



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**CONGRUENCIA ESPACIAL ENTRE OFERTA, DEMANDA Y BENEFICIO DE
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN CINCO COMUNAS DEL ÁREA
METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniero/a en Conservación de
Recursos Naturales

Por: Bárbara Javiera Rubio Soto

Profesor Guía: Cristian Echeverría Leal

Rodrigo Fuentes

Paula Meli

Abril, 2025

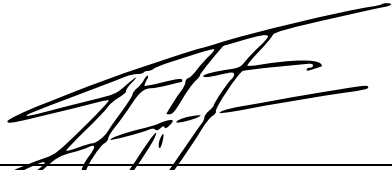
Concepción, Chile

© 2025, Bárbara Javiera Rubio Soto

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

CONGRUENCIA ESPACIAL ENTRE OFERTA, DEMANDA Y BENEFICIO DE
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN CINCO COMUNAS DEL ÁREA
METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN

Profesor Guía



Cristian Mauricio Echeverría Leal

Profesor Titular

Ingeniero Forestal, PhD.

Profesor Guía




Rodrigo Elías Fuentes Robles

Colaborador Académico

Ingeniero Forestal, Mag.

Profesor Guía



Paula Meli

Profesora Asistente

Licenciada en Ciencias Biológicas, Dra.

DEDICATORIA

A mi abuelo (Lelo), Q.E.P.D., quien me acompañó al inicio de esta etapa universitaria. Aunque ya no esté físicamente, siempre lo sentí cerca, apoyándome en cada paso. Gracias por alentarme a estudiar, y con ello, abrirme camino a experiencias que me han enseñado mucho más que lo académico.

A mi madre, Soledad, por ser mi ejemplo de resiliencia y enseñarme siempre a levantarme ante las adversidades. A mi padre, David, por inculcarme la determinación para luchar por lo que quiero. A ambos, gracias por su amor incondicional y por impulsarme siempre a seguir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por apoyarme en la decisión de estudiar lejos de casa, por confiar en mí y brindarme el espacio necesario para avanzar sin presión. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en este camino.

A mis amigas, por demostrarme que, a pesar de estar lejos, siempre estaremos la una para la otra. Agradezco infinitamente sus palabras de aliento cuando he dudado de mí y por estar presentes en los buenos y malos momentos. Su compañía ha sido muy importante en este proceso.

A mis profesores, Cristian, Rodrigo y Paula, por su paciencia y compromiso durante todo este camino. Gracias por confiar en mis capacidades, dedicar tiempo extra para ayudarme a resolver dudas y guiarme con su conocimiento y experiencia.

A Fernanda Pizarro, por acompañarme durante toda la tesis. Gracias por tu paciencia, por compartir tus conocimientos sobre servicios ecosistémicos y por orientarme con dedicación en este proceso.

A quienes conocí durante mi práctica profesional, agradezco profundamente el tiempo, los conocimientos y las experiencias compartidas, que no solo enriquecieron mi estadía, sino que también dejaron una huella valiosa en mi crecimiento personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGIA	7
2.1 Descripción del área de estudio.....	7
2.2 Servicios ecosistémicos seleccionados	17
2.3 Generación de mapas de oferta de servicios ecosistémicos.....	19
2.4 Área de beneficio.....	24
2.5 Relaciones espaciales	26
2.6 Análisis de patrones espaciales y congruencias	30
III. RESULTADOS	31
3.1 Mapeo de oferta de servicios demandados	31
3.2 Área de beneficio.....	33
3.3 Relaciones espaciales entre áreas de oferta, demanda y beneficio a escala comunal	35
3.4 Congruencia espacial	41
IV. DISCUSIÓN	44
4.1 Dinámica espacial de servicios ecosistémicos.....	44
4.2 Implicaciones para la planificación territorial	48
4.3 Limitaciones del estudio.	51
V. CONCLUSIÓN	52
VI. FINANCIAMIENTO.....	54
VII. GLOSARIO.....	55
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	57
IX. APÉNDICE	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios ecosistémicos mayormente demandados y número de comuna que los demanda en el Área Metropolitana de Concepción. Los servicios ecosistémicos (10) son aquellos demandados en más del 50% de las mesas a escala provincial. Fuente: Laboratorio de Ecología de Paisaje	18
Tabla 2. Servicios ecosistémicos e indicadores utilizados no modelados previamente.....	20
Tabla 3. Paisajes utilizados para “construir” potencial del servicio ecosistémico Belleza escénica, con correspondiente valor de normalización.	22
Tabla 4. Tipología de relaciones espaciales. Fuente: Dworczyk and Burkhard (2021).	28
Tabla 5. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Chiguayante.	36
Tabla 6. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Concepción.....	37
Tabla 7. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Coronel.	38
Tabla 8. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Hualqui.	39
Tabla 9. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Lota. .	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Ubicación del Área de estudio correspondiente a cinco comunas del Área Metropolitana de Concepción.....	16
Figura 2. Explicación de los componentes centrales. Adaptado de Dworczyk and Burkhard (2021).....	26
Figura 3. Tipologías de relaciones espaciales entre oferta y demanda de servicios ecosistémicos. Adaptado de Dworczyk and Burkhard (2021).....	27
Figura 4. Oferta potencial a escala comunal de servicios demandados: a) Recreación, b) Protección contra incendios, c) Regulación de la calidad de agua, d) Provisión de alimento por plantas silvestres, e) Control de inundaciones y marejadas, f) Amortiguación del movimiento de masa, g) Provisión de agua superficial para consumo humano, h) Regulación termal, i) Regulación de la calidad del aire, j) Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas, k) Belleza escénica, l) Provisión de leña, y m) Reducción de olores.....	32
Figura 5. Áreas de beneficio a escala comunal de servicios demandados: a) Recreación, b) Protección contra incendios, c) Regulación de la calidad de agua, d) Provisión de alimento por plantas silvestres, e) Control de inundaciones y marejadas, f) Amortiguación del movimiento de masa, g) Provisión de agua superficial para consumo humano, h) Regulación termal, i) Regulación de la calidad del aire, j) Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas, k) Belleza escénica, l) Provisión de leña y m) Reducción de olores.....	35
Figura 6. Distribución de las tipologías de relaciones espaciales por comuna. .	41
Figura 7. Gradiente de ruralidad en las comunas del área de estudio.	42
Figura 8. Gradiente de área urbana consolidada en las comunas del área de estudio.....	43

RESUMEN

El Área Metropolitana de Concepción (AMC) ha experimentado un crecimiento poblacional acelerado en las últimas décadas, impulsando la expansión urbana sobre coberturas naturales y seminaturales. Este crecimiento ha resultado en la pérdida de biodiversidad y la degradación de procesos ecológicos y servicios ecosistémicos. Estos procesos han llevado a la necesidad de comprender la congruencia espacial entre oferta, demanda y área de beneficio de servicios ecosistémicos para una adecuada planificación territorial y gestión ambiental sostenible. Este estudio analiza la relación espacial entre la oferta de servicios ecosistémicos demandados y su área de beneficio en cinco comunas del AMC. Para ello, se utilizaron herramientas SIG para espacializar la oferta y beneficio de los servicios ecosistémicos. La congruencia espacial fue evaluada mediante las tipologías de relaciones espaciales de servicios ecosistémicos. Los resultados revelan que, a medida que aumenta la ruralidad, la tipología más frecuente es el transporte de productos. Esto refleja una distribución desigual de aquellos servicios, ya que estas comunas dependen de otras para el suministro de alimento y agua. Además, se identificaron diferentes tipologías predominantes: direccional con dirección de impacto predominante en los servicios de regulación, direccional con dirección de uso predominante en los servicios culturales y de aprovisionamiento, además del transporte de productos. Estos hallazgos son

fundamentales para la planificación del paisaje y la toma de decisiones en gestión ambiental.

ABSTRACT

The Metropolitan Area of Concepción (MCA) has experienced accelerated population growth in recent decades, driving urban sprawl over natural and semi-natural land cover. This growth has resulted in the loss of biodiversity and the degradation of ecological processes and ecosystem services. These processes have led to the need to understand the spatial congruence between supply, demand and area of benefit of ecosystem services for proper territorial planning and sustainable environmental management. This study analyses the spatial relationship between the supply of ecosystem services demanded and their area of benefit in five municipalities of the MCA. For this purpose, a GIS tool was used to spatialize the supply and benefit of ecosystem services. Spatial congruence was assessed using the Types of Spatial Relations of ecosystem services. The results reveal that, as rurality increases, the most frequent typology is the transport of commodities. This reflects an unequal distribution of those services, as these municipalities depend on others for food and water supply. In addition, different predominant typologies were identified: directional with a predominant impact direction on regulating services, directional with a predominant use direction on cultural and provisioning services, in addition to transport of commodities. These findings are fundamental for landscape planning and environmental management decision-making.

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas, la investigación relacionada con la evaluación de los servicios ecosistémicos (SE) ha crecido considerablemente (Harrison et al., 2018), captando una mayor atención por parte de científicos, profesionales y formuladores de políticas como una herramienta para guiar la política ambiental (Berbés-Blázquez et al., 2016). El concepto de SE es definido como “beneficio que las personas obtienen de los ecosistemas” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Se agrupa en tres categorías: servicios de aprovisionamiento como alimentos, agua, madera y fibra; servicios de regulación que afectan al clima, las inundaciones y la calidad del agua; y servicios culturales que proporcionan beneficios recreativos, estéticos y espirituales (Haines-Young, 2018).

Cartografiar los SE es esencial para comprender cómo contribuyen los ecosistemas al bienestar humano y apoyar las políticas que repercuten en los recursos naturales (Burkhard & Maes, 2017). Según Maes et al. (2018), es necesario mantener los ecosistemas en condiciones saludables para que proporcionen múltiples beneficios, como protección frente desastres naturales, regulación del clima y provisión de alimento. Objetivo clave de varias políticas

que dependen de los recursos naturales, en particular la agricultura, la silvicultura y la pesca (Maes et al., 2018).

Por otro lado, la infraestructura ecológica (IE), definida como una red interconectada de áreas naturales y seminaturales diseñada para ofrecer múltiples beneficios (Honeck et al., 2020), se presenta como una Solución basada en la Naturaleza (SbN) efectiva, ya que esta se define como “acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad” (Cohen-Shacham, 2016). De modo que a través de la IE se puede alcanzar la sostenibilidad urbana, ya que planifica áreas naturales estratégicamente, integrando SE que son proporcionados por esta red, para mejorar la calidad de vida en zonas urbanas (Fang et al., 2023). Mapear y evaluar el estado de los ecosistemas es crucial para priorizar la implementación de IE y la restauración de ecosistemas degradados, optimizando sus beneficios (Maes et al., 2018).

La investigación de SE ayuda al diseño e implementación de IE en paisajes multifuncionales (Maes et al., 2018). Se puede producir sinergia entre SE o compensaciones, cuando una gestión encaminada a aumentar o incluso maximizar uno o más servicios da como resultado la disminución de otros (Maes et al., 2018). Según Burkhard et al. (2012), mapear la distribución y los cambios

a lo largo del tiempo de SE agrega información relevante sobre patrones, que puede ser utilizada por los tomadores de decisiones como una herramienta poderosa para apoyar las evaluaciones de sostenibilidad del paisaje. El reconocimiento de los SE mejora la comprensión de las relaciones que existen entre el ser humano y la naturaleza, debido a la estrecha dependencia de la sociedad con los ecosistemas por los beneficios que entrega, de tal forma que ayuda a la conservación de la biodiversidad, la gestión de ecosistemas y desarrollo sostenible (Díaz et al., 2015).

Estudios anteriores han evaluado la oferta o demanda de SE, pero el análisis mediante enfoques espacialmente explícitos es bastante escaso, ya que la metodología para mapear demanda diverge en cada investigación (Burkhard et al., 2012; Wolff et al., 2015). Además, cuantificar la demanda de SE es aún más desafiante, dado que las necesidades y los deseos no pueden evaluarse directamente mediante cantidades absolutas de bienes o productos consumidos a través del mercado (Wolff et al., 2017). Comprender diferencias espaciales entre oferta y demanda permite identificar áreas que necesitan planificación territorial (Burkhard et al., 2012; Geizendorffer et al., 2015), existiendo la posibilidad de ser necesario transportar bienes y servicios a los beneficiarios, o que las personas deban trasladarse a zonas de suministro ubicadas fuera de su comuna, por lo tanto, comprender dependencia de beneficiarios a otras regiones

permite a los tomadores de decisiones adoptar soluciones sostenibles (Schirpke et al., 2019).

A pesar de ser popular el concepto de SE, su investigación ha recibido críticas (Schröter et al., 2014). Una de ellas es sobre su enfoque en el bienestar de las poblaciones, supone que todos los habitantes de una localidad se benefician de los ecosistemas de manera similar, descuidando la existencia de diferentes características en una sociedad, donde la clase social, origen étnico y riqueza, influyen en el acceso a beneficios produciendo distribuciones desiguales (Chaudhary et al., 2018). Jennings et al. (2016) sostienen que la distribución desigual de los beneficios relacionados con la naturaleza no solo es cuestión de diversidad racial/étnica o escasos recursos, sino también de fronteras sociodemográficas, siendo una barrera importante para el desarrollo sostenible.

El cambio de uso de suelo disminuye la capacidad de suministrar SE (Locher-Krause et al., 2017), así como también la demanda, que puede afectar ecosistemas y su provisión de SE por factores de cambio como expansión urbana y degradación de bosques (Iverson et al., 2014). Por lo tanto, es crucial integrar las necesidades sociales con los servicios ecosistémicos, para mejorar los enfoques de planificación del paisaje y estrategias de gestión ambiental (Burkhard et al., 2014).

En Chile, ha avanzado el concepto de SE principalmente en el mapeo de la oferta, donde se analizan cambios en magnitud y distribución espacial de SE bajo escenarios de cambios de usos de suelo a través del tiempo (Alvarez-Codoceo et al., 2021; Benra et al., 2021; Jullian et al., 2018; Locher-Krause et al., 2017; Montoya-Tangarife et al., 2017). Asimismo, estudios de representación espacial de oferta y demanda por medio de mapas participativos, incorporando conocimiento local para cuantificar y valorizar SE (Esse et al., 2014; Nahuelhual et al., 2016; Nahuelhual et al., 2014). Además, se han realizado investigaciones acerca del desacople espacial entre la oferta y demanda de SE en paisajes altamente transformados, lo cual es fundamental comprender para una adecuada planificación, gestión y gobernanza, reduciendo vulnerabilidad en busca de sociedades sostenibles (Dobbs et al., 2019; Fernández, 2019; Laterra et al., 2016). Sin embargo, a pesar de la gran importancia de evaluar posibles desacoples espaciales, estos han sido poco estudiados, aun cuando proporcionan información valiosa para la toma de decisiones, gestión y planificación del paisaje a cualquier escala (Schirpke et al., 2019).

El Gran Concepción o Área Metropolitana de Concepción (AMC), ordenada mediante planes intercomunales, es un área que se caracteriza por un fuerte aumento de su población en las últimas décadas, provocando expansión urbana en coberturas naturales y seminaturales preexistente (Ormazábal, 2017;

Pauchard, 2006; Smith Guerra, 2009). La urbanización de AMC es uno de los principales factores causantes de pérdida de biodiversidad, así como de sus procesos ecológicos y servicios ecosistémicos provistos (Salinas Varela & Pérez Bustamante, 2011), impactando sobre áreas de alto valor ecológico como humedales, bordes de ríos y lagunas (Rueda, 2020). Comprender el equilibrio entre la oferta y la demanda de servicios ecosistémicos puede facilitar la ordenación sostenible del territorio y mejorar la calidad de vida (Lorilla et al., 2019).

El objetivo del presente estudio es analizar la congruencia espacial entre las áreas de oferta y áreas de beneficio de los servicios ecosistémicos demandados en el Gran Concepción. Esto permitirá comprender con mayor profundidad las relaciones espaciales entre ellos con la finalidad de obtener información crucial para la planificación del paisaje, gestión ambiental y toma de decisiones.

En este estudio, se explorarán varios aspectos fundamentales: primero, se definirán y clasificarán los servicios ecosistémicos relevantes para el Gran Concepción; segundo, se presentarán los resultados del grado de congruencia espacial entre la oferta y demanda de SE; y finalmente, se discutirán las implicaciones para la planificación territorial del AMC.

II. METODOLOGIA

2.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende las comunas de Chiguayante, Concepción, Coronel, Hualqui y Lota (Figura 1), seleccionadas en base a su ubicación costera y de interior, así como por sus diferentes relaciones espaciales de oferta y demanda. Estas comunas pertenecen al Área metropolitana de Concepción, en la provincia del mismo nombre, en la Región del Biobío, localizada en el centro-sur de Chile ($36^{\circ}35'$ y $37^{\circ}00'$ de latitud sur y los $72^{\circ}45'$ a $73^{\circ}15'$ de longitud oeste (Rojas Quezada et al., 2009)). Según el Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC) vigente del 2003, el AMC está compuesto por 11 comunas: Chiguayante, Concepción, Coronel, Hualpén, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Santa Juana, Talcahuano y Tomé. Las cinco comunas estudiadas cubren una superficie aproximada de 1.223 km^2 (SUBDERE, 2023). Según el Censo de Población y vivienda (2017), cuentan con una población de 493.642 habitantes, equivalente a 31,7% de la población total de la Región Biobío.

2.1.1 Chiguayante

Comuna ubicada en los 36° 54' de latitud Sur y 73° 02' de longitud Oeste, situada en la ribera nor-oriente del río Biobío. Posee una superficie total de 71,5 km², de la cual el 36% (27 km²) corresponde al área rural intercomunal y el 64% (44,5 km²) al área urbana. La comuna se ubica sobre una amplia llanura en el curso inferior del río Biobío, donde se ha desarrollado la ciudad (Municipalidad de Chiguayante, 2023).

Según Municipalidad de Chiguayante (2023), la comuna presenta un clima de tipo mediterráneo con importante influencia oceánica a través del río Biobío. Durante aproximadamente siete meses de duración, presenta una estación húmeda, caracterizada por condiciones climáticas desfavorables debido al avance del frente polar (Garrido, 2024). Además, la presencia del río Biobío y la Cordillera de la Costa desarrollan un microclima de características deseables para el desarrollo de la vida humana (Municipalidad de Chiguayante, 2023).

En cuanto a la biodiversidad de la comuna, está caracterizada por un gran núcleo de bosques nativos mixtos y matorrales arborescentes, asociados principalmente al Parque Nacional Nonguén. Este parque pertenece el 81% a la comuna de Chiguayante, donde se protege el último remanente importante del bosque

caducifolio de Concepción y fauna que alberga este ecosistema, como Monito del monte (*Dromiciops gliroides*) y Pudú (*Pudu puda*). La ubicación de la comuna en la parte alta de las cuencas representa potencialidad en los SE que puede ofrecer y biodiversidad que contiene (Municipalidad de Chiguayante, 2023).

2.1.2 Concepción

Concepción se encuentra en la ribera norte del río Biobío, a aproximadamente 9 km de su desembocadura en el océano Pacífico, en las coordenadas geográficas de 36° 46' de latitud sur y 73° 03' de longitud Oeste. La superficie comunal alcanza a los 232,8 km², de los cuales 16,4% (38,24 km²) son urbanas y 83,6% (194,56 km²) corresponde al sector rural. En términos generales, el territorio se caracteriza por una llanura que se encuentra delimitada por una franja que se extiende entre la cordillera de la Costa y el río Biobío, mientras que el resto del área está conformada por relieves montañosos de dicha cordillera. Dentro de la zona urbana, destacan seis cerros, siendo el Cerro Caracol el más extenso (1.250 ha) y el más alto (265 m). En el sector rural, se pueden observar diversas cadenas montañosas propias de la cordillera de la Costa, que alcanzan altitudes que no superan los 400 m s.n.m (Municipalidad de Concepción, 2010).

La ciudad posee un clima templado- cálido con influencia marítima, presentando una estación seca en verano. Entre los años 2000 y 2023, el promedio anual de precipitaciones fue aproximadamente 927,6 mm (Dirección meteorológica de Chile, s.f). Estos valores tienden a aumentar hacia el este, en dirección de los mayores volúmenes montañosos de la cordillera de la Costa (Municipalidad de Concepción, 2010).

En relación con la biodiversidad, la comuna se destaca por su abundancia de cuerpos de agua dulce. En el interior del área urbana, se encuentran lagunas como Redonda, Lo Galindo, Tres Pascualas, Lo Méndez y Lo Custodio. Asimismo, numerosas áreas de humedales forman parte del paisaje urbano, contribuyendo a una rica flora y fauna que convive en la ciudad (Municipalidad de Concepción, 2010). Además, incluye una parte del río Biobío y del Parque Nacional Nonguén.

2.1.3 Coronel

Junto a Lota, Coronel es ciudad pionera en la industrial del carbón en Chile (SUBDERE, s.f). La comuna se ubica en 37°01' latitud Sur y 73°13' de longitud Oeste, abarca una superficie total de 279,4 km², de los cuales aproximadamente 35,4% (99 km²) corresponde a superficie urbana y 64,4% (180 km²) a zonas

rurales (Municipalidad de Coronel, 2022). Su geografía incluye planicies costeras y la Cordillera de la Costa, cuya interacción define los principales rasgos del relieve comunal. El borde costero de la comuna de Coronel se extiende por unos 24,1 km. Presenta fuertes pendientes, valles y quebradas bien marcadas, limitando la conectividad transversal y dificultando el establecimiento de asentamientos humanos en la comuna por la cordillera de Nahuelbuta (Municipalidad de Coronel, 2022).

En contexto metropolitano, Coronel forma parte del complejo portuario industrial, presentando importantes parques industriales y puertos que constituyen una pieza clave en la plataforma logística regional, facilitando el flujo de bienes hacia y desde la región, así como hacia toda la macrozona sur del país (Municipalidad de Coronel, 2022).

En cuanto al clima, en general las condiciones del territorio son similares a las del entorno costero de la Zona Metropolitana de Concepción. Sin embargo, existen variaciones locales debido a factores específicos, como la presencia de la cordillera de Nahuelbuta, el río Biobío en la zona oriental de la comuna, humedales y lagunas, la cercanía al mar y la ubicación comunal en relación con los vientos dominantes. Según las clasificaciones climáticas, Coronel corresponde al Clima Subtropical o Mediterráneo de Costa Occidental, tipo Cordillera de la Costa, que se caracteriza por moderadas variaciones de

temperatura, debido a la influencia del Océano Pacífico, que ayuda a regular la temperatura (Municipalidad de Coronel, 2022).

La superficie correspondiente a bosque nativo de la comuna corresponde a 7,7% (1.323,9 ha), donde es posible encontrar tres tipos forestales: Esclerófilo, Roble-Raulí-Coihue y Siempreverde (SIMEF, 2018). Además, en la comuna se puede encontrar el Humedal Boca Maule, Laguna Quiñenco, Laguna La Posada Parque Jorge Alessandri, el río Biobío, la Cordillera de Nahuelbuta, el Patagual, y diversas playas (Municipalidad de Coronel, 2022).

2.1.4 Hualqui

Hualqui está ubicado a unos 24 km al suroeste de la ciudad de Concepción, en la ribera norte del río Biobío, específicamente en la latitud 36°97' sur y longitud 72°93' oeste. Su territorio cubre aproximadamente 531 km², siendo la comuna más grande de la provincia de Concepción, con un 0,98% (5,2 km²) de su área correspondiente a la zona urbana de Hualqui y un 99,2% (525,8 km²) de superficie rural. La comuna se sitúa en las terrazas del estero Hualqui, el cual ocupa el 25% (123,4 km²) de la superficie comuna (Correa, 2018; Municipalidad de Hualqui, 2011).

Según la clasificación climática de Köppen, Hualqui tiene un clima mediterráneo con veranos frescos (Csb). La comuna posee un microclima propio, caracterizado por condiciones particulares de cordillerano de la costa, siendo templado, seco y cálido. La población local y sus visitantes perciben que las temperaturas suelen acentuarse más en la comuna, con inviernos más fríos y veranos más cálidos en comparación con otras comunas cercanas de la Provincia (SITrural, 2021).

El clima favorable de Hualqui se debe a su ubicación en una barrera natural formada por cerros que bloquean los vientos del oeste. Este factor, junto a su pertenencia a una de las cinco zonas con clima mediterráneo en el mundo, genera estaciones climáticas marcadas que benefician diversas actividades en la comuna. Las lluvias invernales favorecen el cultivo de vegetales y el crecimiento de la flora, mientras que el verano caluroso y seco impulsa atrae el turismo a la comuna (Municipalidad de Hualqui, 2011).

Hualqui presenta 516 unidades de plantaciones forestales que cubren una superficie de 53.696,8 ha, mientras que su bosque nativo se extiende por 2.390 ha, incluyendo asociaciones como Roble-Raulí-Coihue, bosque esclerófilo, siempreverde y Araucaria (Ulloa, 2022).

2.1.5 Lota

Ubicada en los 37° 5' de latitud Sur hasta los 73° 9' de longitud Oeste, al norte limita con la comuna de Coronel y al sur con la comuna Arauco, de la misma región. La superficie total comunal comprende unos 135,8 km² de los cuales el 4,6% (6,4 km²) corresponde zona urbana y un 95,3% (129,4 km²) a zona rural (Municipalidad de Lota, 2023). Su geografía incluye la Cordillera de Nahuelbuta y planicies o terrazas marinas, donde se ubica el sector urbano de la comuna.

Según la clasificación climática de Köppen, Lota presenta un clima mediterráneo de lluvia invernal con influencia costera (Csb (i)) y clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb). La comuna experimenta lluvias durante el invierno y una alta humedad atmosférica, influenciada por la brisa marina presente en la ladera barlovento de la cordillera de Nahuelbuta. En general, Lota posee una estación seca que dura alrededor de 4 meses, y en meses de invierno presenta abundantes precipitaciones, desde abril hasta octubre (Municipalidad de Lota, 2023).

La mayor parte del territorio comunal está destinada a plantaciones forestales, que cubren un total de 8.104 ha, lo que representa el 59,6% de la superficie total de la comuna. El bosque nativo abarca 1.897 ha, equivalentes al 14% de la comuna (Municipalidad de Lota, 2023).

Con respecto a la biodiversidad, debido a la cercanía de la comuna al océano, las principales especies que se pueden encontrar en su mayoría corresponde a aves marinas. En cuanto a la vegetación, prevalecen dos tipos de formaciones vegetacionales, el bosque esclerófilo y el bosque caducifolio, donde se pueden encontrar especies como el Roble (*Nothofagus obliqua*), Queule (*Gomortega keule*) en peligro y Corcolén (*Azara integrifolia*) (Municipalidad de Lota, 2023).

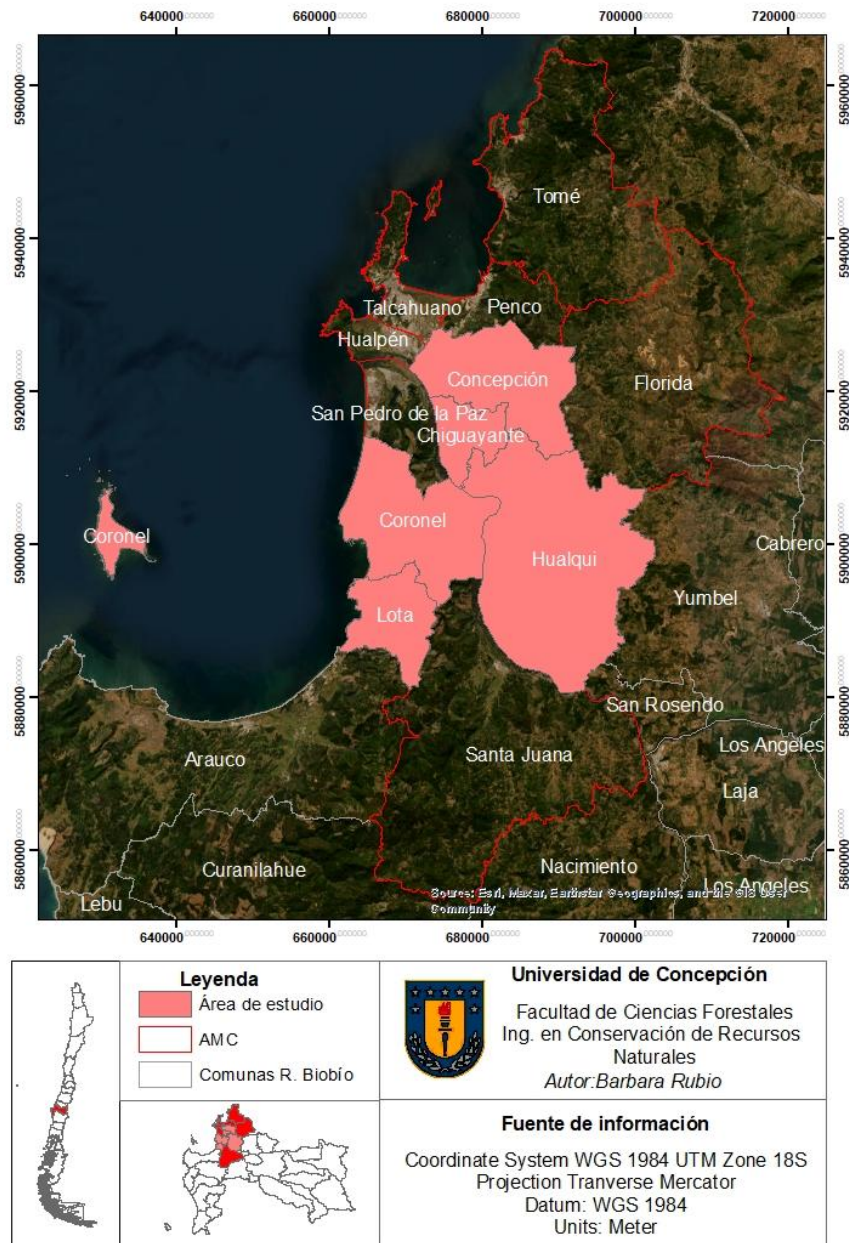


Figura 1. Ubicación del Área de estudio correspondiente a cinco comunas del Área Metropolitana de Concepción.

2.2 Servicios ecosistémicos seleccionados

El presente estudio analizó los SE más demandados a escala comunal de cinco comunas pertenecientes del AMC (Apéndice A). Para seleccionar los SE relevantes del área de estudio, se ocupó información proveniente de la “Consultoría Sobre Infraestructura Ecológica y Riesgo de Desastres en Un Escenario de Cambio Climático, Para la Provincia de Concepción” realizado por el Laboratorio de Ecología de Paisaje (LEP) de la Universidad de Concepción para el estudio Imagen objetivo del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC), llevado a cabo por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) junto al Gobierno Regional del Biobío (GORE).

En el marco de la consultoría, se llevaron a cabo talleres participativos sobre infraestructura ecológica y riesgo de desastre, los cuales contaron con la participación de representantes de los municipios de la provincia de Concepción y servicios públicos regionales. En esta actividad se identificaron los principales riesgos de desastres y se definieron criterios para su incorporación en la Imagen Objetivo del PRMC (GORE BIOBIO & MINVU, 2023).

Asimismo, en estos talleres se obtuvo información significativa sobre los SE relevantes del AMC. Esta información fue procesada por el Laboratorio de

Ecología de Paisaje (LEP) de la Universidad de Concepción; seleccionándose como relevantes aquellos SE nombrados en más del 50% de las mesas presentes en los talleres participativos de todas las comunas (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos mayormente demandados y número de comuna que los demanda en el Área Metropolitana de Concepción. Los servicios ecosistémicos (10) son aquellos demandados en más del 50% de las mesas a escala provincial. Fuente: Laboratorio de Ecología de Paisaje

Servicio Ecosistémico (clasificación CICES)	Número de comunas que demandan el SE
Recreación	12
Protección contra incendios	11
Regulación de la calidad del agua	11
Provisión de alimento por plantas silvestres	9
Control de inundaciones y marejadas	9
Amortiguación del movimiento de masa	8
Provisión de agua superficial para consumo humano	8
Regulación termal	7
Regulación de la calidad del aire	7
Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas	5

Algunos de los SE más relevantes son Recreación, Protección contra incendios y Regulación de la calidad del agua. A nivel comunal, se consideraron los SE nombrados en más del 60% de las mesas de cada taller realizado en las comunas (Apéndice A).

2.3 Generación de mapas de oferta de servicios ecosistémicos

Para analizar la congruencia espacial de oferta, demanda y área de beneficio, primeramente, se debió generar modelos de SE usando herramientas geoespaciales para aquellos que se contaba con suficiente información, como la oferta y el flujo. Una forma de mapear la oferta de los servicios ecosistémicos es definir indicadores espaciales de los procesos biofísicos que proveen dichos servicios (Clec'h et al., 2016).

Se utilizó información de la “Consultoría Sobre Infraestructura Ecológica y Riesgo de Desastres en Un Escenario de Cambio Climático, para la Provincia de Concepción” realizado por el LEP. Ellos modelaron la oferta de los SE seleccionados a escala provincial (Tabla 1), algunos coincidiendo con los SE demandados a escala comunal de este estudio.

Para modelar los SE faltantes a nivel comunal (Tabla 2) se consideraron indicadores a partir de *proxys*, herramientas esenciales para estimar la oferta a partir de información disponible.

Tabla 2. Servicios ecosistémicos e indicadores utilizados no modelados previamente.

Comuna	SE	Indicador	Estimación del indicador
Coronel Lota	Reducción de olores	Capacidad de la vegetación para reducir olores	Encuesta a expertos en SE sobre la efectividad de distintas coberturas vegetales en la mitigación de olores. Se ponderaron ecosistemas forestales y se analizó potencial de reducir olores.
Coronel Hualqui	Belleza escénica	Valoración escénica basada en preferencias sociales	Encuesta "Apreciación del paisaje", propuesto por Nahuelhual et al. (2016), con normalización de respuestas y combinación en una capa ráster para representar la belleza escénica, la composición del paisaje y accesibilidad a esta.
Hualqui	Provisión de leña	Volumen potencial de leña	Estimación con datos de crecimiento de bosque nativo (tipo forestal Roble-Raulí-Coihue) y plantaciones de <i>Eucalipto globulus</i> , considerando rendimiento y rotaciones.

Para la reducción de olores, la molestia causada por estos, puede estar relacionada con la localización, la intensidad y el tipo de olor, así como con la duración y la frecuencia de su aparición (León, 2019). En ambas comunas, el mal olor se debe principalmente a la presencia de empresas pesqueras. Para abordar este SE, se utilizó un proxy basado en una encuesta dirigida a expertos en SE, la cual evaluó la capacidad de diferentes coberturas vegetales para contribuir a la reducción de olores. Para la encuesta se utilizó la escala Likert y las preguntas consisten en:

1. ¿Qué tan efectiva considera que es la vegetación para reducir olores asociados a actividades humanas? (Nula efectividad a Muy alta efectividad).
2. ¿Qué tanto influye la densidad de la vegetación en la capacidad de reducir olores? (Nula a Muy Influyente a Mucho).
3. ¿Cómo evalúa la efectividad de las coberturas naturales en la reducción de olores según el área cubierta? (Nula efectividad a Muy alta efectividad).

A partir de los resultados, se realizó una ponderación entre distintos ecosistemas forestales, como bosque nativo (100), plantaciones forestales (50), matorrales (40), humedales (30) y praderas (10), con el objetivo de identificar cuales tienen mayor capacidad para proveer el SE de regulación de olores. Esta información se integró con el análisis de proximidad entre empresas pesqueras y la población.

En cuanto a la belleza escénica, se basa en las percepciones y evaluaciones que las personas tienen de los paisajes naturales (Long et al., 2023). Existen dos enfoques comúnmente empleados para evaluar la belleza escénica: el enfoque basado en la percepción, reflejando preferencias por el paisaje, y el enfoque de expertos, que evalúa la belleza escénica a partir de las características físicas del paisaje (Long et al., 2023). En este estudio se utilizaron ambos enfoques, ya que a través de la encuesta online de “Apreciación del paisaje” realizada por Nahuelhual et al. (2016) para obtener el indicador SE cultural “potencial de recreación”, se puede “construir” en que partes del paisaje se provee este servicio, según la percepción de los encuestados en base a las características físicas del paisaje. Parte de los indicadores que utilizaron fueron los de belleza escénica, composición del paisaje y accesibilidad, donde a partir de las respuestas se normalizó para comparar los paisajes utilizados (Tabla 3).

Tabla 3. Paisajes utilizados para “construir” potencial del servicio ecosistémico Belleza escénica, con correspondiente valor de normalización.

Paisaje	Valor normalizado
Cuerpos de agua (ríos y lagunas)	32,000
Bosque nativo (adulto, renoval y matorral)	29,5700
Vegetación humedal	25,5000

Bosque nativo y Plantación adulta	22,0026
Plantación adulta	10,5395
Plantación joven	10,1264
Tala rasa	10,1264
Terrenos agrícolas	17,6352
Bosque nativo en pendientes entre 50 a 170%; Plantación adulta y joven en pendientes hasta 50%. Ambos en altura entre los 200 a 400 m.	8,1153
Tala rasa cercana a cuerpos de agua	5,1933
Plantación adulta con pendientes de 25 a 100%; Agrícola, matorral, suelo desnudo agrícola y pradera con pendientes desde 0 a 30%, incluyendo ríos de hasta 500m de distancia	9,3393
Plantación joven y adulta en alturas mayor o igual a 200 m, con pendiente entre 30 a 100%	5,8727
Agrícola y pradera en pendientes entre 0 a 30%; Bosque nativo en pendientes mayores o iguales a 100%. Ambos con alturas entre 200 a 700 m	10,1353

En lo que respecta a la Provisión de leña, se refiere a la capacidad de los ecosistemas para suministrar madera que puede ser utilizada como energía. De esta manera, al tener los diferentes tipos forestales y el rendimiento anual, se puede obtener el volumen potencial de leña en el área de estudio. A partir de esto, se utilizaron datos de bosque tipo forestal Roble-Rauli-Coihue, con un

rendimiento de 50,83 m³/ha en rotaciones de 15 años (Bahamóndez et al., 2020; INFOR, 2024), y plantaciones de *Eucaliptus globulus* adultas con rendimiento 300 m³/ha y joven con 150 m³/ha (Acevedo, 2008), cosechadas con edades de 12 y 6 años, respectivamente (Carey Briones et al., 2006).

2.4 Área de beneficio

A través del MINVU Región del Biobío, se convocó a actores municipales que hubieran participado en los talleres realizados en el marco del Estudio de Infraestructura ecológica, con el fin de validar e identificar áreas donde la población se beneficia de servicios ecosistémicos (Apéndice B). En esta ocasión, se utilizó la metodología de mapeo participativo, donde en cada reunión se disponía de un mapa con las coberturas y usos de suelo de cada comuna y una breve presentación a modo de recordatorio de los talleres comunales realizados en el marco de la consultoría.

En estas reuniones se preguntaban sobre los SE a escala comunal, por lo que los actores municipales rotulaban el mapa según el SE y conocimiento del territorio en materia de áreas naturales y verdes que benefician a la comuna. Además, en casos donde no era clara la escala de la demanda, se realizaron consultas para recopilar información relevante tanto para este estudio como para

futuros análisis sobre las otras comunas del AMC. Para posteriormente completar la cartografía del área de beneficio de los SE más demandados en cada comuna.

Por otro lado, en comunas donde los actores municipales no identificaban la oferta de SE, y en consecuencia, tampoco el beneficio dentro de la comuna, se ajustaron los datos utilizando información basada en el conocimiento disponible. Esto fue especialmente necesario en ciertas coberturas, donde se generan SE pero no se reconocían explícitamente.

Los componentes centrales de los SE, se ven explicados con mayor claridad en la Figura 2.





Simbolo	Nombre	Descripción
	Área de Provisión de servicios (APS)	El área donde se proveen los servicios ecosistémicos
	Área de Demanda de servicios (ADS)	El área en la que se localizan las necesidades o deseos de las personas.
	Área de Beneficio de servicios (ABS)	El área donde las personas se benefician consciente o inconscientemente de los SE de interés
	Área de Conexión de servicios (ACS)	El área donde los SE son transportados o "fluyen" desde el Área de Provisión de Servicios al Área de Demanda de Servicios. El área donde las personas acceden activamente a los espacios para beneficiarse de los SE.

Figura 2. Explicación de los componentes centrales. Adaptado de Dworczyk and Burkhard (2021).

2.5 Relaciones espaciales

Para analizar las congruencias y desacoples espaciales entre los SE, se utilizaron las Tipologías de Relaciones Espaciales de Dworczyk and Burkhard (2021). De este modo se pudo ilustrar las áreas que proveen, demandan y son beneficiarios de los SE, contribuyendo a la comprensión de la dinámica espacial de los SE.

Además, las representaciones permitieron identificar desacoples en los SE, donde la demanda supera a la oferta en cantidad o calidad (Dworczyk &

Burkhard, 2021). Estos desacoples pueden reflejar un uso insostenible y una distribución injusta de los SE, lo que ha generado interés en mostrar cómo, cuándo y dónde pueden presentarse estas problemáticas (Villamagna et al., 2013). Existen diversas relaciones espaciales entre la oferta y demanda, visualmente en la Figura 3 y descritos en la Tabla 4.

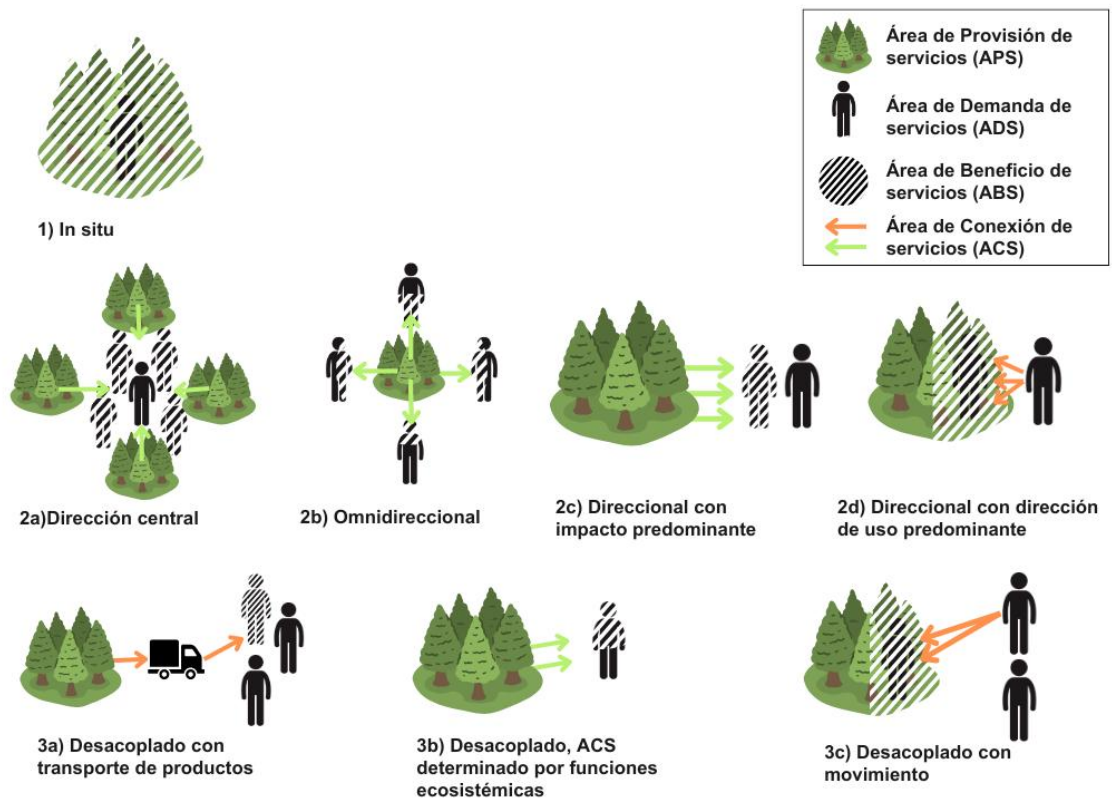


Figura 3. Tipologías de relaciones espaciales entre oferta y demanda de servicios ecosistémicos. Adaptado de Dworczyk and Burkhard (2021).

Tabla 4. Tipología de relaciones espaciales. Fuente: Dworczyk and Burkhard (2021).

Relación espacial	Descripción
1) In situ (en el lugar)	Los servicios ecosistémicos se generan y demandan en la misma área geográfica, ya que su provisión no requiere transporte ni flujo natural para que el beneficio exista. Pueden existir zonas donde la demanda no se cumple y otras donde el servicio es provisto, pero no utilizado por la población, por lo que no clasificarían como área de beneficio.
2a) Dirección central	Los servicios ecosistémicos se proveen en áreas circundantes al área de demanda. A través de funciones y procesos ecológicos, el SE puede “fluir” hacia el área de demanda, donde puede aprovecharse. Sin embargo, la distancia de este flujo es limitada y pueden existir áreas donde la demanda quedaría insatisfecha.
2b) Omnidireccional	Similar al 2a), excepto que el APS proporciona beneficios al ADS que la rodean.
2c) Direccional con dirección de impacto predominante	Los servicios ecosistémicos se proveen en una zona cercana al ADS. El ACS está definida por procesos y funciones ecológicas, con una dirección de impacto predominante. Si el ACS está ausente, el ADS no puede beneficiarse del SE correspondiente.
2d) Direccional con dirección de uso predominante	Similar al 2c), excepto que hay un movimiento de la demanda hacia el APS.

3a) Transporte de productos	El APS y ADS están espacialmente separadas por grandes distancias, por lo que la conexión entre ambas se establece mediante el transporte de bienes, materiales o información. Las áreas por donde se trasladan estos elementos pueden beneficiarse de los SE. Sin embargo, es posible que dichos elementos no lleguen a ciertas zonas, dejando la demanda insatisfecha.
3b) Espacialmente separado, ACS determinado por funciones ecosistémicas	El APS y ADS están espacialmente separadas por grandes distancias. Sin embargo, existe un ACS, determinada por funciones y procesos ecológicos, que garantiza que los beneficios de estos SE lleguen a las áreas demandantes.
3c) Movimiento	Similar al 2d), con la diferencia de que las personas se trasladan a áreas más alejadas para beneficiarse de los SE que se ofrecen allí.

Las relaciones espaciales 3a), 3b) y 3c) corresponden al desacople entre la oferta y demanda de SE, por lo que en adelante se hará referencia a ellas de esta manera.

2.6 Análisis de patrones espaciales y congruencias

Para analizar la congruencia espacial entre la oferta y las áreas de beneficio de los servicios ecosistémicos demandados, una vez mapeados para identificar la distribución espacial de estos elementos, se cuantificó la capacidad de proveer SE y la superficie de las áreas de beneficio. Luego, se estimó la proporción de área de beneficio de los SE demandados para cada comuna.

Asimismo, se realizó un análisis descriptivo de los diferentes tipos de relaciones espaciales entre las áreas de oferta, demanda y beneficio, ilustrando como se configura la relación espacial de los SE más importante dentro de las cinco comunas del área de estudio. Esto permitió una mejor comprensión de los patrones espaciales y su posible impacto en la planificación y gestión del territorio.

Además, para comprender más profundamente la relación espacial de los SE en el área de estudio, se analizaron los gradientes de ruralidad y área urbana consolidada en cada comuna. Esta información se obtuvo a partir de la capa del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC), la cual permitió el cálculo del porcentaje de superficie comunal total.

III. RESULTADOS

3.1 Mapeo de oferta de servicios demandados

Los resultados evidenciaron una diferenciación en la oferta de SE entre las comunas del área de estudio (Figura 4). Chiguayante se destacó en la provisión de servicios culturales, tales como Recreación (36,8%) y Belleza escénica (46%), además de un alto desempeño en servicios de regulación como la protección de incendios (78,8%). Hualqui lideró en la provisión de regulación de la calidad de agua (94%), mientras que Coronel destacó en la amortiguación de movimiento en masa (58,4%), y Lota en Regulación de la calidad del aire (43,1%). En cuanto a los servicios de aprovisionamiento, Chiguayante sobresalió en la Provisión de agua superficial (94,9%) y Provisión de alimento por plantas silvestres (19,2%), mientras que Lota lidera en la Provisión de leña (11,2%).

En el Apéndice C se incorporó una tabla con la capacidad de provisión de cada SE a escala comunal.

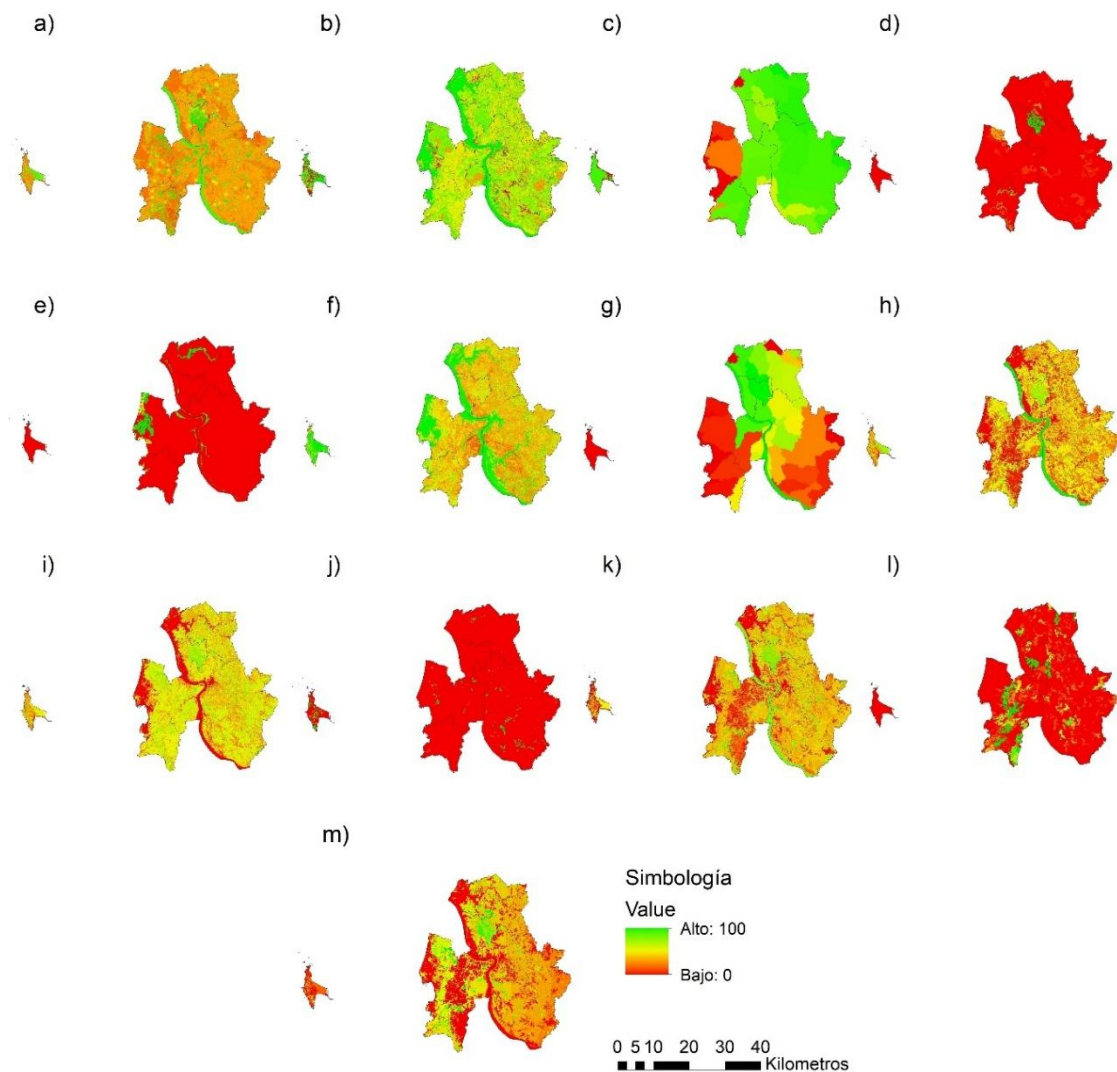


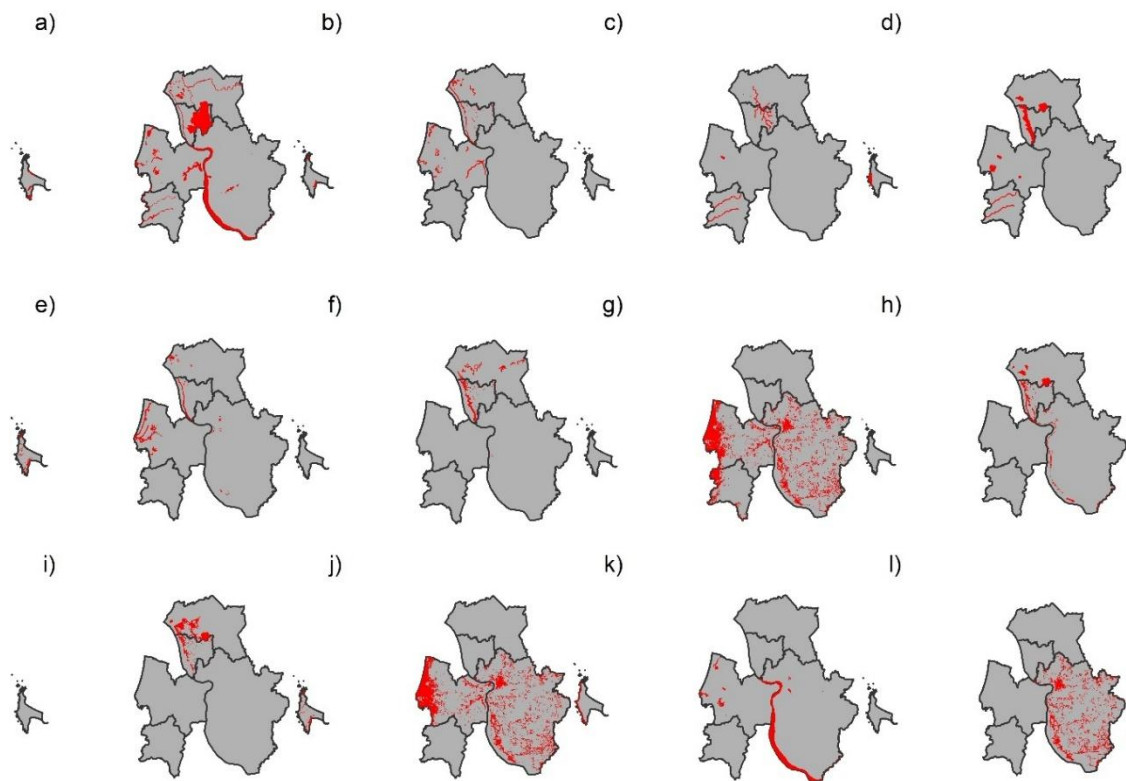
Figura 4. Oferta potencial a escala comunal de servicios demandados: a) Recreación, b) Protección contra incendios, c) Regulación de la calidad de agua, d) Provisión de alimento por plantas silvestres, e) Control de inundaciones y marejadas, f) Amortiguación del movimiento de masa, g) Provisión de agua superficial para consumo humano, h) Regulación termal, i) Regulación de la calidad del aire, j) Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas, k) Belleza escénica, l) Provisión de leña, y m) Reducción de olores.

3.2 Área de beneficio

La proporción de áreas de beneficio muestran una distribución diferenciada de los SE entre las comunas evaluadas (Figura 5). Chiguayante presentó una proporción de beneficio de 76,8% de la comuna entre todos los servicios demandados a nivel comunal, destacando con un alto porcentaje en recreación (43,6%) y provisión de alimento por plantas silvestres (9%). Hualqui, presentó una proporción de beneficio de 20,3% de la comuna entre todos los SE demandados a nivel comuna, destacando recreación (6,08%) y belleza escénica (5,74%). Concepción presentó una proporción de beneficio de 18,7% de la comuna entre todos los servicios demandados a nivel comunal, predominando regulación de la calidad del aire (5,87%) y recreación (4,31%). Por otro lado, en Coronel se presentó una proporción de beneficio de 38,5% de la comuna entre todos los SE demandados, evidencia un alto cumplimiento en provisión de agua superficial para consumo humano (12,24%) y provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas (12,58%), mientras que para el servicio amortiguación del movimiento de masa no presenta beneficio. Finalmente, Lota presentó una proporción de beneficio de 9,7% de la comuna entre todos los SE demandados dentro de la comuna, donde los SE con mayor nivel de satisfacción corresponden a provisión de agua superficial para consumo humano (6,41%) y recreación (2,14%). Para los SE de protección contra incendios, regulación de la calidad de

aire y reducción de olores, no existe área de beneficio, siendo la comuna con menor cumplimiento de SE.

En el Apéndice D se incorporó una tabla con la proporción de beneficio de cada SE a escala comunal.



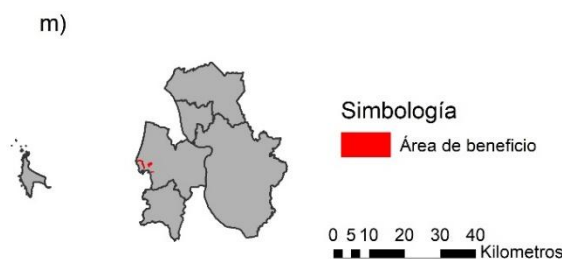


Figura 5. Áreas de beneficio a escala comunal de servicios demandados: a) Recreación, b) Protección contra incendios, c) Regulación de la calidad de agua, d) Provisión de alimento por plantas silvestres, e) Control de inundaciones y marejadas, f) Amortiguación del movimiento de masa, g) Provisión de agua superficial para consumo humano, h) Regulación termal, i) Regulación de la calidad del aire, j) Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas, k) Belleza escénica, l) Provisión de leña y m) Reducción de olores.

3.3 Relaciones espaciales entre áreas de oferta, demanda y beneficio a escala comunal

La tipología de relación espacial varió según las dinámicas espaciales de cada comuna, lo que implica que un mismo SE puede presentar una clasificación distinta en cada una de ellas. En la comuna de Chiguayante, los SE presentan tres tipos de relaciones espaciales (Tabla 5): direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante y omnidireccional, siendo la primera más frecuente para los SE demandados.

Tabla 5. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Chiguayante.

Tipología de relación espacial	Servicio ecosistémico
Direccional con dirección de impacto predominante	Control de inundaciones y marejadas Amortiguación del movimiento en masa Protección contra incendios Regulación de la calidad del agua Regulación de la calidad del aire
Direccional con dirección de uso predominante	Recreación Provisión de alimento por plantas silvestres
Omnidireccional	Regulación termal

Para la comuna de Concepción, los SE se distribuyen en dos tipos de relaciones espaciales (Tabla 6): direccional con dirección de impacto predominante y direccional con dirección de uso predominante, siendo la primera la más frecuente entre los SE demandados de la comuna.

Tabla 6. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Concepción.

Tipología de relación espacial	Servicio ecosistémico
Direccional con dirección de impacto predominante	Control de inundaciones y marejadas Amortiguación del movimiento de masa Protección contra incendios Regulación de la calidad del agua
Direccional con dirección de uso predominante	Recreación Provisión de alimento por plantas silvestres Regulación termal Regulación de la calidad del aire

Para la comuna de Coronel, los SE se distribuyeron en tres tipos de relaciones espaciales (Tabla 7): direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante y desacoplada con transporte de productos, siendo la primera la más frecuente en la comuna. Además, se identificó que el SE de amortiguación de movimiento de masa no presenta área de beneficio dentro de la comuna, por lo que cuya provisión no genera un impacto directo en el territorio local.

Tabla 7. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Coronel.

Tipología de relación espacial	Servicio ecosistémico
Direccional con dirección de impacto predominante	Control de inundaciones y marejadas Protección contra incendios Reducción de olores Regulación de la calidad del agua
Direccional con dirección de uso predominante	Recreación Provisión de alimento por plantas silvestres Belleza escénica
Desacoplado con transporte de productos	Provisión de agua superficial para consumo humano Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas
No existe área de beneficio dentro de la comuna	Amortiguación del movimiento de masa

Para la comuna de Hualqui, los SE se distribuyen en cuatro tipos de relaciones espaciales (Tabla 8): direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante, omnidireccional y desacoplada con transporte de productos, siendo este ultimo la relación más frecuente en la comuna.

Tabla 8. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Hualqui.

Tipología de relación espacial	Servicio ecosistémico
Direccional con dirección de impacto predominante	Control de inundaciones y marejadas Amortiguación del movimiento de masa
Direccional con dirección de uso predominante	Recreación Belleza escénica
Omnidireccional	Regulación termal
Desacoplado con transporte de productos	Provisión de agua superficial para consumo humano Provisión de leña Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas

Para la comuna de Lota, los SE se distribuyeron en tres tipos de relaciones espaciales (Tabla 9): direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante y desacoplada con transporte de productos, siendo el segundo el más frecuente en la comuna. Existen SE sin área de beneficio dentro de la comuna, lo cual corresponde a cuatro servicios de regulación en los que no se identificaron áreas de recepción de beneficios dentro del territorio de Lota.

Tabla 9. Relación espacial de los servicios ecosistémicos de la comuna Lota.

Tipología de relación espacial	Servicio ecosistémico
Direccional con dirección de impacto predominante	Regulación de la calidad del agua
Direccional con dirección de uso predominante	Recreación Provisión de alimento por plantas silvestres
Desacoplado con transporte de productos	Provisión de agua superficial para consumo humano
No existe área de beneficio dentro de la comuna	Control de inundaciones y marejadas Reducción de olores Protección contra incendios Regulación de la calidad del aire

La tipología más frecuente entre las comunas estudiadas es la direccional con impacto predominante (Figura 6), especialmente en Chiguayante, Concepción y Coronel, donde representa más del 50% de los servicios. Mientras tanto, Lota presentó una mayor proporción de direccional con dirección de uso predominante. En Hualqui, predomina la tipología de desacople con transporte de productos, la cual también se encuentra presente en las comunas de Coronel y Lota. Por último, la relación omnidireccional es la menos frecuente en todas las

comunas, pero tiene presencia en Hualqui y Chiguayante para el SE de regulación termal.

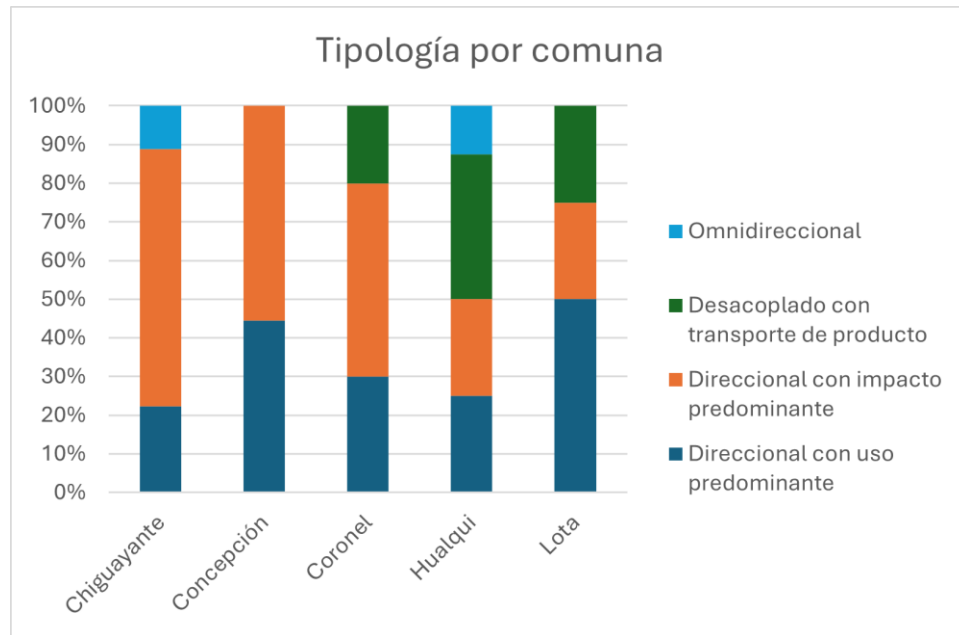


Figura 6. Distribución de las tipologías de relaciones espaciales por comuna.

3.4 Congruencia espacial

En la Figura 7. se presentan los gradientes de ruralidad estudiadas y en la Figura 8. los gradientes de área urbana consolidada para las comunas, lo cual permite entender mejor las diferencias entre oferta y demanda de servicios ecosistémicos. Las comunas con mayor proporción de área rural, como Hualqui (99,2%) y Lota (95,3%), presentan una mayor oferta de SE de regulación y

aprovisionamiento, tales como regulación de la calidad de agua, protección contra incendios y provisión de agua superficial para consumo humano.

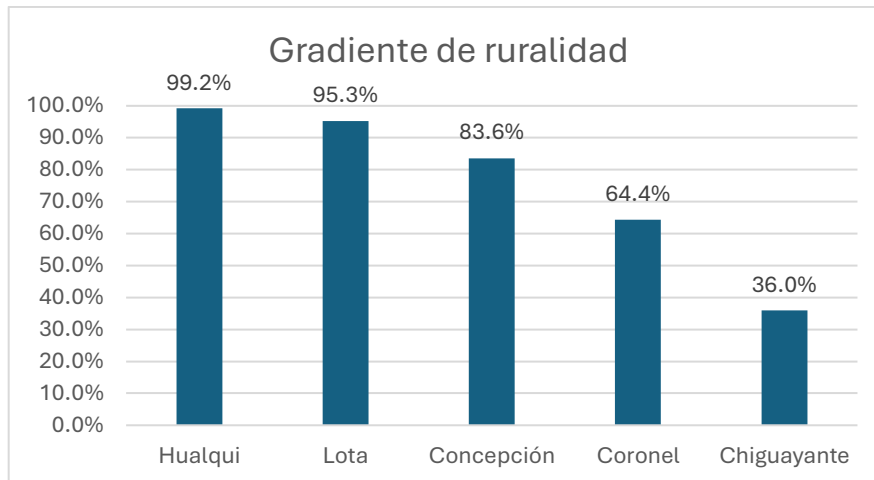


Figura 7. Gradiente de ruralidad en las comunas del área de estudio.

Las comunas con una mayor proporción de área urbana consolidada, como Chiguayante (64%) y Coronel (35.4%), presentan una alta demanda de servicios ecosistémicos, especialmente de regulación, como control de inundaciones, regulación de la calidad de agua y amortiguación del movimiento en masa.

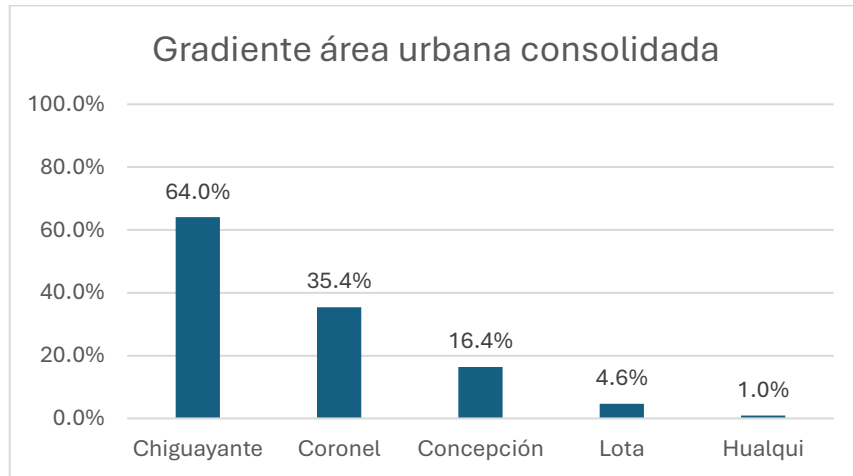


Figura 8. Gradiente de área urbana consolidada en las comunas del área de estudio.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Dinámica espacial de servicios ecosistémicos

Similar a otros estudios (Goldenberg et al., 2017; Schirpke et al., 2019; Serna-Chavez et al., 2014; Syrbe & Grunewald, 2017), el mapeo de los servicios ecosistémicos en las comunas estudiadas reveló tanto congruencias como desacoples espaciales entre las áreas de oferta, demanda y beneficio. Aunque las relaciones espaciales fueron heterogéneas para los SE analizados, se identificaron patrones generales que coinciden con estudios previos. En particular, al igual que lo señalado por otros autores (Schirpke et al., 2019; Syrbe & Grunewald, 2017), se observó un marcado desplazamiento espacial entre las áreas de oferta y demanda para los servicios de aprovisionamiento, debido a la divergencia espacial entre los ecosistemas naturales o seminaturales y los entornos urbanos. Este patrón responde a la configuración del territorio, en especial a la proporción de áreas rurales y urbanas consolidadas en cada comuna, que influye directamente en la distribución espacial de los SE.

Los resultados evidenciaron que las comunas con mayor proporción de áreas rurales, como Hualqui y Concepción, presentaron una mayor oferta de SE de regulación y aprovisionamiento, mientras que las comunas con mayor

consolidación urbana, como Chiguayante, muestra una alta demanda de SE, especialmente de regulación. Este patrón se evidencia en estudios previos (Schirpke et al., 2019) que indica que las áreas naturales son puntos críticos de suministro de SE, mientras que la demanda se concentra en áreas altamente urbanizadas. Sin embargo, en Chiguayante se encuentra presente el Parque Nacional Nonguén, una extensa área de cobertura natural que contribuye significativamente a la oferta de SE, ayudando a satisfacer la demanda local.

La relación espacial más frecuente para los SE de regulación demandados en el área de estudio es la direccional con dirección de impacto predominante. Esto se observa en los SE de control de inundaciones y marejadas, amortiguación del movimiento de masa, protección contra incendios, regulación de la calidad de agua y aire, y reducción de olores. Esto significa que el servicio se provee en una zona cercana al área de demanda, permitiendo el beneficio a través de procesos y funciones ecológicas (Dworczyk & Burkhard, 2021). En esta tipología es importante la proximidad entre áreas de provisión y zonas que requieren estos servicios para asegurar la transferencia eficiente de beneficios, especialmente en servicios de regulación que dependen de la cercanía para mantener su efectividad. Esta relación espacial resalta la importancia de conservar áreas naturales o seminaturales dentro y alrededor de las zonas urbanas, para optimizar la provisión de estos servicios esenciales (Luiza Petroni et al., 2022).

Para los SE de aprovisionamiento, la relación espacial más frecuente es direccional con dirección de uso predominante para las comunas de Chiguayante y Concepción para el servicio provisión de alimento por plantas silvestres. Esto indica que las personas que demandan este servicio se encuentran relativamente cerca de las áreas de provisión, y deben moverse hacia ellas para poder beneficiarse directamente. Mientras que para las comunas de Coronel, Hualqui y Lota, predomina el desacople con transporte de productos para los SE provisión de agua superficial para consumo humano, provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas y provisión de leña. Esto significa que los SE no se consumen necesariamente en el mismo lugar donde se generan, sino que requieren transporte desde las áreas proveedoras hacia las zonas de demanda. Como resultado, Coronel, Hualqui y Lota depende de fuentes externas para el acceso a estos recursos, lo que puede generar desafíos en términos de sostenibilidad y seguridad en el abastecimiento. En Hualqui, el suministro de alimentos se produce a pequeña escala, lo que contribuye al beneficio local pero no alcanza a cubrir la demanda total de la comuna. Según Marsden et al. (2000) y Raftowicz et al. (2024), la producción local es esencial para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en zonas rurales, ya que reduce la dependencia de fuentes externas.

Para los servicios culturales, en las comunas estudiadas, el SE de Recreación y Belleza escénica corresponde a Direccional con dirección de uso predominante. Según Kienast et al. (2012) la mayoría de las personas se movilizan a pie para satisfacer su necesidad de recreación y disfrute del paisaje, prefiriendo áreas naturales cercanas con elementos como cuerpos de agua, bosques y cumbres con vistas. Esto implica acceden parques urbanos, áreas naturales o entornos con alto valor escénico dentro de su comuna, sin necesidad de realizar grandes desplazamientos.

En Coronel y Lota existen SE sin áreas de beneficios dentro de su territorio, específicamente para servicios de regulación como amortiguación de movimiento de masa en Coronel y regulación de la calidad del aire y protección contra incendios en Lota. Además, en el caso de Coronel, las carreteras no fueron consideradas como área de beneficio para este SE, lo que indicó una limitación en la identificación de la relación espacial. A pesar de contar con la capacidad de provisión de los servicios demandados, estas comunas no presentan área de beneficio, probablemente debido a factores ecológicos y biofísicos limitados que afectan la conexión entre el área de provisión y el área demandante (Syrbe & Walz, 2012).

4.2 Implicaciones para la planificación territorial

El enfoque de SE permite abordar la interconexión entre cuestiones ambientales, sociales y económicas (Dworczyk & Burkhard, 2021; Maes et al., 2018), proporcionando un marco holístico para analizar en qué medida las personas necesitan o demandan SE para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida, así como la capacidad de los ecosistemas de proveerlos de manera sostenible (Burkhard & Maes, 2017; Dworczyk & Burkhard, 2021; Wolff et al., 2017). El estudio de las relaciones espaciales entre oferta y demanda de servicios ecosistémicos puede proporcionar información clave para la toma de decisiones orientadas hacia un uso sostenible de los recursos (Kroll et al., 2012). Para lograrlo, es fundamental que los responsables de la planificación territorial comprendan los desacoples espaciales y los conflictos potenciales entre oferta y demanda de los SE, lo que permitirá diseñar estrategias de gestión más eficaces (Syrbe & Grunewald, 2017).

El presente estudio contribuye a la comprensión de los desacoples entre la oferta y demanda de SE en contextos urbanos y periurbanos, aspecto clave para apoyar la toma de decisiones en la gestión del paisaje, dado que las actividades humanas pueden generar presiones significativas sobre los ecosistemas. Identificar estas diferencias espaciales facilita la detección de áreas críticas que

necesitan incorporarse en los instrumentos de planificación territorial para un uso sostenible del suelo (Burkhard et al., 2012; Geijzendorffer et al., 2015; Vargas et al., 2023).

El análisis a través de los gradientes de ruralidad y urbanización resalta la importancia de conservar y restaurar áreas rurales estratégicas para garantizar la provisión sostenible de SE en comunas con alta consolidación urbana (Kroll et al., 2012). A medida que aumenta la ruralidad, la diversidad de SE que se ofrecen como los que se demanda se incrementa. Un ejemplo de ello son los SE de regulación, cuya demanda es menor en comparación con las áreas urbanas. Además, una mayor ruralidad se asocia con una mayor diversidad de relaciones espaciales dentro del territorio. En Hualqui, la comuna con mayor ruralidad, se identificaron cuatro tipos de relaciones espaciales: direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante, omnidireccional y desacoplado con transporte de productos. Representando una complejidad en la distribución espacial de los SE, que requiere estrategias de manejo más integradas y específicas según la tipología predominante, con el fin de incorporar los SE en la planificación espacial (Albert et al., 2016).

El análisis del gradiente de área urbana consolidada revela que los SE más demandados son los de regulación, como control de inundaciones y marejadas,

regulación de la calidad de agua y aire, protección contra incendios, entre otros. Esta demanda se debe a la alta densidad poblacional, presiones antropogénicas y la necesidad de mitigar los impactos ambientales asociados al crecimiento urbano (Kroll et al., 2012). En Chiguayante, la comuna con mayor área urbana consolidada, se identificaron tres tipos de relaciones espaciales: direccional con dirección de impacto predominante, direccional con dirección de uso predominante y omnidireccional. Esta diversidad de relaciones espaciales sugiere una compleja interacción entre las áreas de provisión y demanda de SE, lo que destaca la necesidad de integrar estos servicios en la planificación territorial para abordar los desafíos ambientales en entornos urbanos (Albert et al., 2016).

Las decisiones informadas sobre el uso del suelo pueden beneficiarse del conocimiento de las relaciones espaciales, ya que la oferta de SE puede operar a una escala diferente de su demanda, generando consecuencias tanto locales como regionales (Vargas et al., 2023). De este modo, la gestión y planificación territorial deben integrar la heterogeneidad en la distribución espacial de los SE para garantizar su sostenibilidad y la justicia ambiental en relación con el acceso equitativo a sus beneficios (Schirpke et al., 2019; Syrbe & Grunewald, 2017). Como se ha señalado en estudios previos (Schirpke et al., 2019; Syrbe & Walz, 2012), la planificación no puede centrarse únicamente a nivel local, sino que debe

abordarse a escala regional y contemplar tanto las áreas de oferta como las de demanda de los SE en diferentes paisajes.

4.3 Limitaciones del estudio

El estudio presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, la disponibilidad de estudios previos sobre la relación espacial de oferta y demanda de SE en el área de estudio es limitada, lo que dificulta la comparación de los hallazgos con otras investigaciones. En cuanto a la metodología, la representación espacial de la oferta de SE es potencial, por lo que falta estimar la oferta real para reflejar mejor la disponibilidad de los servicios ecosistémicos en el territorio.

Otra limitación relevante es la selección de los SE analizados, que se basó en aquellos mencionados en más del 60% de las mesas comunales, dejando fuera el 40% restante, lo que podría generar una visión parcial de la dinámica de los SE dentro de las comunas.

V. CONCLUSIÓN

Este estudio ha permitido analizar la congruencia espacial entre la oferta, demanda y área de beneficio de los servicios ecosistémicos en cinco comunas del Área Metropolitana de Concepción (AMC). Se concluye que a medida que aumenta la ruralidad, la tipología más frecuente de relación espacial es el transporte de productos, lo que refleja una distribución desigual de aquellos servicios, dado que estas comunas dependen de otras para el suministro de alimento y agua. En cambio, en las comunas con mayor área urbana consolidada, los SE más demandados son los de regulación, predominando la tipología direccional con dirección de impacto predominante. Además, se identificaron diferentes tipologías espaciales asociadas a las categorías de los servicios: los SE de regulación presentan mayormente una relación direccional con dirección de impacto predominante, los servicios culturales y de aprovisionamiento se asocian a direccional con dirección de uso predominante.

Los resultados obtenidos destacan la importancia de comprender las relaciones espaciales para una gestión sostenible de los recursos naturales, especialmente en un contexto de crecimiento urbano acelerado. La representación espacial de la oferta y área de beneficio de los SE, evidenciaron patrones de desacople en

ciertas áreas, principalmente en zonas rurales, lo que pone en riesgo el acceso equitativo a estos servicios.

Además, la evaluación de las relaciones espaciales permitió identificar áreas críticas que necesitan ser incorporadas en los instrumentos de planificación territorial, como la ausencia de áreas de beneficio para algunos SE en las comunas de Coronel y Lota, así como la tipología de desacople con transporte de productos. La identificación de estas áreas críticas resalta la necesidad de integrar los SE en la planificación territorial y desarrollar estrategias de conservación que garanticen su provisión y mantenimiento a largo plazo.

En conclusión, esta investigación ayuda a comprender mejor las dinámicas espaciales entre la naturaleza y el bienestar humano del AMC, proporcionando una base para la toma de decisiones en formulación de políticas y planificación ambiental, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y conservar los recursos naturales.

VI. FINANCIAMIENTO

Trabajo elaborado en el marco del Proyecto Fondecyt 1231230 “INTEGRATED ASSESSMENT OF THE IMPACTS OF CLIMATE AND LAND USE CHANGE ON MULTIPLE ECOSYSTEM SERVICES IN SOUTH-CENTRAL CHILE”.

VII. GLOSARIO

- Demanda: Necesidad o deseo de las personas por un servicio ecosistémico en un determinado lugar, independientemente de si el ecosistema puede proveerlo.
- Flujo de servicios ecosistémicos: Es el proceso mediante el cual los beneficios generados por los ecosistemas son transferidos, aprovechados y distribuidos en el tiempo y el espacio. Esta transferencia ocurre desde la oferta hasta la demanda y está influenciada por factores ecológicos, así como por la distancia entre las áreas de provisión y las zonas demandantes.
- Oferta: Capacidad de un ecosistema para proporcionar servicios ecosistémicos, en base a sus características ecológicas.
- Planificación territorial: Herramienta interdisciplinaria que organiza el uso del suelo y la utilización de los recursos naturales para equilibrar el desarrollo humano con la conservación ambiental. Optimiza la distribución de actividades en el espacio para promover un uso sostenible del territorio.
- Servicios ecosistémicos: Son los beneficios tangibles e intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas y que contribuyen al bienestar humano. Por ejemplo, el suministro de agua y alimentos, regulación del clima y la calidad del aire y agua, recreación, entre otros.

- Servicios ecosistémicos culturales: Beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas, y que influyen en su bienestar psicológico y espiritual. Incluyen el turismo, la recreación, la educación ambiental, la identidad cultural y el sentido de pertenencia a un territorio.
- Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento: Recursos tangibles obtenidos de los ecosistemas para el uso humano. Incluyen alimentos, agua dulce, madera y recursos medicinales.
- Servicios ecosistémicos de regulación y mantención: Procesos ecológicos que contribuyen al equilibrio de los ecosistemas y al bienestar humano. Incluyen la regulación del clima y la calidad del agua, el control de la erosión, la polinización, y la protección contra incendios. Son fundamentales para la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas.
- Tipos de relaciones espaciales: Diferentes formas en que la oferta, demanda y flujo de los servicios ecosistémicos se distribuyen en el espacio. Estas relaciones pueden incluir: coincidencia espacial de oferta y demanda; proximidad cuando la demanda se encuentra cerca de la oferta; y dependencia de conectividad cuando se requiere una conexión ecológica o infraestructural para permitir que el servicio ecosistémico fluya.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, E. (2008). *Efectos del establecimiento en el crecimiento y rentabilidad de plantaciones de Eucalyptus en el sur de Chile*. Trabajo de grado, Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Santiago. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104995/ag-acevedo_e.pdf?sequence=4#:~:text=globulus%20crece%20a%20raz%C3%B3n%20de,Adem%C3%A1s%20sabemos%20que%20E
- Albert, C., Galler, C., Hermes, J., Neuendorf, F., von Haaren, C., & Lovett, A. (2016). Applying ecosystem services indicators in landscape planning and management: The ES-in-Planning framework. *Ecological Indicators*, 61, 100-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.029>
- Alvarez-Codoceo, S., Cerda, C., & Perez-Quezada, J. F. (2021). Mapping the provision of cultural ecosystem services in large cities: The case of The Andean piedmont in Santiago, Chile. *Urban Forestry and Urban Greening*, 66, Article 127390. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127390>
- Bahamóndez, C., Sagardía, R., & Rose, J. (2020). *El bosque nativo en Chile - Resultados del Inventario Forestal Nacional Período 2001-2015*. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico. <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/30450/30450.pdf?sequence=5>
- Benra, F., De Frutos, A., Gaglio, M., Álvarez-Garretón, C., Felipe-Lucia, M., & Bonn, A. (2021). Mapping water ecosystem services: Evaluating InVEST model predictions in data scarce regions. *Environmental Modelling and Software*, 138, Article 104982. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104982>
- Berbés-Blázquez, M., González, J. A., & Pascual, U. (2016). Towards an ecosystem services approach that addresses social power relations. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 19, 134-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.02.003>
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., & Müller, F. (2014). Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 34(1), 1-32. <https://doi.org/10.3097/LO.201434>
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>

- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping Ecosystem Services. *Advanced Books*, 1. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>
- Carey Briones, P., Figueroa Sotomayor, A., & Valenzuela Cavieres, P. (2006). Evaluación técnica de un sistema tradicional de cosecha en plantaciones de *Eucalyptus globulus* de corta rotación en Valdivia, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27, 272-276. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002006000300008&nrm=iso
- Chaudhary, S., McGregor, A., Houston, D., & Chettri, N. (2018). Environmental justice and ecosystem services: A disaggregated analysis of community access to forest benefits in Nepal. *Ecosystem Services*, 29, 99-115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.020>
- Clec'h, S. L., Oszwald, J., Decaens, T., Desjardins, T., Dufour, S., Grimaldi, M., Jegou, N., & Lavelle, P. (2016). Mapping multiple ecosystem services indicators: Toward an objective-oriented approach. *Ecological Indicators*, 69, 508-521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.021>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. *IUCN*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Correa, H. (2018). *Análisis de vulnerabilidad por inundación fluvial en la zona urbana de Hualqui, Región del Biobío*. Trabajo de grado, Geografía. Universidad de Concepción, Concepción. <https://repositorio.udec.cl/items/522bc37c-fbe3-4f15-93d4-5025877a6962>
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R.,...Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Dirección meteorológica de Chile. (s.f). *Precipitación Histórica de la Estación Carriel Sur, Concepción*. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/historico/aguaCaidaHistoricaMensual/360019>
- Dobbs, C., Escobedo, F. J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleuterio, A. A., MacGregor-Fors, I., Reyes-Paecke, S., Vásquez, A., Camano, J. D. Z., & Hernández, H. J. (2019). Urban ecosystem Services in Latin America: mismatch between global concepts and regional realities? *Urban Ecosystems*, 22(1), 173-187. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0805-3>

- Dworczyk, C., & Burkhard, B. (2021). Conceptualising the demand for ecosystem services – an adapted spatial-structural approach. *One Ecosystem*, 6. <https://doi.org/10.3897/oneeco.6.e65966>
- Esse, C., Valdivia, P., Encina-Montoya, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). A multi-criteria model for mapping ecosystem services in forested watersheds, southern Chile [Article]. *Bosque*, 35(3), 289-299. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000300004>
- Fang, X., Li, J., & Ma, Q. (2023). Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review [Review]. *Sustainable Cities and Society*, 98, Article 104843. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104843>
- Fernández, I. C. (2019). A multiple-class distance-decaying approach for mapping temperature reduction ecosystem services provided by urban vegetation in Santiago de Chile [Article]. *Ecological Economics*, 161, 193-201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.03.029>
- Garrido, B. P. (2024). *Evaluación de la vulnerabilidad y resiliencia ante incendios forestales en la interfaz urbana forestal de la comuna de Chiguayante. Área metropolitana de Concepción*. Trabajo de grado, Geografía. Universidad de Concepción, Concepción. <https://repositorio.udec.cl/items/30ac8e7b-46ca-4026-821c-67950ac05591>
- Geizendorffer, I. R., Martín-López, B., & Roche, P. K. (2015). Improving the identification of mismatches in ecosystem services assessments. *Ecological Indicators*, 52, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.016>
- Goldenberg, R., Kalantari, Z., Cvetkovic, V., Mörtberg, U., Deal, B., & Destouni, G. (2017). Distinction, quantification and mapping of potential and realized supply-demand of flow-dependent ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 593-594, 599-609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.130>
- GORE BIOBIO, & MINVU. (2023). *Imagen Objetivo PRMC*. <https://www.imagenobjetivoprmc.cl/>
- Haines-Young, R., M. Potschin. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. www.cices.eu
- Harrison, P. A., Dunford, R., Barton, D. N., Kelemen, E., Martín-López, B., Norton, L., Termansen, M., Saarikoski, H., Hendriks, K., Gómez-Baggethun, E., Czúcz, B., García-Llorente, M., Howard, D., Jacobs, S., Karlsen, M.,

- Kopperoinen, L., Madsen, A., Rusch, G., van Eupen, M.,...Zulian, G. (2018). Selecting methods for ecosystem service assessment: A decision tree approach. *Ecosystem Services*, 29, 481-498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.016>
- Honeck, E., Sanguet, A., Schlaepfer, M. A., Wyler, N., & Lehmann, A. (2020). Methods for identifying green infrastructure. *SN Applied Sciences*, 2(11), 1916. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03575-4>
- INFOR. (2024). *Anuario Forestal 2024*. <https://www.infor.cl/index.php/destacados-home/1037-anuario-2024>
- Iverson, L., Echeverria, C., Nahuelhual, L., & Luque, S. (2014). Ecosystem services in changing landscapes: An introduction. *Landscape Ecology*, 29(2), 181-186. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9993-2>
- Jennings, V., Larson, L., & Yun, J. (2016). Advancing Sustainability through Urban Green Space: Cultural Ecosystem Services, Equity, and Social Determinants of Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2), 196. <https://www.mdpi.com/1660-4601/13/2/196>
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Assessment of the ecosystem service of water regulation under scenarios of conservation of native vegetation and expansion of forest plantations in south-central Chile [Article]. *Bosque*, 39(2), 277-289. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>
- Kienast, F., Degenhardt, B., Weilenmann, B., Wäger, Y., & Buchecker, M. (2012). GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. *Landscape and Urban Planning*, 105(4), 385-399. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.015>
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., & Fohrer, N. (2012). Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics [Article]. *Land Use Policy*, 29(3), 521-535. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.008>
- Laterra, P., Barral, P., Carmona, A., & Nahuelhual, L. (2016). Focusing Conservation Efforts on Ecosystem Service Supply May Increase Vulnerability of Socio-Ecological Systems. *PLOS ONE*, 11(5), Article e0155019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155019>
- León, E. (2019). Especies ornamentales y silvícolas con potencial biodepurante y mitigante de la contaminación atmosférica y de olores ofensivos, emitidos por los sistemas de explotación pecuaria. <https://core.ac.uk/download/pdf/344725127.pdf>
- Locher-Krause, K. E., Lautenbach, S., & Volk, M. (2017). Spatio-temporal change of ecosystem services as a key to understand natural resource utilization

- in Southern Chile [Article]. *Regional Environmental Change*, 17(8), 2477-2493. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1180-y>
- Long, K., Wang, N., & Lin, Z. (2023). Assessing scenic beauty of hilly and mountain villages: An approach based on landscape indicators. *Ecological Indicators*, 154, 110538. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110538>
- Lorilla, R. S., Kalogirou, S., Poirazidis, K., & Kefalas, G. (2019). Identifying spatial mismatches between the supply and demand of ecosystem services to achieve a sustainable management regime in the Ionian Islands (Western Greece). *Land Use Policy*, 88, 104171. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104171>
- Luiza Petroni, M., Siqueira-Gay, J., & Lucia Casteli Figueiredo Gallardo, A. (2022). Understanding land use change impacts on ecosystem services within urban protected areas. *Landscape and Urban Planning*, 223, 104404. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104404>
- Maes, T. A., Erhard M, Grizzetti B, Barredo JI, Paracchini ML, Condé S, Somma F, Orgiazzi A, Jones A, Zulian A, Petersen JE, M. D., Kovacevic V, Abdul Malak D, Marin AI, Czúcz B, Mauri A, Löffler P, Bastrup-Birk A, Biala K, & Christiansen T, W. B. (2018). *Mapping and assessment of ecosystems and their services: An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/055584>
- Marsden, T., Banks, J., & Bristow, G. (2000). Food Supply Chain Approaches: Exploring their Role in Rural Development. *Sociologia Ruralis*, 40(4), 424-438. <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00158>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Montoya-Tangarife, C., De La Barrera, F., Salazar, A., & Inostroza, L. (2017). Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region: A study of Santiago-Valparaíso, Chile. *PLOS ONE*, 12(11), Article e0188117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188117>
- Municipalidad de Chiguayante. (2023). *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) 2023-2023*. Chiguayante, Chile https://www.chiguayante.cl/attachments/article/91/pladeco_2023-2026.pdf

- Municipalidad de Concepción. (2010). *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) Concepción 2010-2013*. Concepción, Chile https://gorebiobio.cl/wp-content/uploads/2019/01/PLADECO_CONCEPCION.pdf
- Municipalidad de Coronel. (2022). *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) Coronel 2022-2026*. Coronel, Chile <https://www.coronel.cl/wp-content/uploads/2024/05/PLADECO-CORONEL%202022-2026%20compressed.pdf>
- Municipalidad de Hualqui. (2011). *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) Hualqui 2011-2015*. Hualqui, Chile
- Municipalidad de Lota. (2023). *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) Lota 2023-2032*. Lota, Chile https://www.lotatransparente.cl/index.php?action=plantillas_generar_archivo&ig=207&m=9&a=2024&ia=82054
- Nahuelhual, L., Benra Ochoa, F., Rojas, F., Ignacio Díaz, G., & Carmona, A. (2016). Mapping social values of ecosystem services: What is behind the map?. *Ecology and Society*, 21(3), Article 24. <https://doi.org/10.5751/ES-08676-210324>
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Laterra, P., Barrena, J., & Aguayo, M. (2014). A mapping approach to assess intangible cultural ecosystem services: The case of agriculture heritage in Southern Chile. *Ecological Indicators*, 40, 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.005>
- Ormazábal, D. (2017). *Áreas verdes de Concepción metropolitano: un aporte a los servicios ecosistémicos*. Trabajo de grado, Biología. Universidad de Concepción, Concepción. <https://repositorio.udec.cl/items/755a9444-326c-4ed8-bcfa-26f3fe4e3af2>
- Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E. y Urrutia, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/119969>
- Raftowicz, M., Solarz, K., & Dradrach, A. (2024). Short Food Supply Chains as a Practical Implication of Sustainable Development Ideas. *Sustainability*, 16(7), 2910. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/7/2910>
- Rojas Quezada, C. A., Muñoz Olivera, I., & García-López, M. Á. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *EURE (Santiago)*, 35, 47-70. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612009000200003&nrm=iso

- Rueda, I. (2020). *Un Anillo Verde para el Área Metropolitana de Concepción. Propuesta de Infraestructura verde en base a criterios geográficos*. Trabajo de grado, Geografía. Universidad de Concepción, Concepción. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6210>
- Salinas Varela, E., & Pérez Bustamante, L. (2011). Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación. *Revista de geografía Norte Grande*, 79-97. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022011000200006&nrm=iso
- Schirpke, U., Vigl, L. E., Tasser, E., & Tappeiner, U. (2019). Analyzing spatial congruencies and mismatches between supply, demand and flow of ecosystem services and sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 11(8), Article 2227. <https://doi.org/10.3390/su11082227>
- Schröter, M., van der Zanden, E. H., van Oudenhoven, A. P. E., Remme, R. P., Serna-Chavez, H. M., de Groot, R. S., & Opdam, P. (2014). Ecosystem Services as a Contested Concept: a Synthesis of Critique and Counter-Arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514-523. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/conl.12091>
- Serna-Chavez, H. M., Schulp, C. J. E., van Bodegom, P. M., Bouten, W., Verburg, P. H., & Davidson, M. D. (2014). A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. *Ecological Indicators*, 39, 24-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.024>
- SIMEF. (2018). *Comuna de Coronel*. <https://simef.minagri.gob.cl/bibliotecadigital/server/api/core/bitstreams/dc66cf06-f071-4dc3-930e-b5eaf2436f33/content>
- SITrural. (2021). Recursos naturales comuna de Hualqui. https://www.sitrural.cl/wp-content/uploads/2022/03/HUALQUI_rrnn.pdf
- Smith Guerra, P., & Romero Aravena, 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. <https://www.scielo.cl/pdf/rgeong/n43/art05.pdf>
- SUBDERE. (2023). *División Política Administrativa 2023* (<https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/download/912598ad-ac92-35f6-8045-098f214bd9c2>)
- SUBDERE. (s.f). *Coronel*. <https://www.subdere.gov.cl/divisi%C3%B3n-administrativa-de-chile/gobierno-regional-del-biob%C3%ADo/provincia-de-concepci%C3%B3n/coronel>

- Syrbe, R.-U., & Grunewald, K. (2017). Ecosystem service supply and demand – the challenge to balance spatial mismatches. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(2), 148-161. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1407362>
- Syrbe, R.-U., & Walz, U. (2012). Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21, 80-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.013>
- Ulloa, I. (2022). *Diagnóstico del estado de los suelos en la comuna de Hualqui, Región del Biobío: consecuencias de los cambios de uso*. Trabajo de grado, Geografía. Universidad de Concepción, Concepción. <https://repositorio.udec.cl/items/1cd2e1a7-196f-4156-9913-90b54d01d7e1>
- Vargas, L., Ruiz, D., Gómez-Navarro, C., Ramirez, W., & Hernandez, O. L. (2023). Mapping potential surpluses, deficits, and mismatches of ecosystem services supply and demand for urban areas. *Urban Ecosystems*, 26(3), 701-711. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01312-w>
- Villamagna, A. M., Angermeier, P. L., & Bennett, E. M. (2013). Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 15, 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004>
- Wolff, S., Schulp, C. J. E., Kastner, T., & Verburg, P. H. (2017). Quantifying Spatial Variation in Ecosystem Services Demand: A Global Mapping Approach. *Ecological Economics*, 136, 14-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.005>
- Wolff, S., Schulp, C. J. E., & Verburg, P. H. (2015). Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 55, 159-171, Article 2350. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.016>

IX. APÉNDICE

Apéndice A. Servicios ecosistémicos más relevantes a escala comunal del área de estudio, correspondiente a 5 comunas del AMC

Comuna	Categoría de SE	SE (Nombre común)
Chiguayante	Regulación y mantención	Control de inundaciones y marejadas
		Amortiguación del movimiento de masa
		Protección contra incendios
		Regulación de la calidad del agua
		Regulación termal
	Regulación de la calidad del aire	
Aprovisionamiento	Provisión de alimento por plantas silvestres	
Cultural	Recreación	
Concepción	Regulación y mantención	Control de inundaciones y marejadas
		Amortiguación del movimiento de masa
		Protección contra incendios
		Regulación de la calidad del agua
		Regulación termal
	Regulación de la calidad del aire	
Aprovisionamiento	Provisión de alimento por plantas silvestres	
Cultural	Recreación	
Coronel	Regulación y mantención	Control de inundaciones y marejadas
		Protección contra incendios
		Reducción de olores
		Regulación de la calidad del agua
		Amortiguación del movimiento de masa
	Aprovisionamiento	Provisión de agua superficial para consumo humano
		Provisión de alimento por plantas silvestres
		Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas
Cultural	Recreación	
	Belleza escénica	
Hualqui		Control de inundaciones y marejadas

	Regulación y mantención	Regulación termal
		Amortiguación del movimiento de masa
	Aprovisionamiento	Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas
		Provisión de agua superficial para consumo humano
		Provisión de leña
	Cultural	Recreación
Belleza escénica		
Lota	Regulación y mantención	Control de inundaciones y marejadas
		Reducción de olores
		Protección contra incendios
		Regulación de la calidad del aire
		Regulación de la calidad del agua
	Aprovisionamiento	Provisión de alimento por plantas silvestres
		Provisión de agua superficial para consumo humano
	Cultural	Recreación

Apéndice B. Información de áreas de Provisión de Servicios Ecosistémicos en la zona de estudio, según reuniones con actores municipales.

Comuna	SE (Nombre común)	Área de provisión
Chiguayante	Control de inundaciones y marejadas	Humedal los boldos, estero la Leonera, vertientes, zona ribereña río Biobío)
	Recreación	Áreas verdes, ribera del río Biobío, estero la Leonera, humedal los Boldos, cerro Manquimávida, Parque Nacional Nonguén, parque Los Castaños
	Amortiguación del movimiento en masa	Laderas con cubierta vegetal cercanas a urbanización
	Protección contra incendios	PN Nonguén, Parches de bosque nativo, esteros y humedales
	Regulación de la calidad del agua	Esteros, cerro Manquimávida, PN Nonguén
	Regulación termal	Humedales y esteros, Áreas verdes, PN Nonguén, Ribera del Río Biobío

	Provisión de alimento por plantas silvestres	PN Nonguén, borde del cerro aledaño a zona urbana
	Regulación de la calidad del aire	PN Nonguén, parches de bosque nativo, áreas verdes
Concepción	Control de inundaciones y marejadas	Humedal Paicaví, Humedal en Angol bajo, Humedal chepe, Laguna lo Méndez, Laguna Tres Pascualas, Laguna Redonda
	Recreación	Ribera del río Biobío, Estero Nonguén, Río Andalién, Laguna Lo Méndez, Laguna Redonda, Laguna Lo custodio, Laguna Tres Pascualas, Laguna Lo Galindo, Humedal Chepe, Humedal Angol bajo, Humedal Paicaví, Humedal Cárcamo, Mirador Alemán, Cerro Caracol, Cerro la virgen, Cerro chepe, PN Nonguén, Universidad de Concepción
	Amortiguación del movimiento en masa	Laderas con cubierta vegetal cercanas a urbanización
	Protección contra incendios	Humedal Paicaví, Humedal en Angol bajo, Humedal chepe, Laguna lo Méndez, Laguna Tres Pascualas, Laguna Redonda, Laguna Lo Custodio, Laguna Lo Galindo, Río Andalién, Río Biobío, estero Nonguén
	Regulación de la calidad del agua	Cascada parque Ecuador, estero Cárcamo, PN Nonguén, Río Andalién, Lagunas Barrio Norte
	Regulación termal	Cerro Caracol, Cerro la virgen, Cerro Chepe, Parque Ecuador, Río Andalién, Lagunas Barrio Norte, PN Nonguén, Áreas verdes
	Provisión de alimento por plantas silvestres	PN Nonguén, vegetación en contacto con zona urbana, Cerro Caracol, acceso a zonas forestales
	Regulación de la calidad del aire	PN Nonguén, Cerro Caracol, Cerro la Virgen, Cerro Chepe, Parque Ecuador, humedales, áreas verdes
	Coronel	Control de inundaciones y marejadas

	Recreación	Laguna Quiñenco, Humedal Boca maule, Humedal Coronel, Playa Blanca, desembocadura Boca maule, Parque Alessandri, Pablo Neruda, parque Gabriela Mistral, áreas verdes centro urbano Coronel, Puchoco, Cerro el Quisco, sector el escuadrón, Humedal Escuadrón, caminos forestales, club de golf, camino al Hualle, valle de Patagual, Cascadas en fundo Manco, la Posada, Humedal en Calabozo
	Protección contra incendios	Laguna Quiñenco, la Posada, cuerpos de agua cerca de plantaciones forestales, estero el Manzano, esteros del Patagual, Bosque nativo en el borde de Patagual
	Reducción de olores	Cancha de golf, Cerro Maule, Cerro la Virgen
	Provisión de agua superficial para consumo humano	estero en Isla Santa María, laguna Quiñenco, vertientes en Patagual, las Cruces, Fundo Píleo, estero san Ricardo
	Provisión de alimento por plantas silvestres	Isla santa maría, Laguna Quiñenco, Patagual, fundo Escuadrón
	Regulación de la calidad del agua	Bosque nativo cercano a lagunas
	Amortiguación del movimiento en masa	No existe área de beneficio dentro de la comuna
	Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas	Sector calabozo, Escuadrón (cerca de Laguna Quiñenco), Patagual, Isla Santa María
	Belleza escénica	Humedal y playa Boca Maule, Isla Santa María, Punta Puchoco, lagunas, plazas asociadas a humedales, Cascada fundo Manco, miradores, Parque Alessandri, sector maule y schwager
Hualqui	Control de inundaciones y marejadas	Humedal la Veguita de la Virgen, Humedal San Onofre, bosque Álamo cerca del río Biobío, Valle de Chanco
	Recreación	Cascada Millahue, Pozón Centinela, zona ribereña de Quilacoya, cuevas y quebradas de Quilacoya, Boquerón, Borde Río Biobío, El Nereo, laguna Litre, laguna Talcamávida
	Regulación termal	Laguna Rayencura, Bosque nativo aledaño a PN Nonguén, Fundo la Rinconada, Río Biobío, Cuesta Quilacoya

	Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas	Zona rural, en casi todas las localidades de la comuna
	Provisión de agua superficial para consumo humano	estero Quilacoya, rio Gomero, estero Millahue, estero San Pablo
	Amortiguación del movimiento en masa	Cuesta Quilacoya
	Provisión de leña	Plantaciones Forestales (Exportan y también se abastecen vecinos)
	Belleza escénica	Cascada Millahue, laguna Talcamávida, PN Nonguén, Rio Biobío, humedales
Lota	Control de inundaciones y marejadas	Humedales en Colcura, Humedal en Chivilingo alterados por viviendas. No existe área de beneficio dentro de la comuna
	Reducción de olores	No existe área de beneficio dentro de la comuna
	Recreación	Playa Colcura, Chivilingo, Blanca; Parque Isidora Cousiño, Pueblo hundido, La Conchilla, Alto de Santa Juana, Borde costero, Caleta El Morro, El Blanco, Cordillera de Nahuelbuta
	Protección contra incendios	No existe área de beneficio dentro de la comuna
	Regulación de la calidad del aire	No existe área de beneficio dentro de la comuna
	Regulación de la calidad del agua	Estero Colcura y Chivilingo (desde la central hidroeléctrica)
	Provisión de alimento por plantas silvestres	estero Chivilingo, zona ribereña, cerca playa Blanca
	Provisión de agua superficial para consumo humano	Estero Chivilingo, sectores de Colcura, rio Lía

Apéndice C. Capacidad de provisión de servicios ecosistémicos por comuna

SE (nombre común)	Comuna	Capacidad de proveer SE (%)
Recreación	Concepción	22,8
	Chiguayante	36,8
	Coronel	24,7

	Hualqui	24,1
	Lota	24,4
Protección contra incendios	Concepción	70,1
	Chiguayante	78,8
	Coronel	68
	Hualqui	64,5
	Lota	65,9
Regulación de la calidad de agua	Concepción	93,2
	Chiguayante	89,2
	Coronel	70
	Hualqui	94
	Lota	86,4
Provisión de alimento por plantas silvestres	Concepción	0,2
	Chiguayante	19,2
	Coronel	0,5
	Hualqui	0,2
	Lota	1,1
Control de inundaciones y marejadas	Concepción	2
	Chiguayante	0,5
	Coronel	5,6
	Hualqui	0,4
	Lota	0,4
Amortiguación del movimiento de masa	Concepción	52,5
	Chiguayante	56,8
	Coronel	58,4
	Hualqui	49,6
	Lota	46,2
Provisión de agua superficial para consumo humano	Concepción	67,6
	Chiguayante	94,9
	Coronel	21,3
	Hualqui	33,8
	Lota	11,8
Regulación termal	Concepción	33,4
	Chiguayante	48,2
	Coronel	31,4
	Hualqui	37,9
	Lota	28,1
Regulación de la calidad del aire	Concepción	35,4
	Chiguayante	37,3
	Coronel	36,7

	Hualqui	40
	Lota	43,1
Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas	Concepción	0,1
	Chiguayante	0,004
	Coronel	0,4
	Hualqui	0,3
	Lota	0,004
Belleza escénica	Concepción	34,8
	Chiguayante	46,4
	Coronel	26,5
	Hualqui	36,5
	Lota	28,9
Provisión de leña	Concepción	2
	Chiguayante	3,5
	Coronel	5,5
	Hualqui	1,8
	Lota	11,2
Reducción de olores	Concepción	15,3
	Chiguayante	21
	Coronel	13,4
	Hualqui	12,8
	Lota	14,8

Apéndice D. Proporción de área de beneficio para cada servicio ecosistémico demandado en las comunas del área de estudio.

Servicio ecosistémico	Comuna	Proporción de área de beneficio (%)
Recreación	Concepción	4,3
	Chiguayante	43,6
	Coronel	4,7
	Hualqui	6,1
	Lota	2,1
Protección contra incendios	Concepción	1,4
	Chiguayante	2,4
	Coronel	2,3
	Lota	No existe beneficio

Regulación de la calidad de agua	Concepción	0,03
	Chiguayante	0,7
	Coronel	0,1
	Lota	0,6
Provisión de alimento por plantas silvestres	Concepción	2,4
	Chiguayante	9
	Coronel	0,7
	Lota	0,6
Control de inundaciones y marejadas	Concepción	0,6
	Chiguayante	3,4
	Coronel	3,1
	Hualqui	0,1
	Lota	No existe beneficio
Amortiguación del movimiento de masa	Concepción	1,2
	Chiguayante	6
	Coronel	No existe beneficio
	Hualqui	0,01
Provisión de agua superficial para consumo humano	Coronel	12,2
	Hualqui	2,7
	Lota	6,4
Regulación termal	Concepción	3
	Chiguayante	8,1
	Hualqui	0,3
Regulación de la calidad del aire	Concepción	5,9
	Hualqui	40
	Lota	No existe Beneficio
Provisión de alimento por plantas terrestres cultivadas	Coronel	12,6
	Hualqui	2,7
Belleza escénica	Coronel	2,2
	Hualqui	5,7
Provisión de leña	Hualqui	2,7
Reducción de olores	Coronel	0,9
	Lota	No existe beneficio