

EVIDENCIAS DEL IMPACTO DE LA  
URBANIZACIÓN EN EL SISTEMA DE  
HUMEDALES DEL ÁREA METROPOLITANA  
DE CONCEPCIÓN (CHILE)

SUMARI

**1. Introducció**

**2. Método**

2.1. Delimitación y caracterización

2.2. Urbanización

2.3. Percepción

2.4. Efectos socioespaciales

**3. Resultados**

**4. Discusión**

**5. Conclusiones**

**6. Agradecimientos**

**7. Bibliografía**

# EVIDENCIAS DEL IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN EN EL SISTEMA DE HUMEDALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN (CHILE)

## 1. Introducción

Las áreas metropolitanas del mundo han ido perdiendo su patrimonio natural y, en consecuencia, servicios ecosistémicos asociados. La urbanización es la causante directa o indirecta de pérdidas de áreas naturales (van Vliet, 2019), siendo los humedales uno de los ecosistemas más dañados. De hecho, en las tres últimas décadas, Latinoamérica lidera la pérdida de humedales (Darrah et al., 2019). Chile, al ser uno de los países más urbanizados de la región, no es ajeno a esta problemática, ya que concentra el 60% de su población en tan solo 3 áreas metropolitanas: Santiago, Valparaíso y Concepción (OECD, 2013), de las cuales las dos últimas son costeras, aunque todas con algún grado de presencia de humedales, que además padecen los efectos de la sequía y con el enorme desafío de adaptarse al cambio climático.

Concepción Metropolitana (Figura 1), segundo asentamiento urbano de Chile (alrededor de 1 millón de habitantes), se inserta en un área donde los procesos tectónicos y ciclos marinos modelaron paleobahías que condicionan la existencia de humedales costeros y relictos, hoy llamados humedales urbanos, junto con lagunas costeras, afectadas por el proceso de urbanización (Isla et al., 2012). Concepción, además de ser un territorio costero, también es un fiel reflejo de la complejidad de conservar ecosistemas en entornos metropolitanos de rápida urbanización, alta dispersión urbana e industrialización. Su desarrollo urbano y económico, principalmente industrial, siempre ha estado condicionado por la presencia de agua, pero en desmedro de lagunas, humedales y vegetación nativa (Smith y Romero, 2009; Rojas et al., 2013), afectando especialmente los humedales costeros y los remanentes de humedales palustres en medio de barrios totalmente construidos. Los antecedentes muestran que 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 y Romero, 2009), y desde el 2000 en adelante más de 500 hectáreas de humedales se perdieron (Rojas et al., 2013a). El impacto no ha sido solo en pérdidas de superficie, sino también en afectación de la biodiversidad (Villagrán et al., 2006; Pauchard et al., 2006; Sepúlveda et al., 2012; Rojas et al., 2015).

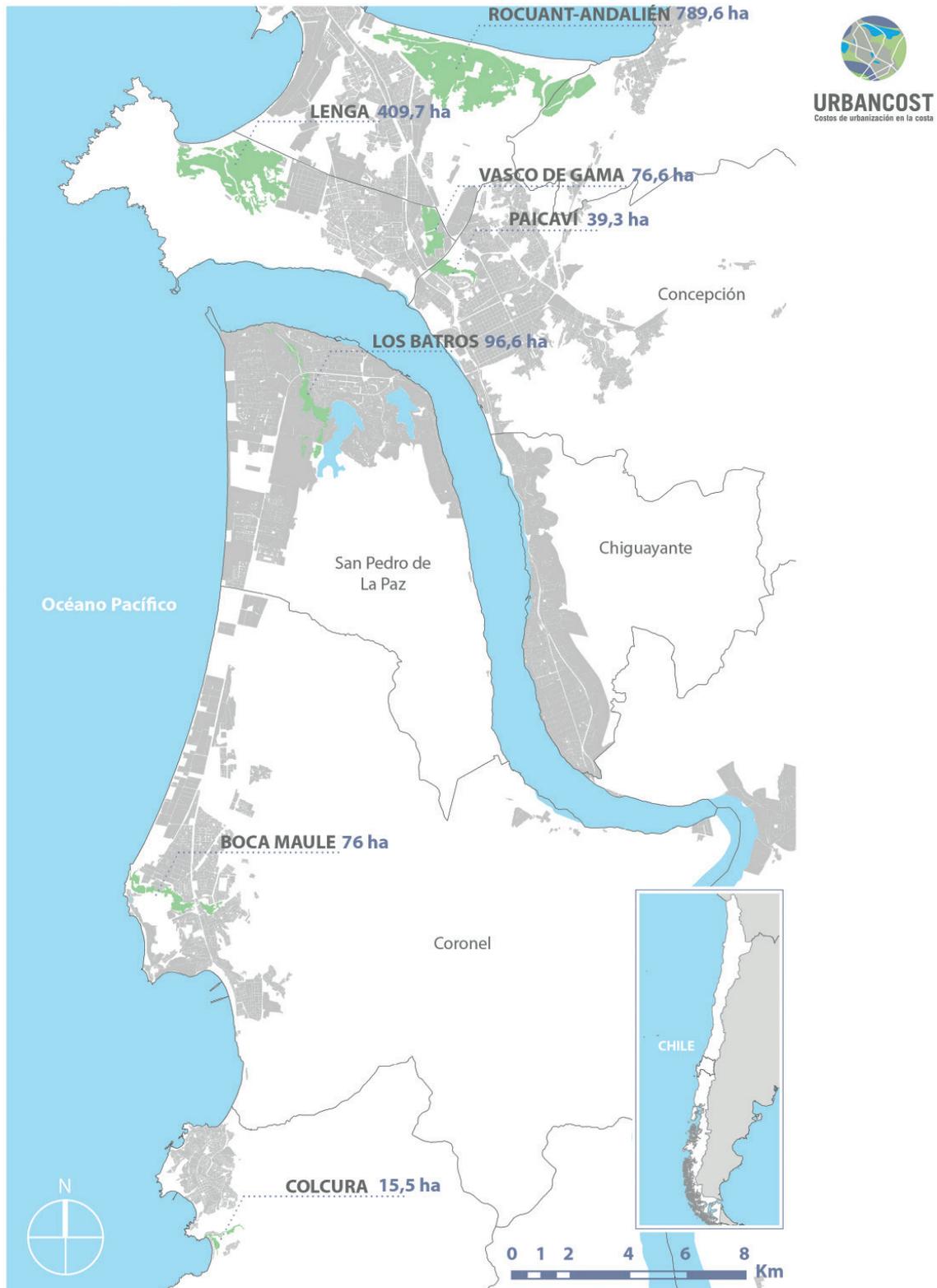
Otra de las múltiples complejidades de este territorio es que gran parte de las pérdidas recientes (después del 2000) de estos ecosistemas se producen en vigencia de un instrumento de planificación territorial. Sabemos que, en áreas metropolitanas internacionales, como Barcelona, estos instrumentos tienden a reconocer espacios de alta valoración o capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos fuera de la región metropolitana, pero han ido en desmedro de espacios naturales en las áreas periurbanas y sobretudo de las áreas urbanas (Baró et al., 2016), y una situación similar ocurre en Concepción Metropolitana. De hecho, el Plan Regulador Metropolitano, vigente desde el año 2003 y hoy en actualización, no ha mostrado impactos positivos en las áreas naturales remanentes y tampoco en las áreas protegidas, presentándose disminuciones en la conectividad ecológica (Rojas et al., 2013b; Rojas et al., 2017) de estos ecosistemas, y demostrando que, al menos para este caso de estudio, una planificación urbana del paisaje que conserve humedales o promueva corredores verdes integrado por estos, como en el caso emblemático del anillo verde de Vitoria-Gasteiz, en España (Centro de Estudios Ambientales, 2012), ha sido prácticamente imposible bajo las normas urbano-territoriales vigentes.

En este sentido, desde el año 2015 y ante el rápido proceso de urbanización sobre humedales, se desarrolla formalmente la investigación URBANCOST (costos de urbanizar la costa), una plataforma científica que mide los múltiples efectos de la urbanización en el sistema de humedales del Área Metropolitana de Concepción, mediante dos proyectos de investigación financiados por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Chile, cuyos objetivos se detallan a continuación:

*Efectos de la urbanización en la conservación de la biodiversidad de humedales costeros (URBANCOST) (2015-2018). FONDECYT 1150459.*

Objetivo general: Identificar y analizar los patrones de urbanización y sus efectos en las potenciales modificaciones de la biodiversidad en los humedales costeros de Rocuant-Andalién y Los Batros, en el Área Metropolitana de Concepción, con la finalidad de orientar lineamientos para su conservación en una planificación urbana más orientada al desarrollo urbano sustentable.

Figura 1. Mapa de localización y superficies de humedales urbanos del Área Metropolitana de Concepción.



Fuente: Proyecto DONDECYT n.º 1150251. Imágenes de GeoEye.

*Efectos de urbanización y accesibilidad en los humedales urbanos del Área Metropolitana de Concepción (URBANCOST II) (2019-2022). FONDECYT 1190251.*

Objetivo general: Analizar cómo la expansión de las ciudades del Área Metropolitana de Concepción en diferentes tejidos urbanos organizados en tipologías de barrios, más su respectiva accesibilidad a los humedales urbanos, interactúan y afectan la pérdida de

superficie, percepción de la provisión de servicios ecosistémicos y mitigación de las inundaciones, para así establecer criterios de integración de los beneficios de la naturaleza de estos ecosistemas, en pro de un desarrollo urbano sustentable y resiliente.

Los resultados de ambos proyectos han permitido fortalecer el conocimiento de los humedales urbanos en Chile por medio de publicaciones, discutiendo sus re-

sultados con experiencias internacionales y locales, además de una vinculación con la sociedad, permitiendo fortalecer políticas públicas con evidencias para la mitigación y adaptación al cambio climático de cara a la COP25 (Muñoz et al., 2019; Marquet et al., 2019) y la reciente Ley de protección de humedales urbanos (Senado de Chile, 2019), entre otros.

## 2. Método

Los métodos utilizados principalmente provienen desde la geografía, en colaboración con otras disciplinas, como: urbanismo, biología, hidrología y psicología; por tanto, es una investigación interdisciplinaria con un enfoque socio-ambiental.

Básicamente, los métodos y técnicas utilizadas se pueden resumir en: i) delimitación y caracterización, ii) urbanización, iii) percepción, iv) efectos socio-espaciales.

### 2.1. Delimitación y caracterización

La caracterización biofísica de estos ecosistemas se ha realizado mediante la identificación de la cobertura vegetal, en primer lugar para delimitar los perímetros de los humedales utilizando diversas técnicas de teledetección y sensores. Se ha utilizado el clasificador *Maximun Likelihood* en Landsat (30 metros), luego se ha aumentado la resolución utilizando imágenes *Rapid Eye* (5 metros) y clasificador *C-Support Vector Machine (C-SVM)*, hasta trabajar con imágenes *WorldView-2* por medio de fotointerpretación. Recientemente se ha usado el *Ramdon Forest*, que permite reconocer la clase humedal como áreas húmedas que se mantienen permanente o temporalmente inundadas y marismas, fortaleciéndose con la aplicación de indicadores de vegetación, trabajo de terreno y fotointerpretación.

La biodiversidad ha sido medida mediante indicadores de riqueza de vegetación (plantas), y el desarrollo de indicadores de naturalidad y conectividad ecológica.

### 2.2. Urbanización

El nivel de urbanización se analiza mediante medición de la superficie urbanizada y su dispersión por medio de la fotointerpretación de los tejidos urbanos con imágenes *WorldView-2*, permitiendo diferenciar entre tejidos densos y de baja densidad, de tipos dispersos y ajardinados. Posteriormente se evalúa el efecto local en torno a los humedales con variables descriptivas de este fenómeno: Distancia a carreteras, Superficie urbanizada, % de superficie urbanizable, Densidad de población, Densidad de viviendas, Distancia al centro, Carreteras, Áreas verdes y Distancia a cuerpos de agua, entre otras.

### 2.3. Percepción

La percepción ha sido analizada mediante encuestas semiestructuradas sobre el valor de la biofilia y también de los servicios ecosistémicos, junto a la toma de datos socioeconómicos y de accesibilidad. Las encuestas se aplican a muestras representativas de la población según las tipologías de barrios que bordean los humedales. Se exploran diferencias significa-

tivas en la percepción de los humedales usando ANOVA y T-Test entre las variables de valoración de la biofilia (ej: utilitario, estético, etc.), las variables socioeconómicas (ej: sexo, educación, etc.) y físicas (ej: tipología de barrio). También se exploró el efecto de las variables espaciales (ej: proximidad) que afectan a la valoración mediante medidas de autocorrelación espacial (ej: índice de Moran y densidad de Kernel).

### 2.4. Efectos socioespaciales

Se han medido los efectos de la urbanización por medio de regresiones múltiples geográficas: Regresión (OLS (Mínimos cuadrados ordinarios) y WGR (Regresión geográfica ponderada), generación de indicadores de evaluación de las áreas inundables (profundidades, velocidades, volúmenes) en comparación con las superficies urbanas en el entorno de los humedales, e indicadores de accesibilidad para observar el potencial de acceso para recreación u otros usos. Finalmente, para ver efectos de la planificación, se realizan superposiciones espaciales con el plan territorial metropolitano en sistemas de información geográfica.

## 3. Resultados

La delimitación de los humedales ha sido un proceso complejo, debido a la dinámica de variación temporal de estos ecosistemas. Las múltiples técnicas de teledetección y el trabajo en el terreno han permitido distinguir claramente los cuerpos de agua de la vegetación, con variaciones temporales en superficie. Nuestras últimas mediciones con imágenes *GeoEye* del año 2019 indican para los humedales urbanos de Concepción las siguientes cifras: Lenga (409,7 ha), Marisma Rocuant-Andalién (789,6 ha), Vasco de Gama (76,6 ha), Paicaví (39,3 ha), Los Batros (96,6 ha), Boca Maule (76 ha) y Colcura (15,5ha), aunque nuestro principal criterio ha sido la vegetación.

Los análisis de vegetación publicados en el artículo «Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción Metropolitana» han mostrado que la riqueza está relacionada con el tipo de humedal; por ejemplo, en Los Batros (palustre agua dulce) predominan la totora o batro (*Schoenoplectus californicus*), mientras que en Rocuant-Andalién (marisma) existe un escaso número de especies, escasez relacionada con la elevada salinidad del ecosistema, lo cual determina una vegetación poco diversa y bastante homogénea; asimismo, las distribución de plantas nativas es menor en humedales que presentan una mayor heterogeneidad vegetal, como el humedal Paicaví (Rojas et al., 2015).

En cuanto a la naturalidad de la vegetación, se propuso un indicador territorial de 0 a 1, el cual permitió comprobar el grado de intervención de la vegetación de los humedales por variables urbanas como la superficie urbanizable, las carreteras y la densidad de población, siendo más alto el valor en el humedal Laguna Verde (0,67) y más baja solo en humedales con un entorno menos construido, como el humedal Paicaví (Rojas et al., 2015).

La conectividad ecológica como indicador de funcionalidad ecológica del paisaje también ha mostrado cómo los humedales son uno de los ecosistemas me-

**Figura 2.** Composición taxonómica, porcentaje de cobertura y origen de las especies de plantas encontradas en los humedales palustres del Área Metropolitana de Concepción.

Familia	Especie	Origen	L.V.	P.	S.A.	R.A.	L.	C.E.
Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i> L.	N	0	0,1	0	0	0	4
Alismataceae	<i>Alisma lanceolatum</i> With.	I	0	0,01	0	0	0	0
Chenopodiaceae	<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) Scott.	N	0	0	0	22	28	0
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	I	0	0	0	0	0	3
Cyperaceae	<i>Carex riparia</i> Curt.	N	0	26	10	0	0	0
	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	N	7	23	20	0	0	0
	<i>Cyperus</i> sp.	N	0	0	0	0	0	42
	<i>Schoenoplectus</i> sp.	N	0	0	0	0	0	11,25
	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soyák	N	36	30	30	0	0	7,25
Juncaceae	<i>Juncus procerus</i> E. Mey.	N	44	0	8	20	0	0
Poaceae	<i>Paspalum paspalodes</i> (Michx) Scribner	I	0	0,1	15	0	0	0
	<i>Agrostis</i> sp.	I	0	0	0	0	0	0
	<i>Spartina densiflora</i> Brongn.	N	0	0	0	28,82	51	0
	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	I	0	0	0	0	0	0
	<i>Poa</i> sp1	I	11	12	0	0	0	0
	<i>Poa</i> sp2	I	0	0	0	20	10	10
	<i>Thypha dominguensis</i> Pers.	N	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Baccharis sagittalis</i> (Less.) D.C.	N	0	0	2	0	0	0
	<i>Bidens laevis</i> (L.) B.S.P	I	0	0	0	0	0	21
	<i>Cotula coronopifolia</i> L	I	0	0	0	9	11	0
	<i>Anthemis cotula</i> L.	I	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Trifolium</i> sp	I	0	2	0	0	0	0
	<i>Galega officinalis</i> L.	I	0	0	0	0	0	0,43
Hydrocotylaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.	I	0	0,4	0	0	0	0
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i> L.	I	2	5	6	0	0	1
	<i>Rumex acetosella</i> L.	I	0	0	0	0	0	0
	<i>Rumex crispus</i> L.	I	0	0,1	9	0,18	0	0
Brassicaceae	<i>Sisymbrium officinale</i> L.	I	0	0	0	0	0	0
	<i>Raphanus sativus</i> L.	I	0	0	0	0	0	0
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	I	0	0	0	0	0	0

Nota: L.V.: Laguna Verde; P.: Paicaví; S.A.: San Andrés; R.A.: Rocuant Andalién; L.:Lenga; C.E.: Cuatro Esquinas.  
Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Artículo «Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción Metropolitana» (Rojas et al., 2015).

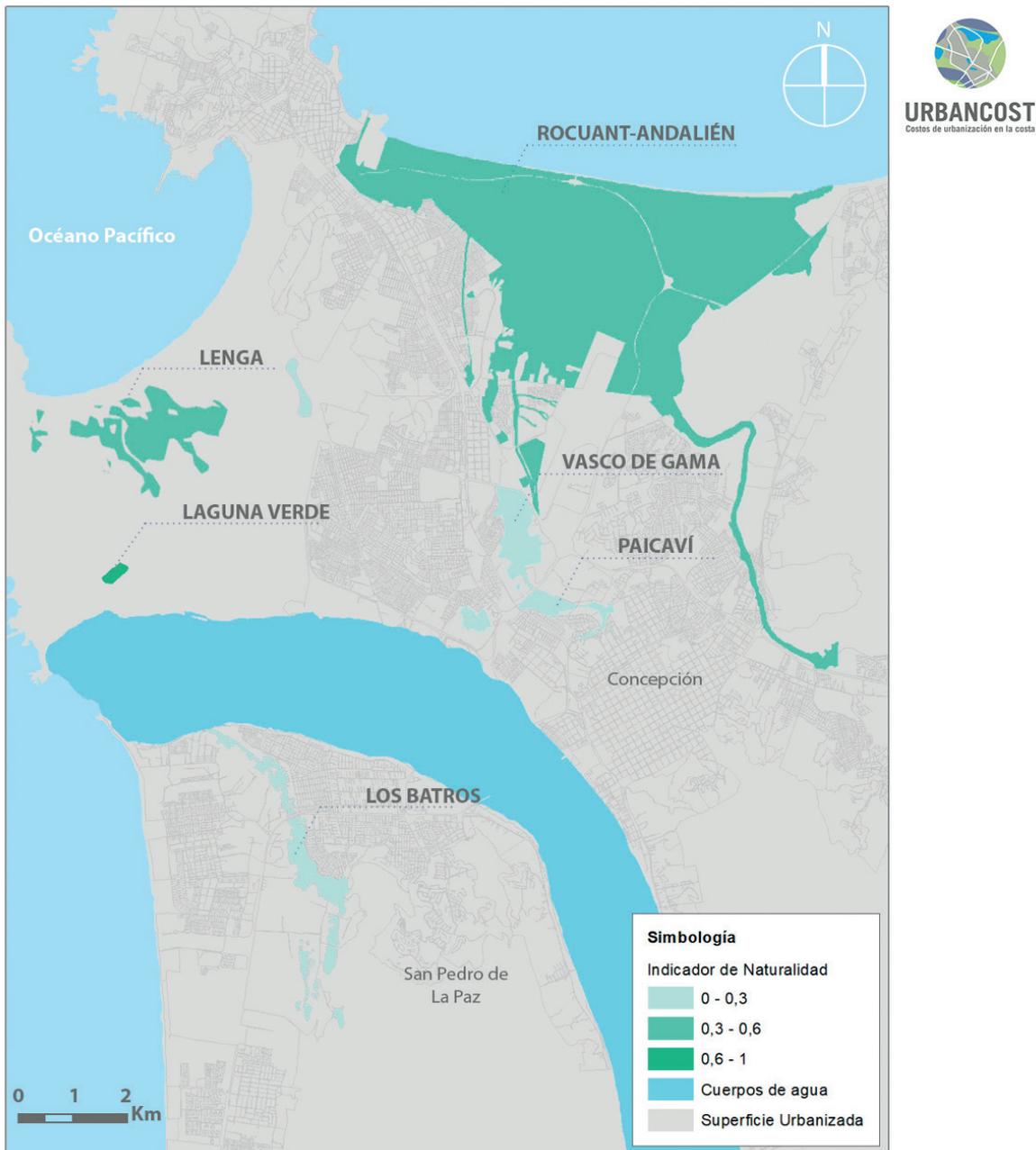
nos conectados; en específico, cuentan con una conectividad con zonas de cambio de *estable a muy regresivo*, como en el humedal Los Batros, en San Pedro de la Paz, y finalmente un cambio *regresivo* de pérdida de conectividad en el humedal Rocuant-Andalién, en Talcahuano (Rojas et al., 2017). Adicionalmente también se realizaron análisis de temperaturas, donde se comprobó cómo la vegetación de los humedales reduce los grados de temperatura en temporadas calurosas de verano.

En cuanto a los niveles de urbanización, se comprueba que son espacios muy intervenidos, sobre todo los humedales palustres, como el humedal Paicaví, que rápidamente ha perdido superficie por la construcción de viviendas (Foto 1). Esta investigación también evidenció la preocupante pérdida de superficie en el humedal Rocuant-Andalién, de un 10% de su superficie solo en la última década, aun cuando ejerce la función de mitigación de tsunamis (Rojas et al., 2019), y a pesar de que servicios como la demostrada «mitigación del tsunami» y la «protección contra las tormentas costeras y las inundaciones» han sido reconocidos por las personas mediante instrumentos de percepción (Coello, 2017). Lamentablemente, se espera una continua y sostenida pérdida de superficie por la zonificación existente del plan metropolitano (Rojas et al., 2019).

También en la percepción de la biofilia se desarrollan encuestas en este estudio: destaca cómo la distancia y la accesibilidad de la vivienda al humedal incide en la concepción del mismo. Por ejemplo, para el caso del humedal Los Batros, ante la pregunta «¿Debemos salvar el humedal porque es un recurso útil para mi barrio?», solo estuvieron de acuerdo los habitantes de barrios tipificados como ciudad jardín, es decir, un tejido menos denso con áreas verdes y caminables. Sin embargo, esto no sucede cuando se vive más lejos del humedal o no es accesible; en estos casos, los valores biofílicos del humedal, como el estético, son menos percibidos. Estos factores espaciales, más la participación en organizaciones ambientales, también condicionan la frecuencia de visitas al humedal (Villa-gra et al., 2021).

En cuanto a los efectos socioespaciales, los modelos de regresión entre variables urbanas y biodiversidad han constatado cómo la densidad de viviendas (coef. = 0,75) influye en mayor medida que la distancia a carreteras (coef. = 0,13) y que el porcentaje de superficie urbanizable (coef. = 0,020) en la riqueza de plantas, debido a la introducción de plantas exóticas. En cambio, el porcentaje de superficie urbanizable que se define en los instrumentos de planificación (coef. = 0,41) influye con efecto positivo en la naturalidad en humedales de entorno menos edificado, a diferencia

Figura 3. Mapa de naturalidad área metropolitana de Concepción



Fuente: Rojas et al. 2019

de la distancia a carreteras (coef. = -0,29) y la densidad de viviendas, con un efecto negativo (coef. = -1,01) (Rojas et al., 2015).

Finalmente, en cuanto a los tejidos residenciales y el modelo de ciudad que circunda los humedales, ya sea compacto o disperso, construido sobre y en el entorno de los humedales estudiados, en su mayoría prioriza los tejidos discontinuos y las densidades bajas a medias, con edificaciones no integradas con el humedal desde el diseño urbano. Solo las urbanizaciones de media densidad con tintes de ciudad jardín previas a los años 80 incluían áreas caminables para visitar cuerpos de agua como las lagunas. Es decir, las urbanizaciones recientes han favorecido tejidos discontinuos y dispersos dependientes del automóvil, más asociados a modelos urbanos insustentables (Rojas et al. 2020, 2021).

#### 4. Discusión

Aunque la urbanización reciente no sea la principal presión para la conservación del paisaje de Concepción Metropolitana, como sí lo es la forestación artificial, el desarrollo urbano sí es la principal amenaza para la protección de los humedales, al estar situados en la zona baja de la costa y recibiendo frecuentes rellenos para la construcción de viviendas y edificios, junto con las alteraciones de los cursos de agua por la construcción de infraestructura gris. También existen cambios de usos de suelo previos en praderas y matorrales, que luego desencadenan en afectaciones a humedales (Rojas et al., 2013a), efectos coherentes con los impactos globales indirectos de la urbanización (van Vliet, 2019).

Mediante el transcurso de esta investigación se verifica, pues, el impacto de la urbanización y desafortuna-



Foto: Carolina Rojas.

damente también de los planes territoriales en la pérdida de humedales; estos no representan un cambio significativo en la preservación de los humedales, debido a la definición de superficies urbanizables. Este aumento de viviendas principalmente de baja y media densidad, regulado por los planes, no solo ha afectado a la estructura urbana de la ciudad y a la mencionada pérdida de biodiversidad, sino que también ha tenido efectos directos en la homogenización del paisaje, favoreciendo la incorporación, por ejemplo, de plantas exóticas. El crecimiento de las infraestructuras de transporte también ha causado efectos como la pérdida de conectividad ecológica como consecuencia de la fragmentación. El futuro no es muy auspicioso, incluso con instrumentos de planificación territorial; por ejemplo, para el caso del humedal marisma Rocuant-Andalién se espera una pérdida de un 32%, cuyo destino principalmente será para zonas de uso residencial mixto, comerciales y de transportes, entre otros (Rojas et al., 2019), aunque un reciente proceso de delimitación de este humedal producto de un proyecto gubernamental «GEF Humedales costeros» y la Ley de humedales urbanos podrían cambiar esta situación.

Desde los aspectos en interacción con las personas, el hecho de que los habitantes valoren los servicios ecosistémicos de los humedales no ha sido una razón suficiente para su protección en áreas urbanas, ya que no tienen incidencia en la regulación del suelo, y más aún cuando se ha comprobado que la cercanía al humedal influye directamente en las valoraciones de la biofilia, así como en una mayor accesibilidad para conocer y visitar el humedal; por tanto, es fundamental la incorporación de infraestructura verde en la planificación urbana.

La infraestructura verde favorecerá la integración de los espacios naturales en las ciudades metropolitanas; hasta la fecha, los modelos urbanos ni siquiera han valorado los atributos estéticos o el servicio de recreación para las personas. Al respecto no es solo un fenómeno de áreas metropolitanas latinoamericanas; por ejemplo, en el Área Metropolitana de Barcelona se observó cómo la demanda por recreación en áreas verdes es alta en áreas protegidas fuera de la región metropolitana, en contraste con la demanda insatisfecha en las áreas urbanas (Baró et al., 2016). En este sentido, gran parte de esta desintegración se debe a la falta de reconocimiento físico de los humedales. Por tanto, una recomendación de esta investigación para la Ley de humedales fue que todo instrumento de planificación territorial del país los reconozca como «zonas de valor natural», así como incluir en la delimitación de los humedales la vegetación asociada, que por diferentes presiones como los rellenos, basurales o la construcción de vivienda se encuentra muy alterada, pero que mediante procesos de restauración ecológica podría recuperarse e integrarse al sistema de humedales, y finalmente también una gobernanza que incluya la participación de la ciudadanía, debido al valor que estos ecosistemas presentan en el territorio.

## 5. Conclusiones

Desde la perspectiva de la conservación ecológica del paisaje metropolitano, los humedales que aún persisten en el Área Metropolitana de Concepción se encuentran en un territorio muy intervenido, con débiles procesos de evaluación ambiental estratégica y escasa valoración de la infraestructura verde para la preservación de la biodiversidad y como alternativa para el

desarrollo urbano. La presión de la urbanización en estas tres últimas décadas ha sido constante, un fenómeno común de intervención de humedales para otras áreas metropolitanas de Latinoamérica, como Lima y Buenos Aires.

Esta investigación ha constatado una serie de efectos pero ha permitido avanzar al incorporar criterios de sustentabilidad urbana, los cuales deben incorporarse en los instrumentos de planificación territorial; de hecho, en el transcurso de la investigación indirectamente se han producido una serie de avances, desde cambios en planes reguladores de usos del suelo hasta modificaciones normativas.

Los cambios legislativos en el ámbito territorial implicaban de por sí cambios en la Ley general de urbanismo y construcción y en la Ley de bases de medio ambiente de Chile. Esta investigación permitió fundamentar la modificación de las competencias actuales de los planes territoriales, que no permitían valorar los humedales urbanos, así como la evaluación de los impactos ambientales de las infraestructuras. Los datos aquí resumidos fueron presentados en ambas cámaras (Senado y Diputados) de la República de Chile en el proceso de discusión de la reciente Ley de protección de humedales urbanos. Desarrollar esta investigación ha sido una excelente oportunidad para actualizar la planificación territorial del país e incluir medidas de adaptación ante el cambio climático que incluyan a los humedales como solución en la reciente COP25.

Los humedales urbanos futuros de Concepción deberán incluir acciones de restauración ecológica y brindar accesibilidad para caminar o andar en bicicleta, favoreciendo la recreación, los valores biofílicos y la identificación de las comunidades con los humedales. Por último, es de vital importancia incorporarlos como soluciones basadas en la naturaleza para la gestión de las aguas de lluvias y medidas de adaptación al cambio climático, más aún cuando es una zona lluviosa, frecuentemente afectada por inundaciones y anegamientos, y —por qué no— impulsar el concepto y diseño de «Ciudad esponja» (Ka Shun Chan et al., 2018). Por último, por medio de estos criterios es fundamental incorporar los humedales a la ciudad, tal cual es el mandato del ODS 11 para alcanzar ciudades más sostenibles, saludables y resilientes.

## 6. Agradecimientos

*Efectos de urbanización y accesibilidad en los humedales urbanos del Área Metropolitana de Concepción (URBANCOST II) (2019-2022). FONDECYT 1190251.*

## 7. Bibliografía

BARÓ, F.; PALOMO, I.; GRAZIA, Z.; VIZCAINO, P.; HAASE, D.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E. (2016). «Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region». *Land Use Policy*, 57:405-417. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.006>.

CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES (2012). *El Anillo Verde Interior. Hacia una infraestructura verde urbana en Victoria-Gasteiz*. Documento de trabajo. En línea: <https://www.vitoria-gasteiz.org/ceac>

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, 95 pp.

DARRAH, S.; SHENNAN-FARPÓN, Y.; LOH, J.; DAVIDSON, N.; FINLAYSON, C.; ROYAL, C.; GARDNER, M.; WALPOLE, M. (2019). «Improvements to the Wetland Extent Trends (WET) index as a tool for monitoring natural and human-made wetlands». *Ecological Indicators*, 99:294-298. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.032>

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. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-10-00035.1>

KA SHUN CHAN, F.; GRIFFITHS, J.; HIGGITT, D.; XU, S.; ZHU, F.; TING TANG, Y.; XU, Y.; THORNE, C. (2018). «“Sponge City” in China — A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context». *Land Use Policy*, 76:772-778. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005>.

MARQUET, P. A.; ALTAMIRANO, A.; ARROYO, M. T. K.; FERNÁNDEZ, M.; GELCICH, S.; GÓRSKI, K.; HABIT, E.; LARA, A.; MAASS, A.; PAUCHARD, A.; PLISCOFF, P.; SAMANIEGO, H.; SMITH-RAMÍREZ, C. (eds.) (2019). *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones*. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. En línea: <http://www.minciencia.gob.cl/>

MUÑOZ, J. C.; BARTON, J.; FRÍAS, D.; GODOY, A.; BUSTAMANTE GÓMEZ, W.; CORTÉS, S.; MUNIZAGA, M.; ROJAS, C.; WAGEMANN, E. (2019). *Ciudades y cambio climático en Chile: Recomendaciones desde la evidencia científica*. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. En línea: <http://www.minciencia.gob.cl/>

OECD (THE ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) (2013). *OECD Urban Policy Reviews. Chile 2013*. OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264191808-en

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*, 127:272-281.

ROJAS, C.; PINO, J.; BASNOU, C.; VIVANCO, M. (2013a). «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. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.007>

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. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.018>

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*, 61:181-204. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022015000200010>

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. [http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-42652017002200007&lng=es&nr m=iso](http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652017002200007&lng=es&nr m=iso)

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. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.036>

ROJAS, C.; DÍAZ, S.; MUNIZAGA, J. (2020). *Urban Fabric patterns on urban wetland. Advances in Science, Technology & Innovation, Springer*. En fase de impresión.

ROJAS C., DÍAZ S., MUNIZAGA J. (2021) Urban Fabric Patterns on Urban Wetland. In: TRAPANI F., MOHAREB N., ROSSO F., KOLOKOTSA D., MARUTHAVEERAN S., GHONEEM M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development)*. Springer, Cham, 477-485. <https://doi.org/>

SENADO DE CHILE (2019). *Humedales Urbanos. Historia de una Ley pionera y ciudadana de protección ambien-*

*tal: Alfonso De Urresti - Senado de Chile*. Ediciones Universitarias de Valparaíso / Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 68 pp. En línea: <https://www.bcn.cl/noticias/humedales-urbanos-libro-resena-la-tramitacion-de-la-ley-que-los-protege>

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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45524831004>

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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200005>

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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2006000200006>

VAN VLIET, J. (2019). «Direct and indirect loss of natural area from urban expansion». *Nature Sustainability*, 2:755-763. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0340-0>

VILLAGRA, P.; ROJAS, C.; ALVES, S.; ROJAS, O. (2021). *Spatial interactions between perceived biophilic values and urbanization typologies in wetland areas*. Borrador no publicado.