	75
54	Observaciones recibidas en el período de recepción	79
55	Delimitación preliminar Taller N° 3 del Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco de Gama, Paicaví y Tucapel Bajo	83
56	Rellenos en Sitio Prioritario	84
57	Sitio web plataforma <i>mapas.urbancost.cl</i>	85
58	Interacción comunidad en plataforma <i>mapas.urbancost.cl</i>	86
59	Mapa resultado de un participante en el Curso de Teledetección	88
60	Distribución de los usos y coberturas de suelo	91
61	A la izquierda: registros geolocalizados de flora y fauna nativa y amenazada a partir de registros de presencia de especies. A la derecha: aportes del Comité Técnico Local recibidos en Taller N°2	93
62	Áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad del Sistema Humedal	94
63	Atributos de biodiversidad y presiones y amenazas	97
64	Caracterización de entrevistados. a) Sector del Comité Local, b) ¿Reside al interior de la subcuenca, c) ¿Hace uso de los SSEE de la subcuenca/humedal?	99
65	Capacidades de proveer servicios ecosistémicos de las unidades geomorfológicas-ecológicas del Sistema Humedal	101
66	Priorización de servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee el Sistema Humedal	102
67	Principales presiones que afectan la provisión de servicios ecosistémicos del Sistema Humedal	103
68	Efectos de la restauración ecológica en la provisión de servicios ecosistémicos a escala del Sistema Humedal	103
69	Inundación y anegamiento del Humedal Rocuant-Andalién (Brisas del Sol-Aeropuerto)	106
70	Río Andalién, 27 de junio de 2019	107
71	Peligro de inundación por desborde de cauces	108
72	Peligro de tsunami	111
73	La historia de los terremotos de Chile	113
74	Evidencias de Licuefacción en Concepción. a) Ruta costanera en Concepción; b) Línea de tren cercana a Concepción; c) Laguna Lo Custodio	115
75	Peligro de licuefacción	116

Nº Fig.	Nombre	Nº Pág.
76	Incendios forestales para 1984-2020 en las comunas de Concepción, Penco, Talcahuano y Hualpén	118
77	Ocurrencia de Incendios forestales en las cercanías del Humedal Rocuant-Andalién (2016-2018)	119
78	Niveles de exposición	120
79	Niveles de riesgo por inundación, tsunami e inundación por tsunami	122
80	Áreas relevantes y/o zonas de alto interés por riesgos naturales	123
81	Áreas de importancia sociocultural	124
82	Naturalidad de Sistema de Humedales	125
83	Usos predominantes planes reguladores comunales en el Sistema de Humedales	127
84	Condominio Valle Aníbal Pinto	128
85	Modificación del Plan Regulador Concepción	129
86	Zonificación PRMC actual y proyectado sobre Sistema Humedal	131
87	Zonificaciones del Plan Regulador Metropolitano actual y propuesto	132
88	Superficies según zonas de la actualización del Plan Metropolitano de Concepción	133
89	Infraestructuras proyectadas sobre el Sistema Humedal	134
90	Condiciones de flujo estival, represamiento puentes y bajo aporte agua dulce en Canal Ifarle	135
91	Comparación de mediciones sensor 01 (Exterior) y sensor 02 (Interior)	136
92	Canal de marisma en sector sur del Humedal Rocuant-Andalién	137
93	Determinación de influencia de marea salina y marea dinámica en el Sistema Humedal, con frecuencias de inundación	137
94	Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB)	139
95	Delimitación final del Sistema Humedal Rocuant-Andalién, Vasco Da Gama, Paicaví y Tucapel Bajo	141
96	Metodología general de trabajo con imágenes satelitales	147
97	Puntos de calibración y muestreo	151
98	Firmas espectrales de usos propuestos	153
99	Importancia de las bandas en la clasificación. <i>Los valores del eje Y indican la contribución de una determinada variable (Eje X) a la clasificación realizada por el algoritmo Random Forest</i>	154
100	Usos de suelos de la subcuenca	155



Índice de Figuras

Nº Fig.	Nombre	Nº Pág.
101	Terreno de toma de muestras en la subcuenca Andalién	157
102	Identificación de amenazas a nivel de subcuenca, en grupo 2; 4 de 8 coberturas analizadas	159
103	Áreas de mayor amenazas según percepción de actores del Comité Técnico Local	163
104	Mapa del grado de amenazas a nivel subcuenca	165
105	Distribución de registros de especies nativas y amenazadas y zonas de concentración de aves migratorias y residentes en la subcuenca	167
106	Áreas relevantes y/o zonas de alto interés para la biodiversidad a nivel de subcuenca	169
107	Priorización de servicios ecosistémicos más importantes que actualmente provee la subcuenca aportante del Sistema Humedal	172
108	Efectos de la restauración ecológica en la provisión de servicios ecosistémicos a escala de la subcuenca aportante del Sistema Humedal	173
109	Valoración de Servicios Ecosistémicos a escala de la subcuenca	174
110	Plan de Infraestructura Ecológica de la Región del Biobío, acercamiento (zoom) sobre área de estudio	178
111	Intervenciones propuestas sobre secciones del Sistema Humedal por parte del proyecto Ruta del Agua	179
112	Propuesta de red de Infraestructura Verde	181
113	Modelo conceptual simplificado de la degradación y restauración de un ecosistema	183
114	Metodología ROAM: fases y pasos	184
115	Mapa de actores elaborado por proyecto PAC-HRA, 2020	185
116	Estratificación del área a escala de humedal y subcuenca	186
117	Coberturas del suelo, paisaje subcuencas	190
118	Impedancias cobertura de humedales subcuenca	192
119	Conectividad ecológica	193
120	Niveles de capacidad de Servicios Ecosistémicos a escala de subcuenca	194
121	Niveles de prioridad de necesidades de restauración de unidades según percepción de actores	195
122	Priorización de necesidades de restauración según conectividad ecológica	196
123	Priorización de necesidades de restauración según servicios ecosistémicos	196
124	Espacialización de los criterios 1,2 y 3	196
125	Ponderación de criterios para establecer áreas de restauración	197



Índice de Figuras

Nº Figura	Nombre	Nº Pág.
126	Integración de criterios para establecer áreas de restauración	197
127	Proceso de superposición de capas de información geográfica con priorización de unidades del paisaje, conectividad y servicios ecosistémicos para la identificación de áreas de restauración	198
128	Valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas) resultantes de la evaluación multicriterio	199
129	Identificación de áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas)	200
130	Detalle en el Sistema Humedal de la identificación de áreas con prioridad de restauración alta y muy alta a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración para toda el área de estudio (nivel subcuencas)	200
131	Escenario de incorporación de más áreas para la restauración a nivel de subcuencas sobre la base de valores de restauración medios para toda el área de estudio (nivel subcuencas)	201
132	Integración de á. de int. biodiv. a nivel del Sist. Hum. y subc., áreas compl. para la rest. y áreas con prior. de rest. alta y muy alta a nivel de subc. sobre la base de valores de rest. para toda el área de estudio (nivel subc.)	202
133	Integración de áreas de interés para biodiv. a nivel del Sist. Hum. y subcuencas, áreas compl. para la rest., áreas con prioridad de rest. alta y muy alta a nivel de subcuencas y prop. de anillo verde para el AMC	203
134	20 áreas de rest. iniciales identif. tras la evaluación multicriterio, incluyendo un cuadrante de entorno para cada una de ellas e infor. contextual (registros de biodiversidad, zonificación del humedal y usos de suelo)	204
135	Actividad N° 1, Taller N° 5, 05 de abril 2021	205
136	Actividad N°2, Taller N° 5, 05 de abril 2021	206
137	20 áreas de restauración según grado de priorización, incluyendo un cuadrante de entorno para cada una de ellas	208
138	Red de Infraestructura Verde proyecto Asociación de Municipios Región del Biobío	209
139	Sociograma de vínculos del Comité Técnico Local	211
140	Composición porcentual del Comité Técnico Local	212
141	Cantidad de personas registradas en asistencia e inscripción a talleres	213
142	Ejemplo extraído de la encuesta de evaluación Taller N°3, 22 de enero 2021	213



**URBANCOST**  
Costos de urbanización en la costa

<http://www.urbancost.cl/>