

## RESUMEN EJECUTIVO

---

Mayo 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.”



### El sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, Región del Biobío

Chile cuenta con más de 5 millones de hectáreas de humedales, sin embargo ecosistemas costeros y urbanos en la Eco-región Mediterránea Chilena han sufrido una serie de alteraciones, encontrándose hoy en día en un estado de vulnerabilidad. La importancia de los humedales 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 principales consecuencias de estas alteraciones 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, relevándose la importancia en su restauración. Por ello, nace el proyecto **GEF Humedales Costeros**, dirigido por el Ministerio de Medio Ambiente, cuyo objetivo 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 disminuyendo las amenazas y presiones sobre las cuencas aportantes que soportan las actividades humanas de importancia local.

Uno de los ecosistemas pilotos es el sistema humedal **Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, Región del Biobío** (Figura N°1), uno de los humedales 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. En este sentido el objetivo general 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”.

Figura N°1: Sistema humedal Rocuant- Andalién, Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel



Fuente: Urbancost, Septiembre de 2021.

El sistema humedal se localiza en el área metropolitana de Concepción (región del BíoBío), territorio costero y segundo asentamiento urbano de Chile (más de 1 millón habitantes), justamente forma parte de un paisaje con alta presencia de humedales por los procesos tectónicos y ciclos marinos que modelaron paleobahías, está inserto en las subcuencas costeras, cuyo principal afluente es el río Andalién. En los últimos años han proliferado una serie de estudios del proceso de urbanización e industrialización en desmedro de lagunas, humedales y vegetación nativa (Villagrán et al., 2006; Smith & Romero, 2009; Isla et al., 2012; Sepúlveda et al., 2012; Rojas et al., 2013; Rojas et al., 2015; Rojas et al., 2017; Rojas et al., 2019). En este sentido, este estudio contribuye a una actualización del estado del sistema con un enfoque de cuencas y restauración, respondiendo a los siguientes objetivos específicos:

#### 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)

A continuación se presentan los principales resultados.

#### Los límites del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo

La delimitación se realiza considerando el carácter ecológico de un humedal, el cual 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). Como se ha descrito el Sistema de Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, se sitúa en una zona de creciente presión por uso residencial e industrial y dentro de un límite urbano definido por el *Plan Regulador Metropolitano de Concepción* (MINVU, 2003). En este marco, Chile desde el año 2020 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”. Los criterios de la reciente Ley de protección de humedales urbanos indican que un humedal se delimita cumpliendo uno de los siguientes tres criterios: (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.

Los antecedentes revisados incluyeron aspectos biológicos, geomorfológicos-geológicos, hidrológicos y culturales, a su vez se realizó un procesamiento de imágenes satelitales, junto al levantamiento de datos en talleres con el Comité Técnico Local, compuesto por más de 30 actores y una serie de trabajos en terreno.

Entre sus características principales, destaca en términos de **biodiversidad** la presencia de peces y anfibios como el pez *Cheirodon galusdae* (Pocha), los anfibios *Pleurodema thaul* (Sapito de cuatro ojos) *Batrachyla taeniata*. En términos de vegetación, si bien existen especies exóticas se destacan nativas como la *Sarcocornia*

*fruticosa* (Sosa de mar) y *Spartina densiflora* (Llinto) en la marisma y vegetación ripariana y estuarina (ej. *Bahía ambrosioides*, *Gracilaria chilensis*, *Juncus capitatus*, *Juncus procerus*, *Polygonum persicaria*). Especial relevancia para el sistema son las aves migratorias y residentes en el sistema, destacando la existencia de sitios con presencia regular de más del 1% de la población global de Pilpilén común, más las aves *Ardea cocoi* (Garza cuca) *Cygnus melancorypha* (Cisne de cuello negro) y *Carduelis barbatus* (Jilguero) *Sturnella loyca* (Loica), gaviota de Franklin, gaviotín elegante, zarapito común, pitotoy chico, rayador, pilpilén, perritos, patos, y siete colores.

En los aspectos **geomorfológicos** y **geológicos** en la zona se identifican cuatro unidades de origen sedimentario (i) *Secuencias sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno (Qm)*, (ii) *Secuencias sedimentarias del Eoceno (E1c)*, (iii) *Secuencias sedimentarias del Cretácico Superior (Ks1m)* y (iv) *Rocas intrusivas del Carbonífero-Pérmico (CPg)*, solo la formación *Qm* y *E1c* son visibles en superficie desde el sector el Morro hasta la desembocadura del Río Andalién, con presencia de limos, arcillas, materiales orgánicos finos y turba con un color gris, estos depósitos se asocian al efecto de las mareas y las crecidas del Río Andalién (Munizaga, 2015). La geomorfología, nos indica que las ciudades de Talcahuano y Concepción se ubican en una depresión tectónica, con presencia de cerros islas de aproximadamente 60 metros de altitud, afectada por la acción del mar y la acción del transporte de sedimentos de los sistemas fluviales Biobío y Andalién, conformando la llamada "llanura depositacional", del Río Biobío, constituida principalmente por arenas negras basálticas finas y gruesas (Mardones, 1978). Se reconocen las siguientes unidades: zona marina adyacente (1021 ha), playas (22.0 ha), dunas (228.8 ha); plataforma de erosión marina (127.6 ha), llanura en arenas de dunas (209 ha), plataforma de marisma (1204 ha), estuario (209 ha), zonas ocupadas temporalmente por crecidas de cauces naturales y/o artificiales, o llanura de inundación (1013 ha), el paleocauce del río Biobío (643 ha) y humedal palustre (281 ha).

El **clima** se define como 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. Las precipitaciones se concentran 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. La **hidrología superficial** se alimenta de tres fuentes principales: a) hidrología superficial, cuya principal fuente es la subcuenca del Andalién (715 Km<sup>2</sup>), 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 (Rojas, 2015) y los canales El Morro y Canal Ifarle para evacuación y drenaje de aguas lluvias, localizados al oeste del Sistema Humedal; b) aporte marino y el c) aportes subsuperficial-subterráneos proveniente del denominado "Acuífero Talcahuano. Los dos últimos aportes son relevantes para mantener la hidrología del sistema humedal.

Los **aspectos socioculturales** indican un fuerte vínculo con la comunidad, en especial en los humedales palustres y un fuerte conocimiento del humedal como un sistema ecológico, entendiéndolo un área condiciones ambientales bajo un delicado equilibrio ecológico, donde interactúan los ámbitos (sistemas) terrestres, atmosférico y acuático, reconociéndose aporte culturales en la recreación, la investigación, la fotografía y el turismo de avistamiento de aves, siendo las actividades más valoradas las oportunidades para la educación ambiental y la investigación.

Las condiciones **socioeconómicas**, definitivamente comprobaron la demanda por la realización de urbanizaciones y proyectos de infraestructura e inmobiliarios sobre y en el entorno del sistema de humedales, principalmente en Talcahuano, bordes del Andalién y en la ciudad de Concepción, en terrenos relativamente baratos de acuerdo al valor del metro cuadrado de SII. Los precios oscilan entre los 2 pesos hasta los 27 millones de pesos con un valor promedio por metro cuadrado de 161.158 mil pesos. Además existen actualmente 31.110 viviendas distribuidas entre 1 y un máximo de 1245 unidades por manzana censal, distribuidas en conjuntos

habitacionales de densidad baja (1 a dos pisos), por ejemplo Brisas del Sol , de interés de para los grupos socioeconómicos C2 y C3, es decir ingresos promedio entre los 899 mil pesos a 1 millón trescientos sesenta mil pesos, además entre el año 2010 y 2019 se han ingresado 713 permisos de edificación, siendo más intensa la urbanización en los años 2014 y 2015, en los últimos tres años los permisos se han localizado en el humedal Paicaví, promovándose un modelo de ciudad que ocupa más suelo en torno a los humedales, requiriendo con urgencia modelos urbanos más sustentable, por ejemplo que consideren una zona de amortiguación entre el ecosistema y las viviendas próximas.

El estudio indica que el sistema actual humedal **Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo** año 2020, cuenta con 2955,5 ha. La delimitación final incluyó procesos de teledetección y fotointerpretación para la marisma y los humedales palustres, tales como: indicadores de vegetación normalizada (NDVI), índice de humedad topográfico, índice de agua normalizado (NDWI), junto con un análisis del efecto de las mareas y la determinación de la intrusión salina. Además de verificación con el reciente Inventario nacional de humedales 2020, terreno y trabajo participativo en talleres con el comité técnico local. Esto permitió reconocer las siguiente tipologías.

Figura N°2: Tipologías Sistema Humedal

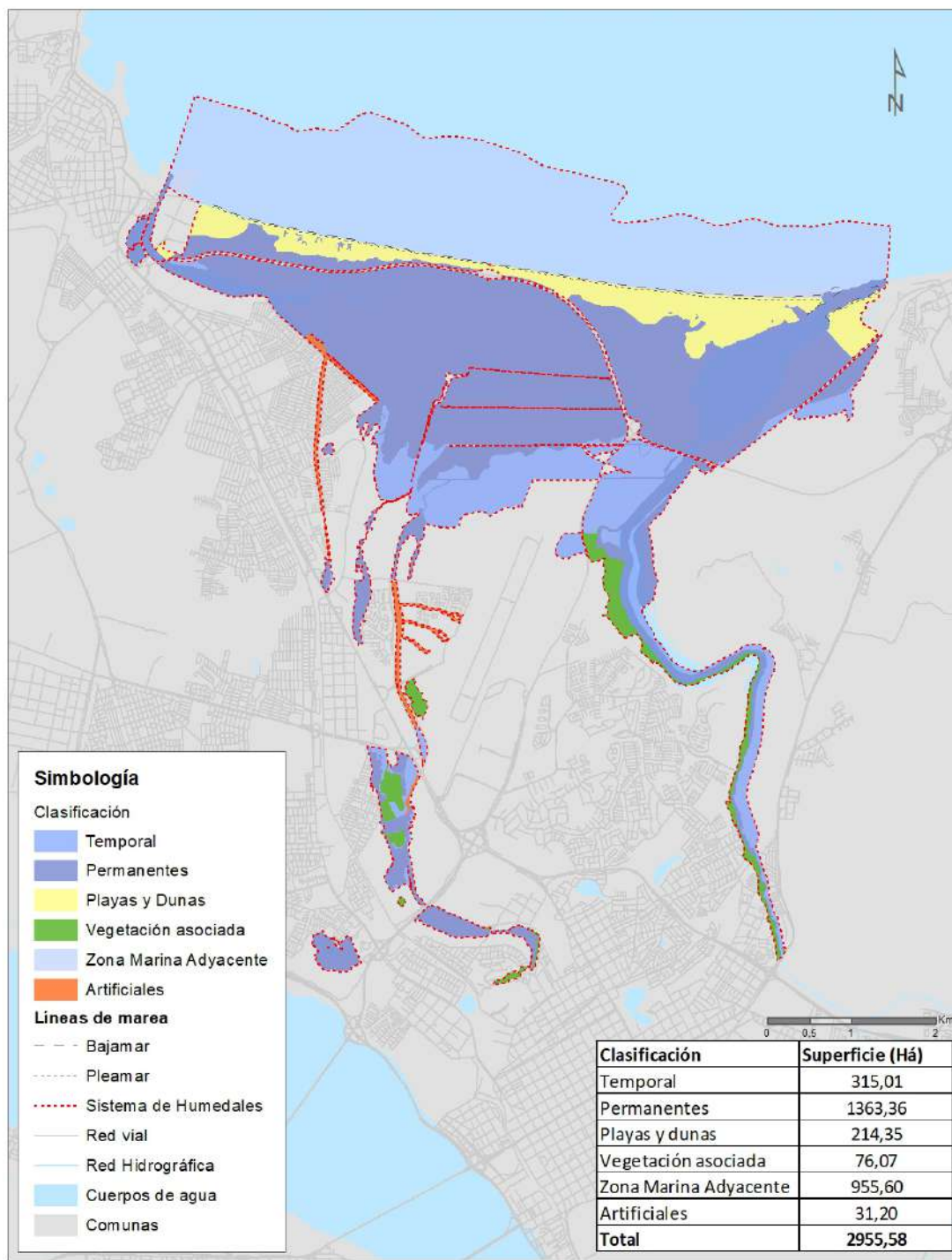
Propuesta	Descripción	Imagen de referencia
<b>Humedal Semipermanente</b> (Temporalmente inundado)	Secciones de la marisma inundadas temporalmente por crecidas y mareas.	
<b>Humedal Permanente</b>	Sectores de la marisma, asociado a la parte estable colonizada principalmente por " <i>Spartina Densiflora</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 barras de arenas del estuario	
<b>Vegetación asociada</b>	Vegetación circundante, como praderas, matorrales y otras especies que se asocian al ecosistema del humedal.	

Fuente: Urbancost 2021.

El sistema 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. El sistema también está compuesto por humedales palustres formados por paleocuacces del Río Andalién y Biobío que presentan vegetación hidrófita, estos corresponden a los humedales Vasco de Gama- Paicaví y Tucapel Bajo, los 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 1363,36 ha,

playas y dunas 214,3 ha, vegetación asociada 76,07 ha, humedales artificiales 31,20 ha y Zona Marina Adyacente 955,6 há, totalizando 2955,5 ha.

Figura N°3: Cartografía delimitación del sistema humedal



Fuente: Urbancost 2021.

## Usos y cobertura de suelo del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo

Los **usos y coberturas del suelo** en el sistema humedal y su entorno inmediato se caracteriza por un 72% de áreas naturales, 12% de áreas residenciales urbanas, 10% de usos destinados a servicios e equipamientos, 4% usos silvoagropecuarios y 2% para áreas verdes y de recreación no agrícolas. Principalmente en las áreas naturales zonas de alto interés para la biodiversidad o zonas potenciales para la preservación y/o medidas estrictas de conservación, por concentrar especies de flora vascular y fauna vertebrada amenazada, estas principalmente se ubican en la marisma, canal Ifarle y desembocadura del Río Andalién.

Las zonas de **importancia sociocultural** abarcan prácticamente todo el borde costero, destacándose la playa Los Negros en Penco, la playa en Rocuant y la caleta el Morro en Talcahuano. En tanto, los **servicios ecosistémicos** que proporciona el humedal principalmente son culturales, de regulación y de aprovisionamiento. 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. Estos beneficios se ven impactados por una serie de **amenazas**, las cuales están relacionadas principalmente por las frecuentes intervenciones y artificialización de las coberturas naturales, se identificó: falta de señalética, drenaje de humedales, canalización inadecuada de cauces de ríos y aguas lluvias, relleno de humedales (los cuales se han verificado en terreno), emplazamiento industrial, construcción de caminos, presencia de basuras y escombros, ampliación del aeropuerto, manejo inadecuado del ganado, quemas inducidas, manejo inadecuado de mascotas y contaminación.

Los **riesgos naturales** presentes y que pueden ocasionar perturbaciones son: inundaciones fluviales y; tsunami y terremotos y licuefacción. La exposición alta a peligros de origen natural para las áreas urbanas con viviendas es de un 13%. Respecto 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. En concordancia con los resultados 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. Las zonas de interés medio (37%) se emplazan hacia el sur en las zonas restantes del sistema de humedales

Respecto a los **usos** definidos por los instrumentos de **planificación territorial**, destacaremos el plan regulador metropolitano de Concepción, ya que es el que cubre toda la superficie y tiene competencias sobre la conurbación. Los usos destinados están planificados principalmente para la urbanización, sin embargo, la zona de valor natural (ZPVN) más áreas verdes, zona de asentamiento costero, drenaje, de interés silvoagropecuario y playas, totalizan 887,3 hectáreas aproximadamente de la superficie terrestre del humedal, es decir un 44%.

En caso del plan metropolitano propuesto, modifica esta zonificación y define un área de parques y áreas verdes intercomunales y de protección costera que totalizarían 1325 ha, aproximadamente un 65% del sistema.

### Usos y coberturas de suelo de las subcuencas aportantes del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo

Los usos y coberturas de la subcuenca mostraron una distribución dominante de las plantaciones forestales, principalmente en áreas de la Cordillera de la Costa con un 45% de cobertura, seguida por los matorrales con un 13%, estos se ubican cercanos a las zonas de plantación y a drenes de la red hídrica. El bosque nativo mixto y remanente, ubicado en las laderas representa un 13%, mientras que el bosque nativo asociado a las áreas protegidas, tan solo un 2%. La urbanización con los humedales convergen en la parte baja de la cuenca, los humedales representan solo el 2% del territorio, mientras que la urbanización el 4%, un porcentaje bajo pero muy concentrado en la planicie litoral. Los usos y cubiertas para la agricultura y las praderas, representan el 5% y se emplazan en los valles con baja pendiente.

A pesar de la artificialización y forestación de las subcuencas relacionadas con pérdidas de biodiversidad, aún persisten zonas de alto interés para la biodiversidad con especies nativas y amenazadas, atributos naturales, tipos de vegetación y ecosistemas, viéndose más reflejado en los cuerpos de agua y la vegetación de sus riberas, y en el bosque nativo aún presentes, destacando 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. Aunque son áreas altamente amenazadas por avance de las exóticas, la tala, incendios forestales, rellenos y por la existencia de basurales

Los servicios ecosistémicos más valorados de las subcuencas son culturales y de regulación, especialmente en cursos de agua y sus entornos. En servicios culturales, destacaron las coberturas de bosque nativo en reservas, cuerpos de agua dulce, bosques mixtos y nativos en reservas y vegetación de ribera. En 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.

### Áreas prioritarias a restaurar con enfoque de cuenca en el Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo

La restauración permite ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido, en este caso el sistema humedal. En el estudio, se adapta la metodología ROAM (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN) y con evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica de la percepción de actores, la conectividad ecológica y servicios ecosistémicos se determinan áreas potenciales de restauración. A nivel de subcuenca se reconocen 6.053 hectáreas con este potencial. A su vez la evaluación multicriterio, prioriza 17 áreas para la restauración del sistema humedal para su uso racional con un enfoque de cuencas, estas áreas corresponden a 418 ha y se distribuyen principalmente en la parte baja de las subcuencas.

La validación y priorización de las áreas de restauración, responde a un criterio de consenso entre los actores del comité técnico local, determinando las 5 áreas con primera prioridad, las 12 restantes adquirieron la condición de media o baja prioridad, distribuyéndose según el siguiente mapa.



Figura N°4: Cartografía de Áreas de restauración jerarquizadas



Fuente: Urbancost 2021.

Las áreas con más alta prioridad de restauración son: Carriel Norte, Humedal Vasco de Gama o San Andrés / Chimalfe, Humedal Paicaví – Tucapel Bajo, Meandro y Río Andalién, Desembocadura Río Andalién y zona cercana a la desembocadura del Río.

### 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 y 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 acciones de conservación del proyecto GEF. Es importante para el buen funcionamiento del sistema que las futuras intervenciones apunten al uso racional de los humedales y sigan los criterios de sustentabilidad de la Ley 21.202. También es esperable que los proyectos como mínimo tengan una visión de sustentabilidad, considerando un horizonte a 2030, siguiendo la agenda de sustentabilidad de Naciones Unidas y 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 y ecológica, que afectan su biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, procesos que además inciden en su degradación y pérdida 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 presente delimitación, 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 área de alta prioridad entre otras acciones, donde potenciales socios son la Asociación de Municipios de la Región del Bío Bío y la nueva Gobernación Regional.

A pesar que Chile acoge a la convención Ramsar y al convenio de diversidad biológica, se concluye que iniciativas de conservación, protección, y restauración como las aquí propuestas en entornos urbanos son muy complejas, ya sea porque existe una fuerte demanda por desarrollos inmobiliarios e infraestructuras. Por tanto es fundamental la actualización del sistema humedal a una zona de valor natural en el nuevo plan regulador metropolitano de Concepción. Debido a las condiciones naturales de los ecosistemas, la persistencia de biodiversidad y las amenazas del cambio climático, entre otras razones indican que la zona de emplazamiento y de entorno del sistema, debe cambiar la orientación del desarrollo urbano y de las futuras intervenciones de infraestructuras, introduciendo criterios de infraestructura verde, drenaje urbano sustentable, diseño sensible al agua y también de soluciones basadas en naturaleza.

### Bibliografía

- Diario Oficial de la República de Chile (2020). Ley N° 21.202 Ley de Protección de humedales urbanos.
- 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.
- 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.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU (2003). Plan Regulador Metropolitano de Concepción.
- 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.
- 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., Pino, J., Basnou, C. & Vivanco, M. (2013). *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., Sepúlveda, E., Barbosa, O., Martínez, C. & Rojas, O. (2015). *Patrones de Urbanización en la Biodiversidad de humedales urbanos en Concepción Metropolitana*. Revista de Geografía Norte Grande, N°61, 181-204.

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 planning. Land Use Policy, 80, 47 - 56.

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.; Rojas, C.; Martínez, C.; Flores, L. (2017) Urban Growth and Flood Disasters in the Coastal River Basin of South-Central Chile (1943–2011). *Sustainability*, 9, 195.

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.

Smith, P. & Romero, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lenga. Revista de Geografía Norte Grande 43: 81-93.

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.