



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS  
AMBIENTALES

MAPEO DE OFERTA Y DEMANDA DE LOS SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA CORREDOR  
BIOLÓGICO NEVADOS DE CHILLÁN - LAGUNA DEL LAJA



Habilitación presentada para optar al título de

**Ingeniera Ambiental**

**DANIELA ANDREA PEÑA TAPIA**

Profesor guía: Dr. Mauricio Aguayo Arias

Junio de 2024  
Concepción, Chile

## AGRADECIMIENTOS

Luego de un arduo trabajo universitario de casi 6 años, finalmente concluyendo con la tesis, deseo expresar mi agradecimiento principalmente a mi familia. Mis padres Sussy y Alex, que confiaron y apoyaron en esta travesía de estudiar a 5 regiones de distancia, confiando en mí lo que ellos no pudieron lograr hacer cuando jóvenes, esforzándose cada día para que no me faltara nada en mi estadía en Concepción. Que al final de todo, es un sueño cumplido tanto para mí como para ellos. A mi hermana, Valentina, que a pesar de estar lejos me mostró su cariño siempre y además, por seguir esforzándose en el liceo que yo sé, que podrá hacer lo que ella quiere y sueña, teniendo como ejemplo de que lo que desea se puede cumplir con esfuerzo y perseverancia creando su propio camino.

A mis abuelos, Virginia y Rolando, por la preocupación constante, el ánimo que me daban siempre y por los sobros con regalitos cada vez que viajaba, que me ayudaron en más de una vez para comer algo rico mientras estudiaba. Finalmente, a toda mi familia, ya que me perdí de varias celebraciones, cumpleaños y juntas y por siempre tener la fe en mí.

Quiero dar un especial agradecimiento a mi pareja, Leonardo, por llegar a mi vida desde mi segundo año, en pandemia y ser una persona que me apoyó y ayudó incontables veces tanto en estudios como en motivarme en no dejar que me rindiera. Siempre estaré agradecida por eso, gracias totales.

Quiero agradecer a mis amigos de la universidad, en especial a Catalina Balbontín, por ser una de las personas más reales que conocí de la carrera, por nunca juzgarme y darme esa motivación las veces que no quería viajar a Concepción. Gracias por las visitas a vitrinear al centro, las películas, cafecitos y micheladas, comida y consejos. A Natalia y Nicolás, por dejar unirme a su grupo y ser de gran ayuda cuando lo necesitaba.

Quiero agradecer profundamente a mi profesor guía, Dr. Mauricio Aguayo Arias, por su constante apoyo y valiosos consejos en los momentos en los que ya estaba por rendirme. Gracias, profesor, recuerdo acercarme a usted debido a que no sentía cercanía con ninguna otra asignatura de la carrera, de la que posteriormente fui ayudante en dos ocasiones. Me terminó gustando tanto SIG que elegí mi tema de tesis con usted y me motivó bastante. Siento que faltan profesores tan dedicados como usted en la facultad, sin duda su experiencia y dedicación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a mi persona, porque hubo momentos en que solo yo podía motivarse y levantarme a seguir. A pesar de todas las dificultades lo logré.

Esta Habilitación Profesional se desarrolló en el marco del proyecto FIC-R Código BIP 40035830-0.





**“MAPEO DE OFERTA Y DEMANDA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA RESERVA  
DE LA BIOSFERA CORREDOR BIOLÓGICO NEVADO DE CHILLÁN – LAGUNA DEL  
LAJA”**

**Profesor Guía: Dr. Mauricio Aguayo Arias**

**Profesor Comisión: Dr. Gerardo Azocar García**

**Profesor Comisión: Dra. Ma. Elisa Díaz Burgos**

**CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA**

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima ( En Escala de 5,7 a 7,0)

**Concepción, mayo 2024**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
RESUMEN.....	IV
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
1.1. Servicios Ecosistémicos.....	3
Figura 1. Modelo conceptual para la vinculación de los ecosistemas y el bienestar humano.....	5
1.2. Mapeo de Servicios Ecosistémicos.....	6
1.3. Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja... 9	
Figura 2. Zonas de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.....	12
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
3.1. Objetivo General.....	14
3.2. Objetivos específicos.....	14
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
4.1. Identificar la oferta de servicios ecosistémicos.....	15
Tabla 1. Coberturas de suelo para identificar la capacidad de proveer servicios.....	16
Tabla 2. Servicios ecosistémicos utilizados.....	18
4.2. Valoración de servicios ecosistémicos.....	20
Figura 3. Modelo de matriz para capacidad de servicios ecosistémicos utilizando estimaciones basadas en expertos, cuantificaciones físicas o resultados de modelos empíricos. Las capacidades de oferta de servicios ecosistémicos se atribuyen a clases de uso/cobertura de la tierra.....	20
Tabla 3. Instituciones y expertos contactados.....	21
4.3. Demanda de servicios ecosistémicos.....	21
Tabla 4. Recolección de datos espaciales para el análisis en SIG.....	22
4.4. Obtener la superposición espacial.....	23
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
5.1. Identificación oferta potencial de servicios ecosistémicos.....	25
Figura 4. Oferta potencial de servicios ecosistémicos.....	26
5.2. Determinar la oferta, demanda y congruencia de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.....	27
Figura 5. Comunas y localidades presentes dentro de la reserva.....	28
5.2.1. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para consumo humano.....	29
Figura 6. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua	

para consumo humano.....	29
5.2.2. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para consumo de animales y materias primas.....	31
Figura 7. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para consumo de animales y materias primas.....	32
5.2.3. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para desarrollo productivo.....	34
Figura 8. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.....	35
Fuente: Elaboración propia.....	35
5.2.4. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Materia prima para nutrición.....	36
Figura 9. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.....	36
5.2.5. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Regulación...38	
Figura 10. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de regulación.....	39
5.2.6. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: actividades turísticas y tradiciones y prácticas culturales.....	41
Figura 11. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico actividad turística.....	42
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>51</b>
Figura 12. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Provisión.....	53
Figura 13. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Regulación.....	55
Figura 14. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Cultural.....	58

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual para la vinculación de los ecosistemas y el bienestar humano.....	5
Figura 2. Zonas de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.....	12
Figura 3. Modelo de matriz para capacidad de servicios ecosistémicos utilizando estimaciones basadas en expertos, cuantificaciones físicas o resultados de modelos empíricos. Las capacidades de oferta de servicios ecosistémicos se atribuyen a clases de uso/cobertura de la tierra.....	20
Figura 4. Oferta potencial de servicios ecosistémicos.....	26
Figura 5. Comunas y localidades presentes dentro de la reserva.....	28
Figura 6. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para consumo humano.....	29
Figura 7. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para consumo de animales y materias primas.....	32
Figura 8. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.....	35
<b>Fuente: Elaboración propia.....</b>	<b>35</b>
Figura 9. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.....	36
Figura 11. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico actividad turística. 42	
Figura 12. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Provisión.....	53
Figura 13. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Regulación.....	55
Figura 14. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Cultural.....	58

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Coberturas de suelo para identificar la capacidad de proveer servicios.....	16
Tabla 2. Servicios ecosistémicos utilizados.....	18
Tabla 3. Instituciones y expertos contactados.....	21
Tabla 4. Recolección de datos espaciales para el análisis en SIG.....	22
Figura 10. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de regulación.....	39

## **NOMENCLATURA**

FIC-R: Fondo de Innovación para la Competitividad Regional.

CICES: Clasificación Internacional de Servicios Ecosistémicos.

SE: Servicios Ecosistémicos.

MEA: Evaluación de Ecosistemas del Milenio

CONAF: Corporación Nacional Forestal.

GORE: Gobierno Regional.

SMA: Seremi de Medio Ambiente.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura.

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

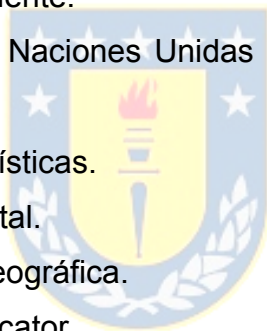
INFOR: Instituto Nacional Forestal.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

UTM: Universal Transverse Mercator.

WGS: World Geodetic System.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.



## RESUMEN

El Proyecto FIC-R Código BIP 40035830-0, ejecutado por el Centro EULA y la FIA Campus Chillán, se centra en la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, declarada en 2011 como la red chilena más importante en su tipo. Ubicada entre las regiones de Ñuble y Biobío, esta reserva alberga actividades económicas como agricultura, ganadería, forestal, turismo y generación eléctrica. Además, ofrece un refugio para especies emblemáticas de flora y fauna, y alberga diversas comunidades vegetales y colonias de huemules.

La explotación de recursos naturales y el desarrollo productivo han afectado la conectividad entre los ecosistemas terrestres, comprometiendo la conservación de los servicios ecosistémicos. Aunque la población local emplea prácticas tradicionales, estas actividades impactan la biodiversidad y la oferta de servicios esenciales como el agua. Por ello, es crucial fomentar un desarrollo socioeconómico sostenible que no ponga en riesgo los recursos naturales.

El proyecto busca evaluar la oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la reserva para garantizar su sostenibilidad. Para ello, se han aplicado metodologías de proyectos anteriores como la “Planificación ecológica de la Región del Maule” y el “Diseño de infraestructura ecológica para la Región del Biobío”. Este esfuerzo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 13 y 15, enfocados en combatir el cambio climático y conservar la biodiversidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto FIC-R Código BIP 40035830-0, enmarcado en el programa de gestión ambiental de la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, es una iniciativa llevada a cabo por el Centro EULA y la FIA Campus Chillán. Esta región, reconocida por su biodiversidad y riqueza ecosistémica, enfrenta desafíos significativos en términos de gestión ambiental y sostenibilidad. El objetivo principal de este proyecto es actualizar y generar información clave que sirva de apoyo para una gestión ambiental eficiente y mejorar las condiciones básicas de la población local.

En este contexto, los servicios ecosistémicos juegan un papel crucial. La oferta y demanda de estos servicios deben ser mapeados y analizados para garantizar su sostenibilidad y satisfacer las necesidades de la comunidad. En particular, este estudio se centra en cuatro tipos de servicios ecosistémicos: agua para consumo humano, materia prima para nutrición, servicios de regulación y servicios culturales. Estos servicios son esenciales no solo para la salud y el bienestar de la población, sino también para la conservación de la biodiversidad y el equilibrio ecológico de la región.

De acuerdo con los resultados, la alta congruencia entre la oferta y la demanda de agua para consumo humano, con un 69% de coincidencia espacial, resalta la necesidad de mejorar la infraestructura hídrica en áreas rurales. En cuanto a la materia prima para nutrición, una congruencia del 43,4% indica áreas con demanda insatisfecha, subrayando la importancia de implementar un manejo sostenible de los productos forestales no madereros (PFNM). Los servicios de regulación, con una congruencia del 100%, destacan la capacidad de la reserva para regular el clima y proteger contra eventos naturales. Finalmente, la casi completa coincidencia en la oferta y demanda de servicios culturales resalta la necesidad de preservar la integridad ecológica de la reserva para mantener su capacidad de atraer visitantes.

Además, este estudio está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 y 15. El ODS 13 busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, un objetivo que se refleja en la gestión de los servicios de regulación que ayudan a mitigar los impactos del cambio climático en la región. Por otro lado, el ODS 15 promueve la vida de los ecosistemas terrestres, el manejo sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, la detención y reversión de la degradación de las tierras y la detención de la pérdida de biodiversidad. Este objetivo se ve directamente relacionado con los esfuerzos del estudio para preservar la biodiversidad y la integridad ecológica de la reserva.



## **2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Servicios Ecosistémicos**

En el presente, se identifica a la biodiversidad como toda la evolución del origen hereditario en conjunto con los niveles de organización, los cuales componen la parte viviente de los variados ecosistemas del mundo (Wilson, 1997). La biodiversidad ofrece diversos servicios ambientales; o sea, proporciona las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas a través de los cuales los seres humanos obtienen múltiples beneficios.

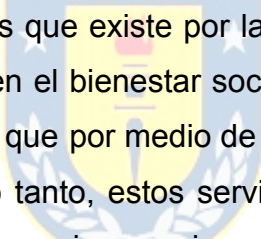
La función del ecosistema, resultado de la compleja interacción entre las partes biótica y abiótica de los ecosistemas determina la capacidad de un ecosistema para proporcionar bienes y servicios (Haines-Young y Potschin, 2010; de Groot et al., 2010).

Estos bienes y servicios más conocidos como Servicios Ecosistémicos, integran los beneficios tangibles e intangibles que surgen de la naturaleza para el beneficio del ser humano y que según ciertos criterios pueden ser valorados económicamente a fin de incorporarlos en actividades económicas. Sin embargo, no es posible expresar todo en términos económicos y es de gran relevancia reconocer y evaluar los servicios ecosistémicos de tal forma que permita una mejor interpretación de sus beneficios y determinar los cambios que inciden en el bienestar humano (Constanza et al., 1997).

La ONU en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) propone la clasificación de los Servicios Ecosistémicos en cuatro grupos que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales.

Las clases son las siguientes:

- Servicios de aprovisionamiento: productos adquiridos del ecosistema (e.g. leña, agua dulce, alimento).
- Regulación: relacionado con la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales y sostener los sistemas viales a través de ciclos biogeoquímicos (e.g. control de inundaciones, regulación del clima, regulación de enfermedades).
- Soporte: son los servicios necesarios para la producción de todos los otros servicios (e.g. ciclo de nutrientes, formación de suelo)
- Culturales: beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas (e.g. Espirituales y religiosos, educativos, recreación entre otros).



Estos criterios surgen del interés que existe por la pérdida de biodiversidad de los ecosistemas y sus incidencias en el bienestar social, con el que esta pérdida está estrechamente ligada, debido a que por medio de la biodiversidad se tiene acceso a los diversos servicios. Por lo tanto, estos servicios no disponen de un precio, pero sí adoptan un valor que en varias ocasiones los procesos de conversión de ambientes generan un costo total que supera a los beneficios obtenidos por esta conversión y cuya condición puede ser irreversible (MEA, 2003, 2005).

Actualmente, la definición de servicios ecosistémicos más aceptable describe en profundidad la interacción entre sociedad y naturaleza en forma de “cascada” de los SE (Figura 1), surgen de la naturaleza hacia la sociedad (MEA, 2005; Potschin y Haines-Young, 2011; Spangenberg et al., 2014), donde mediante los procesos biofísicos, se produce una serie de funciones que se concretan en servicios ecosistémicos los que son aprovechados por las comunidades, los que posteriormente pueden ser valorados desde un enfoque ecológico, económico y social (Haines & Potschin, 2010.a).

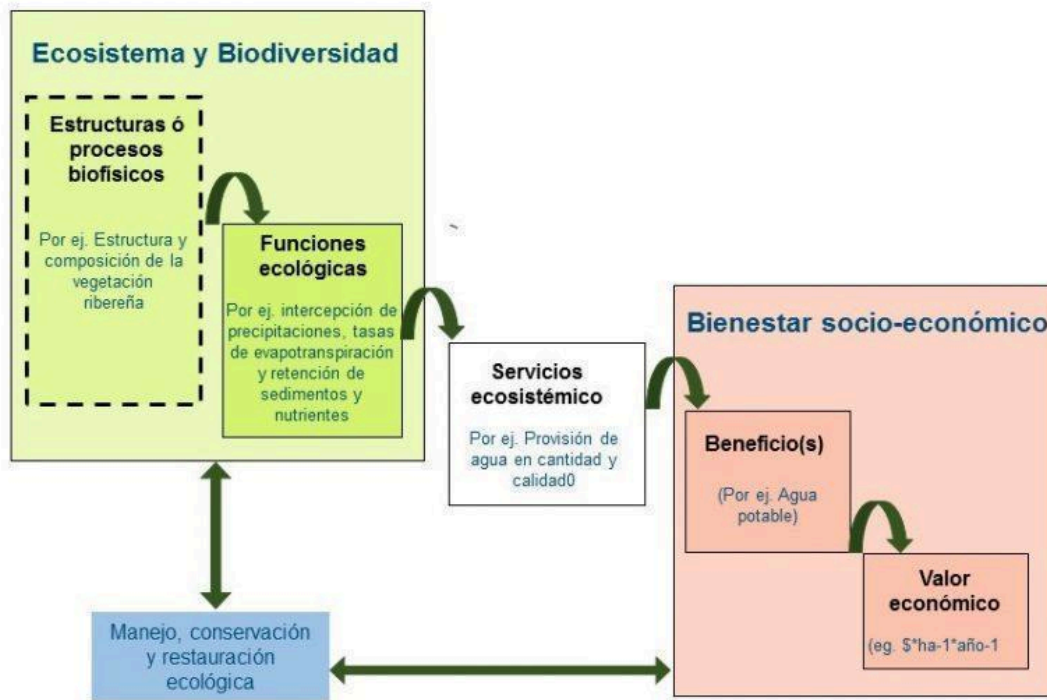


Figura 1. Modelo conceptual para la vinculación de los ecosistemas y el bienestar humano.

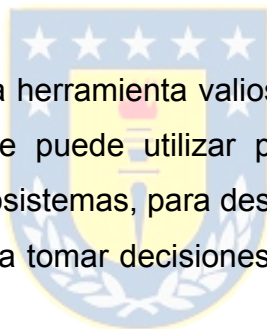
Fuente: Haines-Young y Potschin (2010.b); De Groot (2010.a).

La degradación y el uso insostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los ecosistemas de todo el mundo han amenazado la salud y el sustento de muchas personas, por lo que existe una necesidad urgente de conservar estos recursos y la adopción de esta perspectiva puede contribuir a la optimización de las estrategias de conservación. (MA 2005; Turner et al., 2007). Para llevar a cabo lo anterior, es de gran relevancia identificar los tipos de servicios ecosistémicos ya que tienen una importancia específica dependiendo del tipo de territorio. Es así, como la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, 2010) identifica tres servicios prioritarios; regulación,

provisión y culturales, teniendo así una larga lista de servicios ecosistémicos divididos en:

1. Sección (por ejemplo, Aprovisionamiento)
2. División (por ejemplo, biomasa)
3. Grupo (por ejemplo, plantas terrestres cultivadas para nutrición, materiales o energía)
4. Clase (por ejemplo, plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos y algas) cultivadas con fines nutricionales)
5. Tipo de clase (por ejemplo, cereales La contribución ecológica al crecimiento de cultivos terrestres que pueden cosecharse y utilizarse como materia prima para la producción de alimentos)

De esta manera, CICES es una herramienta valiosa para comprender y gestionar los servicios ecosistémicos. Se puede utilizar para evaluar el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas, para desarrollar políticas para proteger y restaurar los ecosistemas y para tomar decisiones informadas sobre el uso de los ecosistemas.



## **1.2. Mapeo de Servicios Ecosistémicos**

En la generación y lineamientos estratégicos y regulaciones normativas de conservación de recursos naturales, se requiere conocer la distribución espacial y el tipo de servicio proporcionado por un área geográfica establecida. De esta manera, contribuye a lograr un mejor control sobre las metas de protección ecosistémicos a nivel general y potenciar el manejo de la oferta, demanda y flujo de servicios ecosistémicos a una escala de mayor constituyen como herramientas imprescindibles para comunicar la complejidad de los ecosistemas (Nahuelhual et al. 2013, Crossman et al. 2013, Maes et al. 2012).

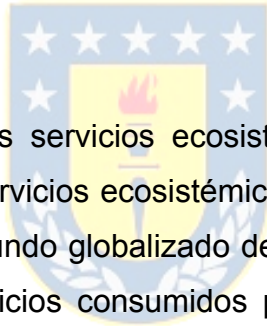
En este sentido, los sistemas de información geográfica (SIG) y las técnicas de análisis espacial, como por ejemplo el análisis multicriterio, son herramientas que contribuyen a simplificar la lectura de información territorial, permitiendo generar bases de datos respecto a los atributos que componen el espacio geográfico (De Groot et al. 2002). En este sentido, los estudios disponibles indican (Nahuelhual et al. 2013) que es posible incorporar la combinación de las dimensiones ecológicas e institucionales, por lo cual la mayoría de los estudios conocidos ponen énfasis en los elementos físicos del paisaje y rara vez de los elementos sociales, como la percepción de las personas en la evaluación de servicios ecosistémicos.

Al respecto, el análisis espacial multicriterio (AEMC) ofrece la posibilidad de definir los estándares metodológicos para el mapeo de los servicios ecosistémicos, debido a que esta técnica es flexible y permite rescatar la opinión de expertos y actores sociales, la cual es especializada a través de una plataforma SIG (Malczewski, 2006). De esta forma, con la aplicación del AEMC es posible recoger las distintas percepciones de actores respecto de la localización de servicios ecosistémicos, mediante una metodología racional y espacialmente explícita (Fontana et al. 2013).

En estudios anteriores, la comparación directa de la oferta y la demanda de servicios ecosistémicos en mapas espacialmente explícitos es bastante singular a pesar del acuerdo de incluir el lado de la demanda en las evaluaciones de servicios ecosistémicos (van Jaarsveld et al., 2005). El estado de un servicio ecosistémico está influenciado no solo por su provisión del servicio en la sociedad, lo que conecta la oferta y la demanda de los servicios ecosistémicos de manera inseparable (Syrbe y Walz, 2012).

Al evaluar y mapear la oferta y la demanda de los servicios de los ecosistemas, el problema de una distinción clara entre las funciones, los servicios y los beneficios de los ecosistemas es de gran relevancia. (de Groot et al., 2010; Haines-Young y Potschin, 2010; Burkhard et al., 2010).

El suministro de servicios ecosistémicos se refiere a la capacidad de un área en particular para proporcionar un conjunto específico de bienes y servicios ecosistémicos dentro de un periodo de tiempo determinado. La capacidad se refiere a la generación en conjunto de los recursos naturales y servicios realmente utilizados. Así, no es similar a la oferta potencial de los servicios ecosistémicos en un ecosistema, que sería el rendimiento máximo hipotético de los servicios seleccionados. La demanda de servicios ecosistémicos es la suma de todos los bienes y servicios ecosistémicos actualmente consumidos o utilizados en área particular durante un periodo de tiempo determinado. Hasta ahora las demandas se evalúan sin considerar dónde se brindan realmente los servicios ecosistémicos (Burkhard et al, 2012).



Si se modifica la oferta de los servicios ecosistémicos, es posible que no se satisfagan las demandas de servicios ecosistémicos de las sociedades humanas. Sin embargo, es difícil en el mundo globalizado de hoy seguir las huellas y definir el origen de los bienes y servicios consumidos por todas las personas en una determinada región, ya que muchos bienes y servicios se importan de lugares más o menos remotos. De esta manera, los impactos ambientales de la generación de servicios ecosistémicos se exportan y dejan una huella de biodiversidad y servicios ecosistémicos en otras partes del mundo (Burkhard y Kroll, 2010).

Encontrar un nivel aceptable y equitativo de huellas de servicios ecosistémicos y un equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda de estos servicios locales son importantes hacia la sostenibilidad (Burkhard et al., 2012).

En este contexto, el mapeo de servicios ecosistémicos resulta una herramienta pertinente y útil para definir las áreas sensibles a los cambios y estimar el impacto percibido por los habitantes frente a las modificaciones en los medios de vida y el entorno en el área de estudio (Montañez, C. 2018)

### **1.3. Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja**

El 29 de junio del año 2011 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró 18 nuevas reservas de la Biósfera en el mundo, de las cuales solo una pertenece a Sudamérica: El Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja. La reserva mencionada se localiza entre las Regiones del Ñuble y Biobío. Corresponde a un área de alta biodiversidad (hotspot) y por tanto proporciona una serie de servicios ecosistémicos, además es una zona de transición vegetacional donde confluyen los ecosistemas de la región del bosque esclerófilo de la zona central y bosque templado austral en un área que presenta alta densidad poblacional y fragmentación ambiental tras intervenciones de las actividades económicas como la agricultura, ganadería y silvicultura abundante (CONAF, 2015). Desde el enfoque climático, el territorio de esta zona está en transición de dos climas, por el norte el clima mediterráneo y por el sur templado húmedo, que son el origen de la diversidad biológica existente (Comité Ejecutivo de la Reserva de la Biósfera, 2014).

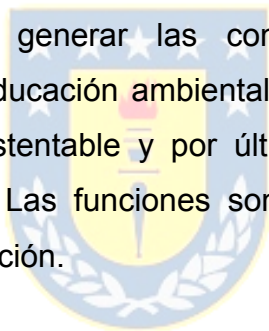
Dentro de esta zona habita una especie en peligro de extinción correspondiente al huemul (*Hippocamelus bisulcus*), debido al alto grado de fragmentación, reducido tamaño y aislamiento de sus hábitats. A su vez, es una localidad con un amplio endemismo de aves, conjunto de plantas vasculares y de bosque nativo enfatizando dentro del último punto la presencia de roble (*Nothofagus macrocarpa*) (Vila et al.,2006).

Las actividades económicas predominantes son la ganadería, agricultura, manejo extensivo de bosques naturales, cultivos forestales y turismo, además, el lugar es

centro de interés de creación de proyectos de generación de energía (CONAF, 2015).

Según el censo del año 2017, las ocho comunas que participan en la Reserva de la Biosfera cuentan con un total de 98.502 habitantes y pertenecen a San Fabián, Coihueco, Pinto, El Carmen, Yungay, Pemuco, Tucapel y Antuco. La población localizada al interior de la reserva es de 7.728 habitantes (INE, 2002).

Las Reservas de la Biósfera deben atenerse a tres funciones básicas, mediante estas funciones, las Reservas de la Biósfera colaboran a mantener la biodiversidad biológica y cultural, desarrollar formas de uso como regiones modelo de sustentabilidad, lograr nuevas modalidades de participación de grupos locales en la toma de decisiones, generar las condiciones adecuadas para la investigación, observación y educación ambiental, así como para la formación y capacitación del desarrollo sustentable y por último, mejorar el intercambio de experiencias a escala global. Las funciones son: las zonas núcleo, zonas de amortiguación y zonas de transición.



Las zonas núcleo contribuyen a la protección de la naturaleza según un esquema tradicional y su objetivo es conservar los hábitats naturales permitiendo la intervención humana de manera muy limitada (Borsdorf y Araya, 2014). Con respecto a la Reserva de la Biósfera está constituida por el Parque Nacional Laguna del Laja, Reserva Nacional Ñuble, Santuario de la Naturaleza los Huemules de Niblinto y la Reserva Nacional Huemules de Niblinto. Un 17% corresponde a territorio de la Reserva y comprende 96.843 hectáreas (Borsdorf et al., 2014).

Las zonas de amortiguación corresponden al territorio que rodea o delimita a los núcleos. Estas unidades núcleo están envueltas por una zona de amortiguación de 395.010 hectáreas (Borsdorf et al., 2014). En estas zonas es posible realizar actividades y servicios de aprovechamiento como la ganadería, uso forestal,

agricultura y turismo u otras actividades que no afecten a la zona núcleo (Borsdorf y Araya, 2014).

La zona de transición es contigua a la zona de amortiguación y está enfocada al uso múltiple. En esta categoría se reconoce la estructura y funcionalidad de la ocupación humana considerando actividades productivas que se deben desarrollar a través de un enfoque sostenible y también se permiten áreas urbanizadas. El área que constituye dentro de la Reserva de la Biósfera es de 73.954 hectáreas y corresponden al 13% del territorio de esta (Borsdorf y araya, 2014; Borsdorf et al., 2014).



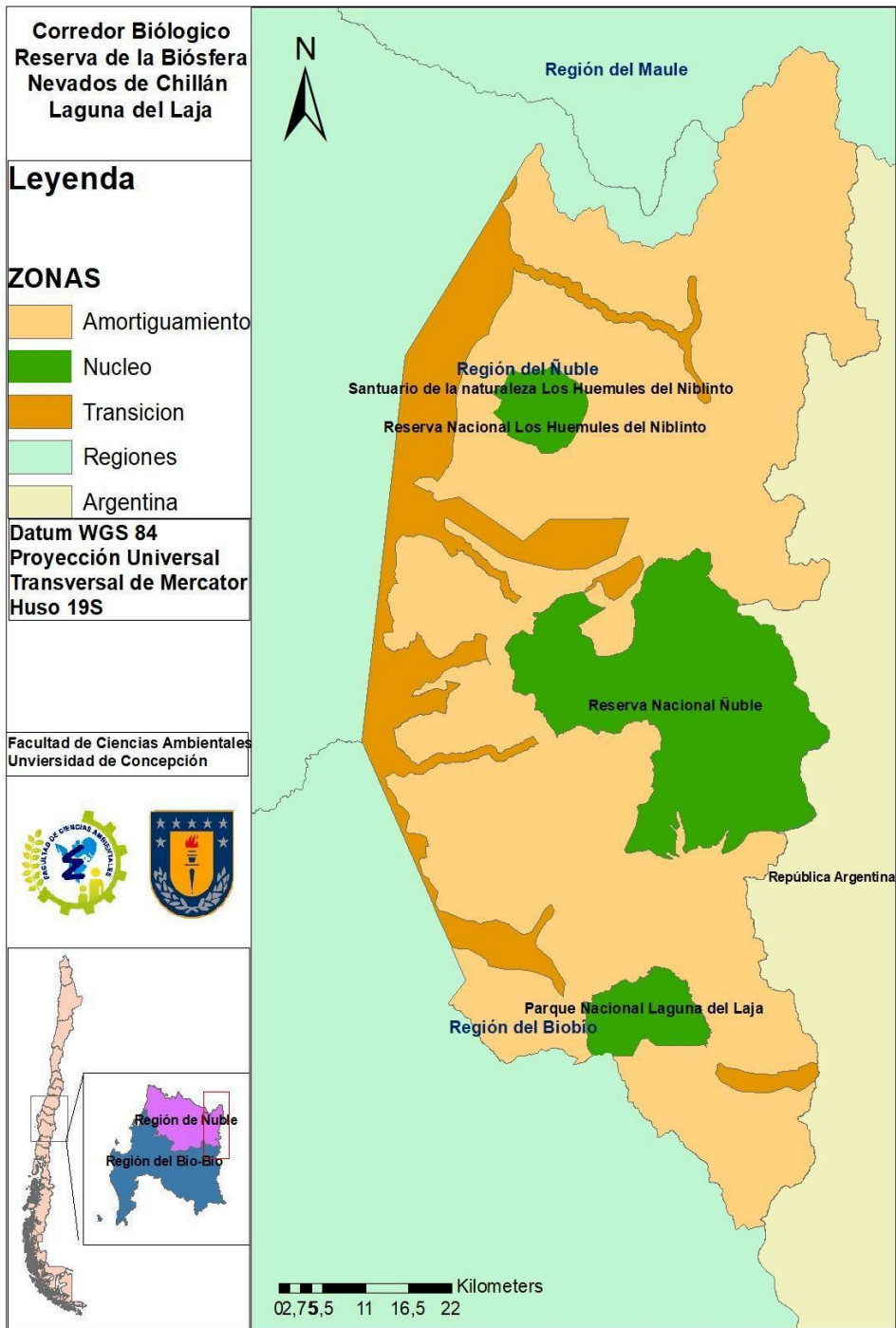


Figura 2. Zonas de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a las diversas presiones antrópicas que existen en la Reserva de la Biósfera Nevados de Chillán – Laguna Laja, se considera de vital importancia conocer si los criterios de demanda coinciden espacialmente con la oferta y en qué proporciones unos más que otros. De esta manera, se logra tener un primer acercamiento base de los servicios que se deberían conservar o preservar para interconectar las zonas núcleo de la reserva y así conservar la biodiversidad de los ecosistemas presentes mediante un corredor biológico.



## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿La demanda de los servicios ecosistémicos, está siendo garantizada por la oferta según el estado actual de conservación de la reserva?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Determinar la distribución espacial de la demanda y oferta potencial de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán- Laguna del Laja.



#### **3.2. Objetivos específicos**

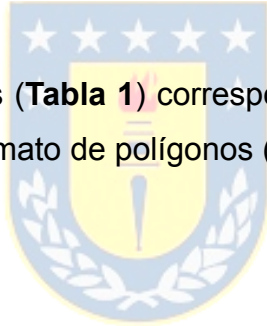
1. Identificar y valorar la oferta potencial de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.
2. Determinar la demanda potencial de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.
3. Obtener la superposición de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán- Laguna del Laja.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Identificar la oferta de servicios ecosistémicos

Para identificar la capacidad de los ecosistemas de proporcionar servicios ecosistémicos se procede a hacer una clasificación de las coberturas de la Reserva, construidas a partir de los polígonos determinados en el catastro de CONAF 2015, de los cuales se seleccionaron los polígonos correspondientes a bosque nativo y se les asignó el nombre de los ecosistemas de Luebert y Pliscoff 2006, basándose en la dominancia arbórea descrita en el catastro.

Los ecosistemas seleccionados (**Tabla 1**) corresponden a 38 coberturas de suelo las cuales se encuentran en formato de polígonos (shape).



**Tabla 1.** Coberturas de suelo para identificar la capacidad de proveer servicios.

<b>Coberturas</b>	<b>Área (ha)</b>
Matorral bajo templado andino de <i>Discaria chacaye</i> / <i>Berberis empetrifolia</i>	5651
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>N. oblicua</i>	4770
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Austrocedrus chilensis</i>	51318
Bosque caducifolio mediterráneo de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Persea lingue</i>	6874
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Cryptocarya alba</i>	10085
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Nothofagus obliqua</i>	105136
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> - <i>Nothofagus obliqua</i>	82737
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	7974
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Nothofagus dombeyi</i>	16784
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Azara alpina</i>	64445
Bosque esclerofilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Lomatia</i>	410

Coberturas	Área (ha)
<i>hirsuta</i>	
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Peumus boldus</i>	568
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> / <i>Fabiana imbricata</i>	1158
Bosque resinoso templado andino de <i>Araucaria araucana</i> - <i>Nothofagus dombeyi</i>	74
Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus dombeyi</i> / <i>Gaultheria phillyreifolia</i>	2360
Estepa Alto Andina	62406
Terreno sobre el Límite Altitudinal de la Vegetación	42537
Ciudades, Pueblos, Zonas Industriales	212
Cajas de Ríos	1154
Ríos	2361
Lagos, Lagunas, Embalses, Tranques	8909
Glaciar	726
Nieves	13597
Corridas de Lavas y Escoriales	11050
Afloramientos Rocosos	52921
Plantación con Exóticas Asilvestradas	85
Plantación Adulta	15376
Plantación Joven o Recién Cosechada	7846

Coberturas	Área (ha)
Praderas Anuales	393
Praderas Perennes	2832
Rotación Cultivo-Pradera	5974
Terreno de Uso Agrícola	259
Otros sin Vegetación	3874
Otros Terrenos Húmedos	66
Vegas	327
Minería Industrial	2
Playas y Dunas	49
Derrumbe sin Vegetación	628
Total	593928

Fuente: modificada a partir del catastro de Lubert y Pliscoff 2006.

Por otra parte, se seleccionaron 12 servicios ecosistémicos definidos por CICES 2010 y modificados según las características área de estudio. De esta manera se consideraron 5 servicios de provisión, 5 servicios de regulación y 2 servicios culturales de interacciones directa e indirectas con el entorno natural (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Servicios ecosistémicos utilizados.

Categoría	División	Grupo	Clase
Provisión			Consumo humano
			Consumo para

<b>Categoría</b>	<b>División</b>	<b>Grupo</b>	<b>Clase</b>
	Agua	Agua superficial utilizada para nutrición	animales
			Obtención de materias primas
		Agua superficial utilizada para energía	Desarrollo productivo
	Biomasa	Plantas silvestres para nutrición	Obtención de materias primas para nutrición
Regulación	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Condiciones del agua	Captura y almacenamiento de agua
		Mantenimiento de condiciones físicas, químicas y biológicas	Hábitat para especies silvestres
		Regulación de flujos base y eventos extremos	Protección contra eventos naturales
			Regulación del clima
	Regulación de calidad del suelo	Fertilidad del suelo y procesos erosivos	
Culturales	interacciones directa, in situ y al aire libre en el entorno ambiental	Interacciones físicas y experienciales con el entorno natural	Actividades turísticas
		Interacciones espirituales y simbólicas y de otro tipo con el entorno natural	Tradiciones y prácticas culturales

Fuente: Elaboración propia modificada a partir de CICES 2010.

## 4.2. Valoración de servicios ecosistémicos

A partir de la metodología de Burkhard et al. 2017, se realizó una matriz de doble entrada la cual las filas incorporan las coberturas de uso de suelo correspondientes (**Tabla 1**) y las columnas a las clases descritas en la clasificación CICES (**Tabla 2**).

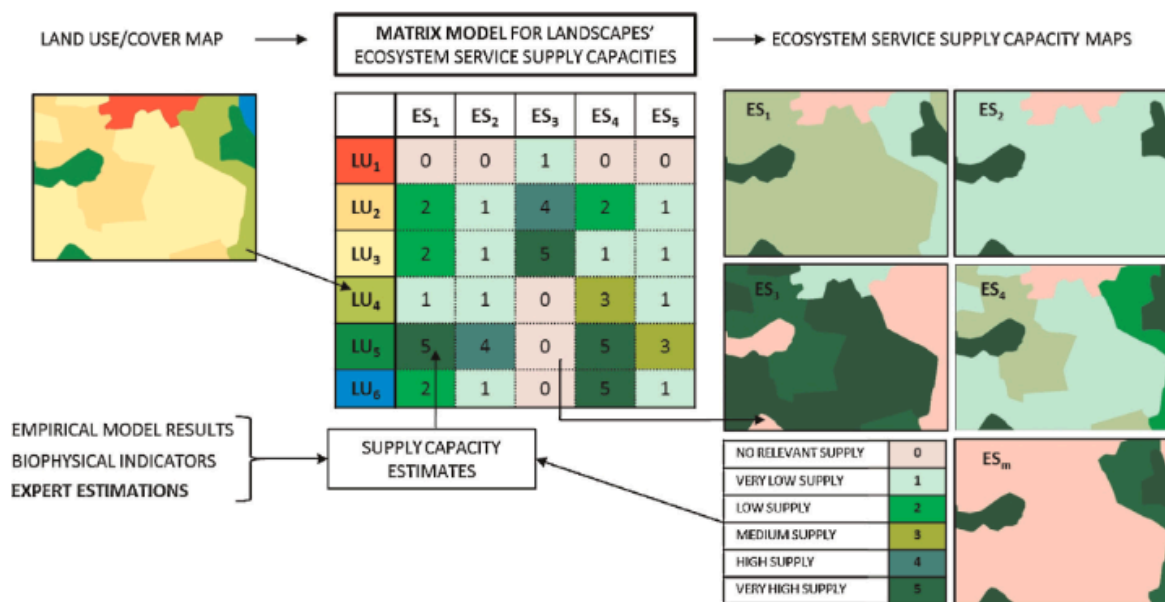


Figura 3. Modelo de matriz para capacidad de servicios ecosistémicos utilizando estimaciones basadas en expertos, cuantificaciones físicas o resultados de modelos empíricos. Las capacidades de oferta de servicios ecosistémicos se atribuyen a clases de uso/cobertura de la tierra.

Fuente: Burkhard et al (2017).

La matriz de Burkhard se integró con los servicios de regulación, provisión y culturales. Para cuantificar la oferta potencial, se pidió a los expertos indicar en una escala de 0 a 5 (considerando 0 no relevante y 5 muy alto) la relevancia del servicio ecosistémico en el ecosistema señalado (**Figura 2**). La consulta a expertos estaba compuesta por las instituciones de CONAF, Gobierno Regional (GORE) de la comuna de Ñuble, Seremi de Medio ambiente (SMA) y diversos académicos de la Universidad de Concepción que tienen un cierto dominio sobre

estos temas (**Tabla 3**). De un total de 23 personas contactadas solamente se obtuvo la respuesta de 8.

Tabla 3. Instituciones y expertos contactados.

Instituciones	N° de expertos contactados	N° de expertos que contestaron
CONAF	5	3
GORE Ñuble	1	1
SMA	1	0
Académicos UDEC	16	4
Total	23	8

Fuente: elaboración propia.

Se visualizan los promedios de la encuesta en las figuras 12, 13 y 14 de **Anexos**.

#### 4.3. Demanda de servicios ecosistémicos

Para determinar la demanda se utilizó los mismos servicios ecosistémicos de la **Tabla 2** y también de la colaboración con expertos. Se intentó contactar a tres participantes clave del equipo del proyecto, de la cual sólo se concretó la entrevista con uno de ellos. Esta entrevista se realizó de forma semi estructurada y de manera presencial con el participante, abordando las siguientes temáticas para la demanda del servicio ecosistémico cultural:

- Lugares de la reserva donde se requieren o necesitan actividades turísticas deportivas y/o recreativas.
- Lugares de la Reserva donde se requieren o necesitan de tradiciones ancestrales o prácticas culturales.

En la **Tabla 4** se muestra la fuente de datos utilizada como proxy para espacializar la demanda de servicios ecosistémicos.

Tabla 4. Recolección de datos espaciales para el análisis en SIG.

<b>Cobertura</b>	<b>Fuente</b>
Catastro de coberturas de suelo de la Reserva utilizadas como ecosistemas de Luebert y Pliscoff 2017	Centro de Ciencias Ambientales EULA
Servicio de agua para consumo humano, para animales, materias primas y desarrollo productivo	Información de los derechos de agua obtenidos de la DGA
Servicio de biomasa como plantas silvestres para nutrición	Catastro de recolectoras y recolectores de Productos Forestales No Maderables en Biobío y Ñuble del INFOR
Servicio de regulación de condiciones químicas, físicas y biológicas	Los datos de demanda se consideran igual a los de oferta
Servicio de obtención de plantas silvestres para uso medicinal	Catastro de recolectoras y recolectores de Productos Forestales No Maderables en Biobío y Ñuble del INFOR
Servicio de tradiciones o prácticas culturales, actividades turísticas y recreativas	Entrevista con equipo del proyecto de la Reserva
Servicio de educación e investigación	Los datos de demanda se consideran igual a los de oferta

Fuente: elaboración propia.

Cada cobertura fue estandarizada a partir de las siguientes indicaciones empleando el software ArcGIS 10.3:

- Proyección: Universal Transversal de Mercator (UTM)

- Datum: World Geodetic System 1984 (WGS 84)
- Huso: 19 Sur

#### 4.4. Obtener la superposición espacial

Posteriormente, al disponer de los datos de los puntos 4.1, 4.2 y 4.4, se realizó una superposición o congruencia espacial, para relacionar en qué porcentaje la demanda se ajusta a la oferta de servicios ecosistémicos. Esto se lleva a cabo aplicando herramientas y técnicas de sistemas de información geográfica (SIG) en el software ArcGIS.

Para estimar el número total de servicios suministrado por cada ecosistema se realizó con el método de estandarización de los datos de manera semejante al propuesto por Petter et al. (2012), en el cual los valores entre 0 a 2 se les otorga el valor 0 y a los valores entre 3 y 5 se les otorga el valor 1. El 0 constituye a una nula o baja capacidad de proveer funciones y servicios en tanto el 1 constituye a una capacidad relevante de provisión, señalando así los ecosistemas que proveen más servicios.

En primera instancia, se realizó una sumatoria de cada encuesta sobre la oferta de servicios ecosistémicos, relacionándolos con las coberturas de uso de suelo en un archivo nuevo de Excel. Luego, se abrió el modelo digital del terreno de la Reserva (que incluye las coberturas de suelo) en ArcGIS. Se insertó la tabla de promedios utilizando la herramienta "Uniones y Relaciones", que tiene un campo idéntico al de las coberturas de uso de suelo. Posteriormente, se utilizó la conversión de polígonos a ráster y se insertó la capa unificada anteriormente, obteniendo así cartografía de la oferta de cada servicio ecosistémico. Estos pasos se repitieron para cada servicio ecosistémico indicado en la **Tabla 2**.

Para la demanda, se utilizó un procedimiento similar a los descritos anteriormente; sin embargo, la espacialización y la valoración se obtuvo de la fuente de datos descrita en la **Tabla 4**. Para la demanda del servicio de agua y sus distintos usos, se realizó de forma similar al procedimiento anterior, con las uniones y conversiones correspondientes. No obstante, para los demás servicios ecosistémicos se creó una clase de entidad de puntos basada en la cobertura de usos de suelo, ya sea con datos obtenidos de los lugares de recolección de biomasa o de las entrevistas. Cada punto tenía sus atributos asociados, incluyendo un campo para almacenar valores, los cuales se clasificaron de 0 para celdas con nula o baja demanda y 10 para celdas de alta demanda. Luego de esto, se realizó la conversión de polígonos a ráster.

Seguidamente, la superposición entre oferta y demanda de cada servicio ecosistémico se realizó con la obtención de los mapas de oferta y demanda; los cuales, se superponen utilizando la herramienta “calculadora ráster” sumando ambas y generando una nueva capa ráster con la superposición o congruencia entre oferta y demanda.

Finalmente, se calculó el porcentaje de relación el cual consiste en:

$$\frac{\text{Área de superposición}}{\text{Área total de las dos áreas}} \times 100$$

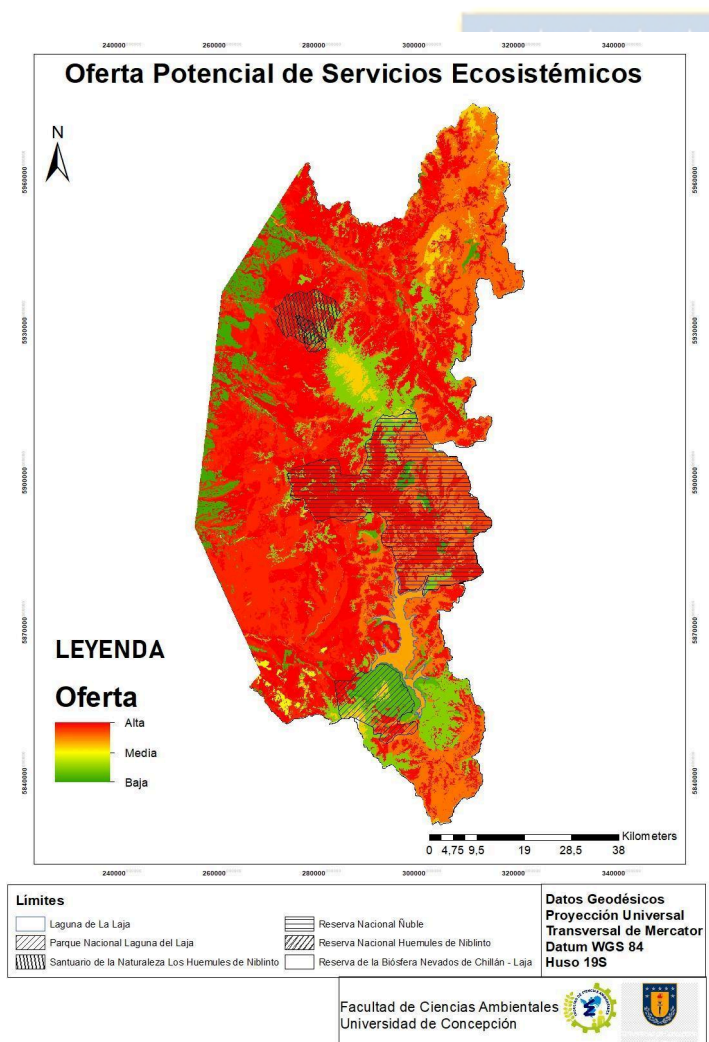
Esta fórmula es utilizada para cualquier superposición en ArcGIS (Longley et al., 2015).

A partir de este procedimiento se generaron las cartografías correspondientes para mostrar los resultados de la oferta, demanda y superposición obtenidos.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Identificación oferta potencial de servicios ecosistémicos

La Figura 4 presenta la oferta potencial de servicios ecosistémicos, que abarca servicios de provisión, regulación y culturales. En la cartografía correspondiente a este ítem, la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios se clasifica en tres rangos: alto, medio y bajo. El color rojo, que representa una alta capacidad para proveer servicios ecosistémicos, abarca el 64% del área. Por el contrario, el color verde indica una baja capacidad para proveer estos servicios, cubriendo el 12% del área de la reserva.



**Figura 4.** Oferta potencial de servicios ecosistémicos.

Fuente: Elaboración propia.

Los ecosistemas con mayor capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos son los bosques caducifolios, que abarcan una superficie total de 350.123 ha. En contraste, los ecosistemas con menor capacidad para ofrecer estos servicios son las plantaciones forestales, que cubren un área de 23.307 ha.

Según lo evidenciado en las encuestas de la figura 12 del apartado de Anexos, los ecosistemas como los bosques caducifolios y los cuerpos de agua destacan por su alta capacidad para proporcionar servicios esenciales, como agua para consumo humano y productos forestales no maderables. Las diferencias en las puntuaciones entre los tipos de ecosistemas reflejan la variabilidad en su capacidad para proporcionar estos servicios, lo que es crucial para el manejo diferencial y adaptativo. Las áreas con altas puntuaciones en provisión de agua para consumo humano y agrícola deben priorizarse para la protección y el manejo sostenible, ya que son vitales para el bienestar humano y la producción agrícola.

Según la figura 13 de Anexos, los bosques muestran una alta capacidad para regular servicios como el almacenamiento de nieve, la cobertura de vegetación y la protección contra la erosión del suelo. Estos servicios son cruciales para la mitigación del cambio climático y la reducción de riesgos de desastres naturales. Ecosistemas como los humedales también tienen un alto valor en la regulación del clima y el balance de carbono, lo que los hace importantes para las estrategias de mitigación del cambio climático. Las áreas con alta capacidad de regulación deben ser objeto de políticas de conservación estrictas para mantener sus funciones ecológicas críticas. La restauración de ecosistemas degradados que aún poseen potencial de regulación puede ser una estrategia efectiva para mejorar la resiliencia ecológica.

Según la figura 14 de Anexos, los bosques y otros ecosistemas naturales no solo proporcionan servicios materiales, sino que también tienen un alto valor cultural y recreativo, reflejado en las altas puntuaciones para tradiciones culturales y actividades recreativas. Estos servicios son esenciales para el bienestar humano y la preservación de la identidad cultural, subrayando la necesidad de proteger estos ecosistemas no solo por sus beneficios ecológicos, sino también por su valor sociocultural. La alta valoración de los servicios culturales en ciertos ecosistemas sugiere un potencial para el desarrollo de actividades turísticas sostenibles que puedan generar ingresos para las comunidades locales mientras se preservan los valores ecológicos.

## **5.2. Determinar la oferta, demanda y congruencia de servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.**

En este apartado se presenta la oferta, demanda y congruencia de los distintos servicios ecosistémicos en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja. También se discute el porcentaje de oferta en las zonas identificadas y su correspondencia con la demanda observada. La Figura 5 muestra la distribución de las principales áreas urbanas y comunas dentro del corredor biológico, así como los límites de las áreas protegidas: la Reserva Nacional Ñuble, el Parque Nacional Laguna del Laja y el Santuario de la Naturaleza Huemules de Niblinto. Esto permitirá una mejor comprensión de los resultados y discusiones que se presentarán en los siguientes apartados, proporcionando un análisis más detallado y comprensivo. Además, facilitará la identificación de las comunas y poblados considerados en este ítem.

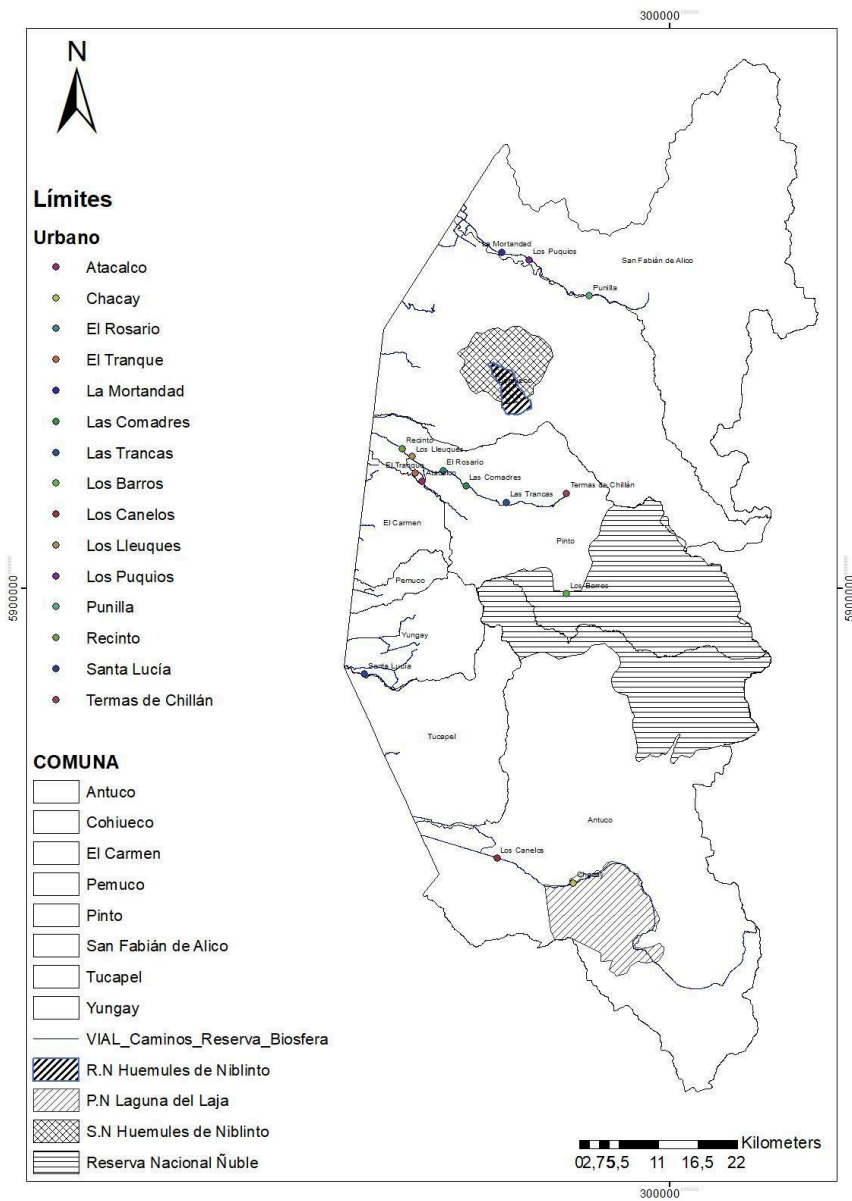
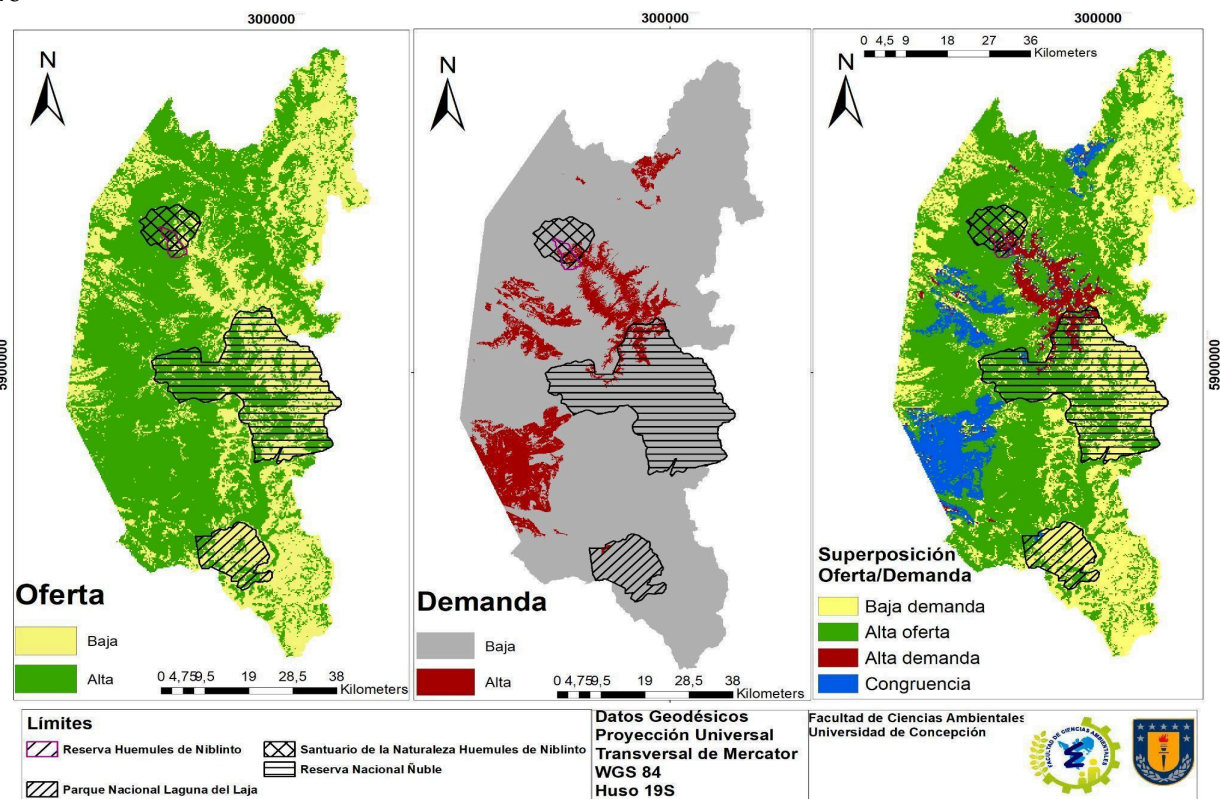


Figura 5. Comunas y localidades presentes dentro de la reserva.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.1. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para consumo humano

Luego de seguir los pasos descritos en la metodología para obtener la oferta y la demanda de cada uno de los servicios ecosistémicos, se logró determinar la congruencia. Estos datos se presentan en un mapa que incluye tres categorías: oferta, demanda y superposición. En el punto 5.1.2 se analiza el servicio ecosistémico "agua para consumo humano", como se muestra en la Figura 6.

40



**Figura 6.** Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para consumo humano.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos del mapa de oferta del servicio ecosistémico de agua para consumo humano muestran que el 63,4% del área total de la reserva tiene una alta oferta. En cuanto a la demanda, el 11,2% del área total de la reserva presenta una alta demanda. La superposición, indicada en la Figura 6, revela un 69% de congruencia espacial entre la oferta y la demanda, dejando así un 31% de alta demanda no cubierta por la oferta.

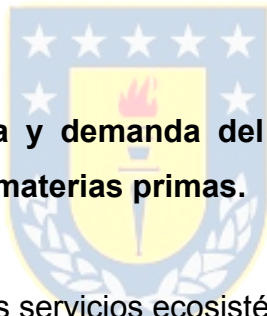
La reserva de la biosfera Nevados de Chillán-Laguna del Laja se encuentra en una región cuyas características geográficas y climáticas favorecen la acumulación y disponibilidad de agua. Las altas montañas y la presencia de glaciares contribuyen significativamente a la oferta hídrica, ya que las nieves derretidas y las lluvias en estas elevaciones alimentan numerosos ríos y lagunas. Importantes cuerpos de agua, como la Laguna del Laja y el Embalse de Ralco, almacenan grandes cantidades de agua, lo que aumenta significativamente la oferta hídrica, esencial tanto para el ecosistema como para el suministro humano.

Los bosques templados y las áreas protegidas dentro de la reserva actúan como esponjas naturales, absorbiendo y liberando agua de manera sostenida. Esto asegura un flujo constante de agua en los ríos y lagunas incluso durante periodos secos, ya que la vegetación densa y el suelo forestal tienen una alta capacidad de retención de agua. Todo esto se puede observar en el mapa de oferta de la Figura 6.

La demanda de agua, situada en el centro de la Figura 6, muestra áreas más dispersas y considerablemente menores en superficie en comparación con la oferta. Esta demanda de agua se concentra en áreas específicas, usualmente cerca de asentamientos humanos y ciudades. La población en la región de Ñuble y Biobío, aunque creciente, se concentra en áreas urbanas y rurales específicas. Ciudades como Tucapel y Pemuco, junto con otras localidades pequeñas, dependen del agua de la reserva. Sin embargo, su número poblacional no es alto,

por lo que la demanda está siendo satisfecha por la oferta disponible, como se muestra en el mapa de superposición de la Figura 6.

Un factor importante que afecta la alta demanda es el transporte de este recurso en algunas localidades rurales de las comunas de Pinto, Coihueco, San Fabián de Alico y Antuco. La infraestructura para transportar agua desde las zonas de alta oferta a las áreas de alta demanda es limitada o inexistente. La construcción de acueductos y canales en terrenos montañosos y boscosos puede ser económicamente muy desafiante. Debido a esto, muchas comunidades pueden estar cubriendo sus necesidades de agua a partir de fuentes locales como pozos, pequeños ríos y otras reservas hídricas menores.



### **5.2.2. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para consumo de animales y materias primas.**

En este apartado se abordan los servicios ecosistémicos de agua para el consumo de animales y materias primas. Estos servicios se representan en un único mapa, dado que las valoraciones de oferta y las ubicaciones de demanda son idénticas para ambos. Para evitar redundancias, se discuten conjuntamente estos servicios y sus respectivas implicaciones.

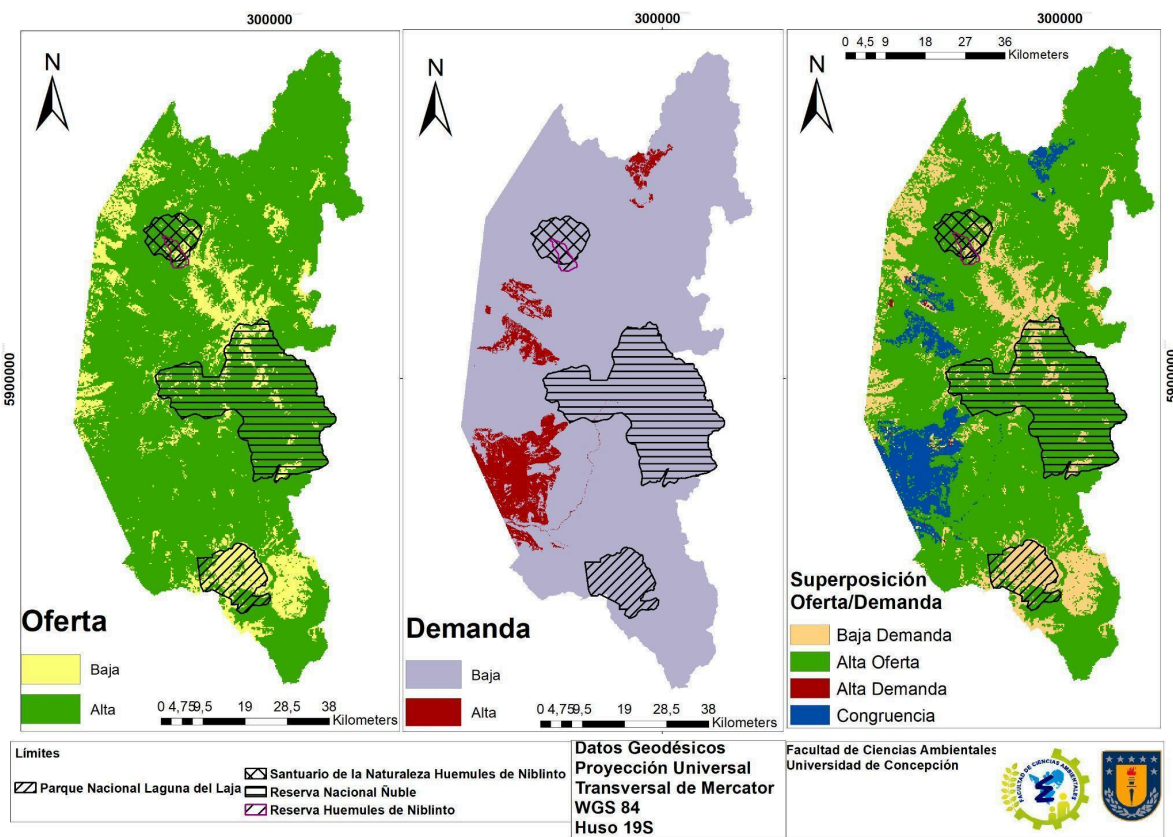


Figura 7. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para consumo de animales y materias primas.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis cartográfico de la oferta del servicio ecosistémico de agua para consumo de animales y materias primas, específicamente para riego y piscicultura, indican que el 84,5% del área total de la reserva presenta una alta oferta de agua, según los datos proporcionados por la encuesta a expertos.

En cuanto a la demanda, la Dirección General de Agua señala que el 7,1% del área total de la reserva tiene una alta demanda de agua. La superposición de la oferta y la demanda, tal como se muestra en la Figura 7, revela una congruencia espacial del 98,1% entre ambas variables. Esto implica que solo el 1,9% del área con alta demanda no está abastecida por la oferta de agua.

La oferta de estos servicios ecosistémicos se concentra predominantemente en las áreas montañosas y boscosas de la reserva, caracterizadas por una precipitación alta y constante. Estas zonas, destacadas en verde en el mapa de oferta, comprenden cuerpos de agua significativos como el río Polcura y el río Diguillín. La abundancia de recursos hídricos en estas áreas se ve favorecida por la densa vegetación y los suelos con alta capacidad de retención de agua.

En las elevaciones más altas, los glaciares y la nieve permanente actúan como reservas naturales de agua, liberándola gradualmente a lo largo del año. Este proceso garantiza un suministro continuo de agua para los ríos y arroyos, contribuyendo significativamente al balance hídrico de la región.

La demanda de agua, representada en rojo en la Figura 7, está estrechamente ligada a las actividades humanas como la agricultura y la ganadería. Estas actividades se realizan en áreas específicas donde el terreno es adecuado para cultivos y pastoreo, y no necesariamente en las zonas de alta oferta de agua. Ejemplos de estas áreas incluyen las localidades cercanas a las comunas de San Fabián de Alico, Pinto, El Carmen y Tucapel, donde la agricultura y la ganadería son actividades económicas clave.

Finalmente, la alta congruencia entre la oferta y la demanda indica que las localidades donde se realizan estas actividades no carecen de suministro de agua para llevar a cabo estas prácticas económicas fundamentales para la población. Esto se ajusta a las áreas con alta oferta de agua que se encuentran dentro de zonas protegidas, donde la actividad humana está restringida para conservar los ecosistemas naturales. Así, se asegura que las fuentes de agua se mantengan en buen estado y disponibles principalmente para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

### 5.2.3. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Agua para desarrollo productivo

En este punto, para el servicio ecosistémico de agua destinada al desarrollo productivo, se utilizó la información de la consulta a expertos para la oferta y los datos proporcionados por la DGA para la demanda, destacando principalmente el sector productivo de la energía hidroeléctrica.

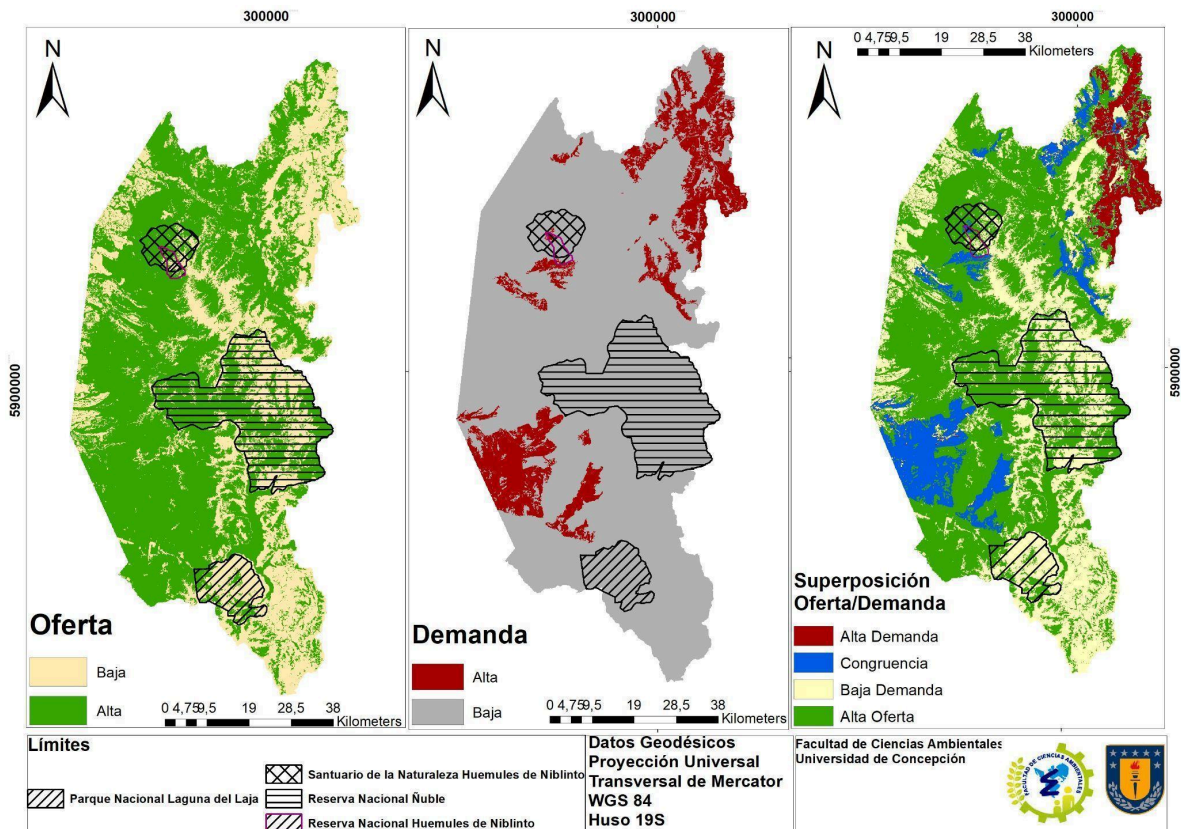


Figura 8. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se presentan los resultados visuales relacionados con el servicio ecosistémico del agua para el desarrollo productivo hidroeléctrico. Se destaca que el 64.9% de la reserva muestra una alta oferta de agua, lo que sugiere un potencial significativo para el abastecimiento de energía hidroeléctrica en esta área, dada su abundancia hídrica.

Por otro lado, la demanda se señala en un 14% en color rojo, indicando las áreas que requieren este servicio ecosistémico. Estas áreas, principalmente rurales, incluyen la alta cordillera, específicamente zonas identificadas en San Fabián de Alico, Pinto, Tucapel y Antuco. Estas áreas enfrentan dificultades para acceder a la energía hidroeléctrica, debido a la paralización de proyectos como el Embalse Punilla e HidroÑuble en San Fabián de Alico, lo cual fue motivado tanto por la disminución del valor de la electricidad como por retrasos en la construcción.

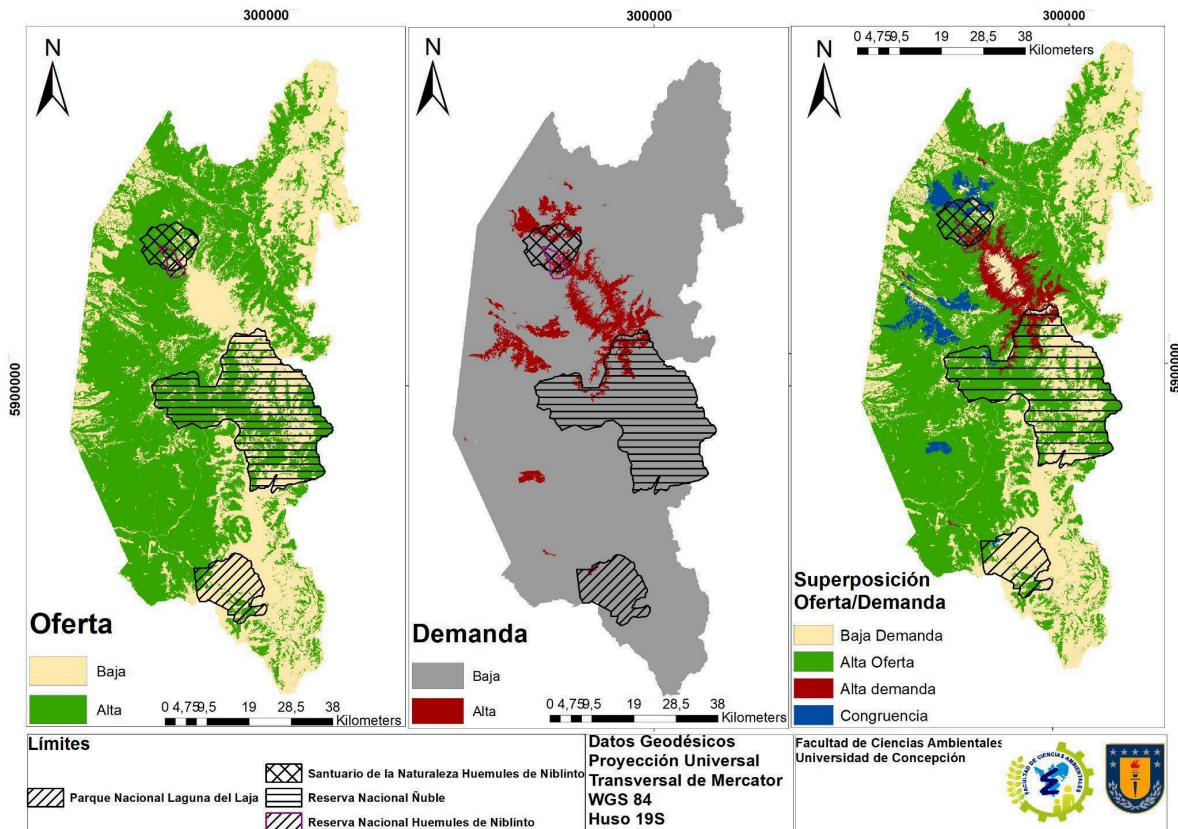
La superposición espacial, representada en color azul en el mapa, indica que el 64.5% de las áreas están cubiertas por la oferta de agua, incluyendo Antuco, algunas localidades de Pinto, Coihueco y San Fabián de Alico, donde los derechos de agua están actualmente destinados a la actividad hidroeléctrica. Sin embargo, existe un 35.5% que no está cubierto por esta oferta, principalmente en las zonas de alta cordillera, donde la demanda está presente pero la oferta de este servicio no.

Es importante destacar que algunas comunas fuera de la reserva, como Chillán, San Carlos y Coihueco en la Región de Ñuble, así como Los Ángeles, Yumbel y Nacimiento en la Región del Biobío, se benefician de las hidroeléctricas ubicadas

dentro de la reserva. Esto se debe a la menor densidad poblacional en estas áreas, lo que resulta en una mayor disponibilidad de agua en comparación con áreas urbanas más extensas.

#### 5.2.4. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Materia prima para nutrición

Para evaluar el servicio ecosistémico de materia prima para nutrición, se identificaron específicamente los productos forestales no maderables, ya que son fundamentales para la dieta de las personas que residen en la reserva.



**Figura 9.** Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de agua para el desarrollo productivo.

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen de la izquierda, identificada como "Oferta", se aprecia una clara distinción entre las áreas de baja (representadas en color beige) y alta oferta (en color verde) de estos servicios. La alta oferta, que abarca el 60,3% del total, se concentra principalmente en el centro y sur de la reserva, indicando la presencia de abundantes productos forestales no maderables, como frutos, hongos, plantas medicinales y otros recursos, en bosques nativos y otros ecosistemas.

Por otro lado, la imagen de la derecha, titulada "Demanda", exhibe las zonas de baja (en gris) y alta demanda (en rojo) de estos productos. La alta demanda, equivalente al 6,48% del área total de la reserva, se localiza principalmente en áreas cercanas a núcleos urbanos y zonas de actividad económica, especialmente en las partes norte y central de la reserva. Esto sugiere una intensa presión sobre la extracción de recursos forestales no maderables en estas regiones.

En la región del Biobío, según el catastro de INFOR (2019), las especies recolectadas más mencionadas son la mora, la rosa mosqueta, el maqui y los hongos. En la provincia de Arauco se destaca una mayor diversidad de productos forestales no maderables, como el maqui, la mora y la murtila, mientras que en las comunas de Lebu y Los Álamos se observa una alta concentración de nalcas, y en Contulmo, en la cordillera de Nahuelbuta, la recolección de avellanas es significativa. En la región de Ñuble, especialmente en la provincia de Diguillín, la mora es uno de los principales productos recolectados, seguido por la mora y el maqui en la provincia de Punilla, y la rosa mosqueta en la provincia de Itata.

El catastro indica también la procedencia de las personas que recolectan estos productos, provenientes de diversas comunas como Yumbel, Nacimiento, Negrete, Diguillín, Pemuco, El Carmen, Pinto, Quillón, Itata, Quirihue, Ninhue, Portezuelo, Punilla, Coihueco, San Carlos y San Nicolás.

Las ciudades que demandan intensamente estos servicios incluyen Chillán, Los Ángeles y Cabrero, además de otras localidades periféricas. Chillán, como centro urbano significativo, muestra una gran necesidad de estos productos debido a su tamaño y actividad económica. Los Ángeles, otro centro urbano importante en la región de Biobío, también presenta una alta demanda. Cabrero, aunque más pequeño, es estratégicamente importante al ser un punto de acceso a la reserva, lo que contribuye a la presión sobre los recursos.

Este análisis pone de manifiesto un desequilibrio entre las áreas de alta oferta y demanda, como se muestra en el mapa de superposición, donde solo el 43,4% de la superficie muestra congruencia entre oferta y demanda, dejando un 56,6% de demanda no cubierta. Este desequilibrio podría llevar a una sobreexplotación de los recursos en las zonas de alta demanda. Por lo tanto, la gestión sostenible de estos recursos es esencial para mantener los beneficios ecosistémicos a largo plazo. Las autoridades y comunidades locales deben trabajar en conjunto para implementar prácticas de manejo sostenible y garantizar que la extracción de productos forestales no maderables no comprometa la salud del ecosistema ni los servicios que este proporciona.

#### **5.2.5. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: Regulación**

La identificación de este servicio incluye la captura y almacenamiento de agua, hábitat para especies silvestres, protección contra eventos naturales, regulación del clima, fertilidad de los suelos y control de procesos erosivos.

La oferta se calcula a partir del promedio de la valoración de expertos, la cual indica un 83.2% de oferta según el área total de la reserva. En cuanto a la demanda, se señala el mismo porcentaje, ya que, al estar localizada en las mismas áreas que la oferta, se considera que la demanda también se encuentra

allí, debido a que los procesos de regulación son necesarios en esas zonas. Por lo tanto, el valor de congruencia es del 100% y la demanda no cubierta es del 0%.

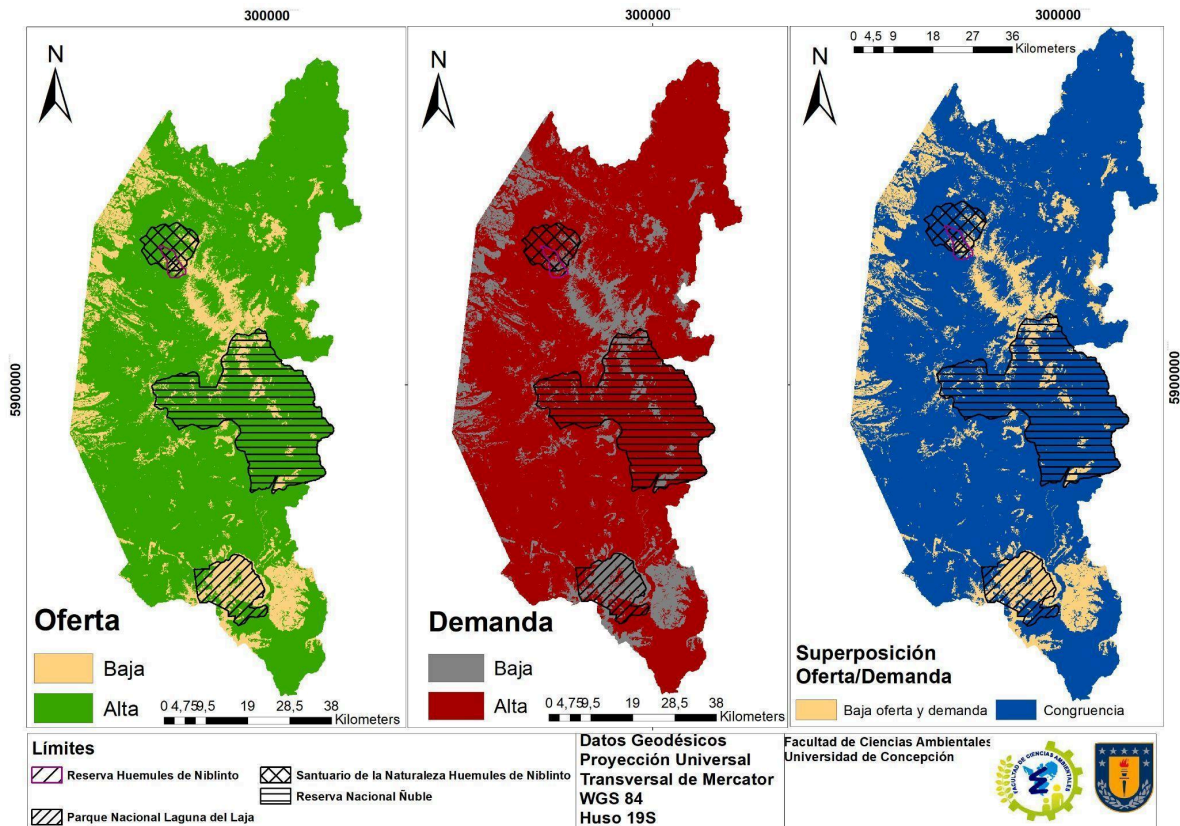


Figura 10. Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico de regulación.

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de oferta de servicios ecosistémicos de regulación muestra una amplia distribución de alta oferta (color verde) en casi toda la extensión de la reserva. Esta predominancia se puede atribuir a varios factores:

Primero, la riqueza hídrica de la reserva, que cuenta con numerosos cuerpos de agua como ríos y lagunas que contribuyen significativamente a la captura y almacenamiento de agua, es esencial para mantener los flujos hidrológicos y abastecer tanto a la flora como a la fauna local.

En segundo lugar, la diversidad de hábitats. La variada topografía y vegetación de la reserva proporcionan hábitats diversos cruciales para numerosas especies silvestres. Este mosaico de ecosistemas incluye bosques, áreas montañosas y zonas húmedas, todos los cuales ofrecen refugio y recursos para la fauna.

Además, la protección contra eventos naturales. La vegetación densa y los suelos bien estructurados actúan como barreras naturales que protegen contra deslizamientos, inundaciones y otros eventos naturales. Esta capacidad de amortiguación es vital para la estabilidad del paisaje y la seguridad de las comunidades humanas cercanas.

Otro factor es la regulación del clima. Los bosques y áreas vegetadas desempeñan un papel crucial en la regulación del clima local. La vegetación actúa como sumidero de carbono, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático.

Por último, la fertilidad de los suelos y el control de la erosión. La presencia de vegetación densa y suelos bien estructurados contribuye a la fertilidad del suelo y a la reducción de la erosión, lo cual es esencial para mantener la productividad agrícola y forestal en la región.

La demanda de servicios ecosistémicos de regulación (color rojo) coincide en gran medida con las áreas de alta oferta. Esto se puede observar en el mapa, donde las áreas de alta demanda se superponen con las de alta oferta. Las razones para esta superposición incluyen:

En primer lugar, las necesidades agrícolas y forestales. Las actividades agrícolas y forestales en las regiones de Ñuble y Biobío dependen en gran medida de los servicios de regulación para mantener la fertilidad del suelo, asegurar el suministro de agua y proteger contra la erosión y otros riesgos naturales.

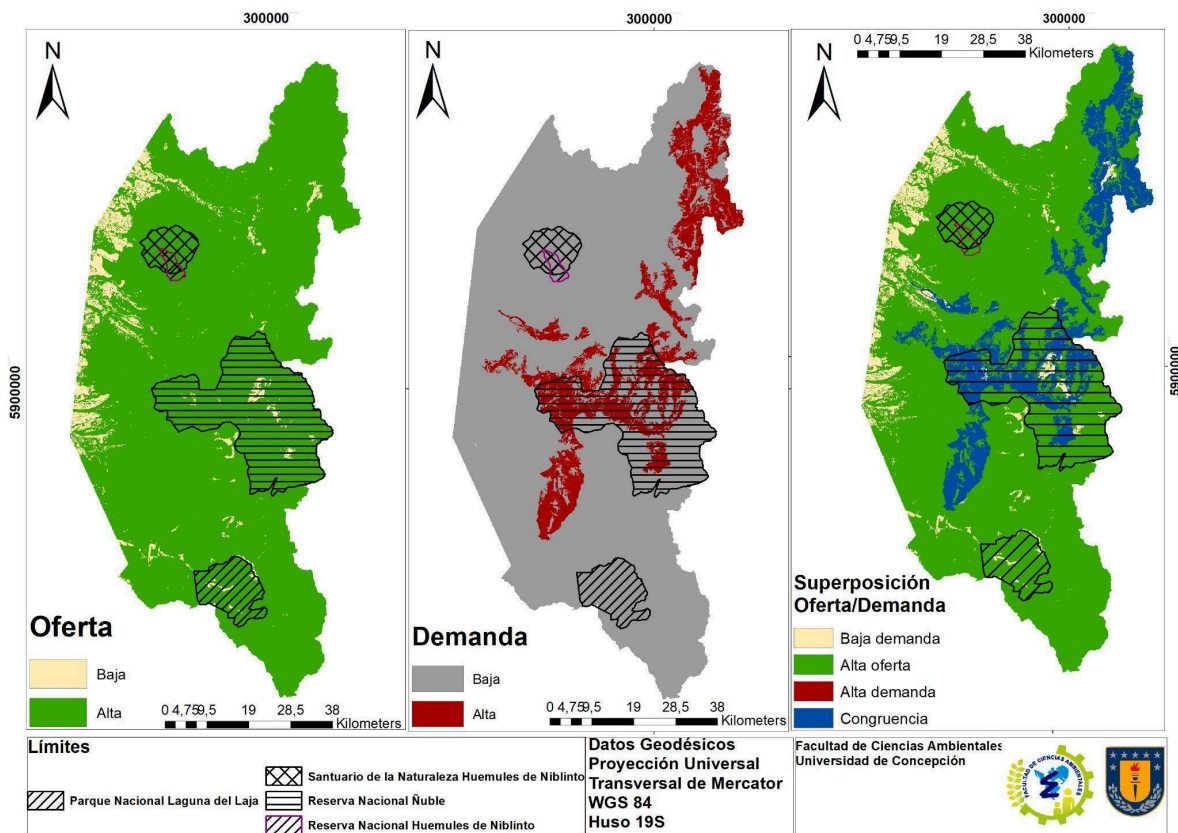
Además, la protección de infraestructura y población. Las comunidades cercanas a la reserva requieren estos servicios para proteger su infraestructura y garantizar

la seguridad frente a eventos naturales. La regulación del clima y la protección contra inundaciones son particularmente importantes para estas poblaciones.

Por último, la conservación de biodiversidad. La demanda de hábitats para especies silvestres es alta debido a la necesidad de conservar la biodiversidad en la región. Las áreas protegidas dentro de la reserva, como la Reserva Nacional Los Huemules y el Parque Nacional Laguna del Laja, son fundamentales para este propósito.

#### **5.2.6. Identificación de oferta y demanda del servicio ecosistémico: actividades turísticas y tradiciones y prácticas culturales**

En este apartado se examina la identificación de la oferta y la demanda del servicio ecosistémico relacionado tanto con las actividades turísticas como con las tradiciones y prácticas culturales, dado que ambas áreas arrojaron resultados similares. Se ha constatado que la oferta existente abarca casi en su totalidad la demanda presente. Esta correspondencia facilita una discusión clara y precisa sobre cómo las actividades turísticas se apoyan en los servicios ecosistémicos disponibles. A continuación, se detallan los servicios turísticos junto con sus respectivas discusiones, analizando cómo la disponibilidad de dichos servicios satisface las necesidades identificadas en este ámbito.



**Figura 11.** Oferta, demanda y superposición de servicio ecosistémico actividad turística.

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de oferta en la Figura 11 revela una amplia disponibilidad del servicio ecosistémico para actividades turísticas, abarcando el 94,4% del área total. La abundancia de este servicio se refleja en las zonas resaltadas en verde, indicando su idoneidad para el turismo gracias a sus condiciones naturales favorables y recursos disponibles. En particular, áreas dentro de parques y reservas naturales, como el Parque Nacional Laguna del Laja y la Reserva Nacional Ñuble, sobresalen como destinos con infraestructura y condiciones ecológicas óptimas para el turismo.

Por otro lado, el mapa central de la Figura 11 representa la demanda del servicio ecosistémico para actividades turísticas, abarcando el 15,2% del área total y

destacando en áreas marcadas en rojo. Estas áreas, más accesibles y ricas en atracciones naturales, son populares entre los turistas. Preservar la integridad ecológica de estas zonas es crucial para mantener su atractivo y capacidad de atracción de visitantes. Dado que existe una oferta turística considerable en estas áreas, sería pertinente promover estrategias de turismo sostenible para aumentar su afluencia, como el fomento de actividades como las cabalgatas, que están en alza.

El tercer mapa (a la derecha) de la Figura 11 fusiona la oferta y demanda del servicio ecosistémico para actividades turísticas, mostrando una correspondencia casi perfecta del 99,96%. Esto indica una planificación y gestión eficaz de los recursos ecosistémicos para el turismo, con áreas de alta demanda coincidiendo con áreas de alta oferta. Solo un 0,04% de la demanda no se cubre, lo cual es insignificante en comparación con el área total analizada.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La identificación y mapeo de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biosfera Nevados de Chillán-Laguna del Laja es un paso crucial para la gestión sostenible de los recursos naturales y la planificación del uso del suelo. A través del uso de herramientas de SIG como ArcGIS, se puede visualizar y analizar de manera precisa la distribución espacial de estos servicios, lo cual es esencial para tomar decisiones informadas y eficientes. Los mapas obtenidos muestran una alta oferta de agua para consumo humano, consumo de animales y materias primas, desarrollo productivo, y regulación, reflejando la riqueza hídrica y la capacidad de regulación ambiental de la reserva.

La superposición de la oferta y demanda de agua para consumo humano revela una congruencia del 69%, indicando que un 31% de la alta demanda no está cubierta, principalmente debido a la falta de infraestructura para el transporte de agua en áreas rurales. En contraste, el análisis de agua para consumo de

animales y materias primas muestra una congruencia del 98,1%, evidenciando que la oferta prácticamente cubre toda la demanda, gracias a la abundancia de cuerpos de agua en áreas montañosas y boscosas.

El servicio de agua para desarrollo productivo hidroeléctrico presenta una congruencia del 64,5%, destacando la capacidad de la reserva para abastecer proyectos hidroeléctricos a pesar de las dificultades de acceso en algunas zonas. La identificación de la oferta y demanda de materias primas para nutrición señala una congruencia del 43,4%, lo que sugiere una sobreexplotación potencial en áreas de alta demanda, como los alrededores de núcleos urbanos y zonas de actividad económica.

En términos de servicios de regulación, la congruencia es del 100%, indicando que las áreas de alta oferta coinciden perfectamente con las áreas de alta demanda, lo que asegura la sostenibilidad de los procesos ecológicos fundamentales. Finalmente, la congruencia del 99,96% entre oferta y demanda de actividades turísticas y prácticas culturales subraya la capacidad de la reserva para soportar estas actividades sin comprometer la integridad ecológica.

La importancia de mapear estos servicios en ArcGIS radica en la posibilidad de integrar diversos datos y visualizarlos espacialmente, lo cual facilita la identificación de áreas críticas y la planificación de intervenciones. Esta herramienta permite analizar la superposición entre oferta y demanda, identificar desequilibrios y desarrollar estrategias para mejorar la gestión de los recursos naturales. En resumen, la cartografía y el análisis espacial mediante ArcGIS son fundamentales para la conservación y el uso sostenible de los servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biosfera Nevados de Chillán-Laguna del Laja, garantizando el bienestar de las comunidades locales y la preservación de la biodiversidad.

El trabajo de identificación y mapeo de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biosfera Nevados de Chillán-Laguna del Laja contribuye significativamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. En particular, este estudio apoya los ODS 13 (Acción por el Clima) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

- El ODS 13, que busca tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos, se ve reflejado en la identificación de los servicios de regulación. Al destacar áreas críticas para la captura y almacenamiento de agua, regulación del clima y protección contra eventos naturales, el estudio ayuda a planificar y mitigar los efectos del cambio climático en la región, protegiendo tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas.
- El ODS 15 promueve la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, la detención y reversión de la degradación de la tierra y la detención de la pérdida de biodiversidad. La evaluación de servicios como la conservación de la biodiversidad y la disponibilidad de materias primas para nutrición subraya la importancia de proteger los ecosistemas forestales y sus servicios, asegurando que la biodiversidad y los recursos naturales se mantengan para las futuras generaciones.

En base a lo antes señalado, para una mejor evaluación de la Reserva de la Biosfera, se recomienda:

Integrar más expertos. Se recomienda que los expertos de las instituciones colaboradoras puedan aumentar su disponibilidad y accesibilidad para entrevistas con las futuras investigaciones.

Llevar a cabo mapeos participativos para identificar las necesidades de servicios ecosistémicos de la comunidad.

Incluir criterios adicionales sugeridos por la comunidad para evaluar los servicios ecosistémicos.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Borsdorf, A., y Araya, P. (2014). El modelo de Reservas de la Biosfera: conceptos, características e importancia. En: A Moreira-Muñoz & A Borsdorf (eds) Reservas de la Biosfera de Chile: Laboratorios para la Sustentabilidad. Academia de Ciencias Austriaca, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, serie Geolibros 17: 4–20.
2. Borsdorf, A.; Sánchez, R.; Hidalgo, R. y Zunino, H. (eds) (2014). Los riesgos traen oportunidades. Transformaciones globales en Los Andes sudamericanos. Serie GEOlibros N° 20, Instituto de Geografía-Pontificia Universidad Católica de Chile / Instituto Interdisciplinario para Estudios de la Montaña (IGF)-Academia de Ciencias Austriaca / Instituto de Geografía-Universidad de Innsbruck / Universidad de La Frontera, 2014.
3. Burkhard, Benjamin & Petrosillo, Irene & Costanza, Robert. (2010). Ecosystem services – Bridging ecology, economy and social sciences. Ecological Complexity - ECOL COMPLEX. 7. 257-259. 10.1016/j.ecocom.2010.07.001.
4. Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2010). Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. Landscape Online, 15, 1–22.
5. Comité Ejecutivo de la Reserva de la Biosfera. (2014). Propuesta de Contenidos Mínimos del Plan de Gestión de la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja.
6. CONAF. (2015). Chile Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja.
7. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Karin Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G.,

- Suttonkk, P. y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
8. Crossman, N., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, K, Palomo, I., Drakou, E., Martin-López, B., McPhearson, T., Boyanova, K., Alkemade, R., Egoh, B., Dunbar, M., Maes, J. (2013) A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem services* 4:4.14.
  9. De Groot, R., Fisher, B., y Christie, M. (2010.b). TEEB Chapter 1: Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*.
  10. De Groot R, M Wilson, R Boumans, (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
  11. Esse, Carlos, Valdivia, Paulo, Encina-Montoya, Francisco, Aguayo, Carlos, Guerrero, Marcela & Figueroa, David. (2014). Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 289-299.
  12. Haines-Young, R., y Potschin, M. (2010.a). Proposal for a common international classification of ecosystem goods and services (CICES) for integrated environmental and economic accounting. European Environment Agency.
  13. Haines-Young, R., y Potschin, M. (2010.b). The links between biodiversity, ecosystem services and human wellbeing. Capítulo 7. En: Raffaelli D, C Frid. (Eds.). 2010. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge.
  14. Instituto Forestal y Consultora Profesional Agraria Sur Ltda., 2019. Catastro de Recolectoras y Recolectores de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en las Regiones de Biobío y Ñuble. Instituto Forestal, Chile. P. 74.
  15. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2017). Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos. Subdirección Técnica, Departamento de Geografía y

Censos, Subdepartamento de Geografía y SIG, Departamento Atención al Usuario y Difusión.

16. J. Maes, M.L. Paracchini, G. Zulian, M.B. Dunbar, R. Alkemade (2012). Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological Conservation*, 155, pp. 1-12.
17. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley.
18. Luebert, F., y Plissock, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Editorial universitaria.
19. Malczewski, J. (2006) GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 703-726
20. Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, World Resources Institute.
21. Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2003). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, World Resources Institute.
22. Montañez, C. (2018). Caracterización y mapeo participativo de servicios ecosistémicos en paisajes socio-ecológicos de producción. Caso de estudio : Aquitania, Boyacá (Colombia).
23. Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozada, P., Jaramillo, A., Aguayo, M., (2013). Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile. 71-82.
24. Petter, M., Mooney, S., Maynard, S. M., Davidson, A., Cox, M. y Horosak., I. (2012). A methodology to map ecosystem functions to support ecosystem services assessments. *Ecology and Society* 18(1): 31. 2012
25. Potschin, M., y Haines-Young, R. (2011). Ecosystem services Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, 35(5), 5975-594.

26. Spangenberg, J., von Haaren, C., y Settele, J. (2014). The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. *Ecological Economics*, 104, 22-32.
27. Syrbe, Ralf-Uwe & Walz, Ulrich. (2012). Spatial indicators for assessment of ecosystem services: Proving, benefiting and connecting areas and landscape matrices. *Ecological Indicators*. 21. 80-88. 10.1016/j.ecoling.2012.02.013.
28. Turner, WR, Brandon, K., TM, Constanza, R., da Fonseca, GAB, Portela, R., (2007). Global conservation of ecosystem services and biodiversity. *Biociencia* 57 (10), 868-873.
29. Van Jaarsveld, A.S., Biggs, R., Scholes, R., Bohensky, E., Reyers, B., Lynam, T., Musvoto, C., Fabricius, C., 2005. Measuring conditions and trends in ecosystem services at multiplescales: The Southern African Millennium EcosystemAssessment (SAfMA) experience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 360, 425–441.
30. Wilson, E. (1997) Introduction. En Reaka M et al. (Eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry Press. Washington DC, EEUU. pp. 1-3.

## 8. ANEXOS

ECOSISTEMA	SERVICIO ECOSISTÉMICO: PROVISIÓN			
	Agua para consumo humano	Valles fluviales que permiten la agricultura y ganadería	Agua para desarrollo humano y productivo	Productos Forestales No Maderables
Matorral bajo templado andino	3,3	2,9	3,0	2,9
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>N. Obliqua</i>	4,1	3,0	3,8	4,3
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>austrocedrus</i>	4,3	3,3	3,8	4,0
Bosque caducifolio mediterráneo de <i>nothofagus obliqua</i> - <i>persea lingue</i>	4,3	3,3	3,8	3,9
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>cryptocarya alba</i> .	4,4	3,3	3,9	3,8

Bosque caducifolio mediterráneo templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. obliqua</i> .	4,4	3,3	3,9	3,8
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino <i>Nothofagus</i> - <i>N. Obliqua</i> .	4,3	3,3	4,0	3,8
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	3,9	3,1	3,8	3,6
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. dombeyi</i> .	4,1	3,4	4,0	3,6
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> - <i>Azara alpina</i> .	4,0	3,3	3,8	3,6
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>lomatia hirsuta</i>	3,8	3,1	3,4	3,8
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>lomatia hirsuta</i> .	3,1	2,6	3,3	3,5
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> - <i>Fabiana imbricata</i> .	3,8	3,1	3,3	3,8

<b>Bosque recinoso templado andino de Araucaria araucana - Nothofagus dombeyi.</b>	3,9	3,1	3,5	3,9
<b>Bosque siempre verde templado andino de Nothofagus dombeyi - Gaultheria phyllyreifolia.</b>	3,1	2,5	2,6	3,0
<b>Estepa alto andina</b>	2,6	2,5	2,4	1,8
<b>Cuerpos de agua</b>	4,8	3,8	4,4	2,3
<b>Ríos</b>	4,4	3,5	3,9	2,4
<b>Nieves y glaciares</b>	4,9	3,5	3,9	2,0
<b>Lava y escoriales</b>	1,3	1,1	1,4	0,5
<b>Afloramientos rocosos</b>	1,6	1,9	2,1	1,6
<b>Plantaciones exóticas asilvestradas</b>	1,8	1,6	2,4	2,4
<b>Plantaciones forestales</b>	1,8	1,4	2,1	1,9
<b>Ciudades, pueblos, zonas industriales</b>	0,6	0,5	1,1	0,5
<b>Praderas Anuales</b>	2,0	2,5	2,0	1,8
<b>Terrenos agrícolas</b>	1,5	2,3	1,9	1,4
<b>Áreas sin vegetación</b>	0,9	0,9	1,0	0,8
<b>Humedales</b>	3,9	3,1	3,6	2,3

Figura 12. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Provisión.

Fuente: Elaboración propia.

ECOSISTEMA	SERVICIO ECOSISTÉMICO: REGULACIÓN						
	Reservorio de acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial	Coberturas de vegetación nativa que regulen procesos erosivos	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Provisión de hábitat a especies silvestres y ayuda fertilidad de los suelos	Proporciona fertilidad a los suelos	Protección contra eventos naturales (por ej. Inundaciones, erupción de volcanes)	Regulación climática y balance de radiación
Matorral bajo templado andino	4,1	4,4	3,5	4,3	5	3,8	3,8
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>N. Obliqua</i>	4,8	4,9	4,3	4,9	4	4	4
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>austrocedrus</i>	4,8	4,9	4,3	4,9	4	4	4
Bosque caducifolio mediterráneo de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>persea lingue</i>	4,6	4,8	4,1	4,8	4	4	4
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>cryptocarya alba</i> .	4,6	4,8	4,1	4,8	5	4	4
Bosque caducifolio mediterráneo templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. obliqua</i> .	4,8	4,9	4,3	4,9	4	4	4
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino ( <i>Nothofagus</i> ) - <i>N. Obliqua</i> .	4,8	4,9	4,3	4,9	4	4	4
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	4,6	4,8	4,1	4,4	4	4	4
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. dombeyi</i> .	4,8	4,9	4,3	4,8	4	4	4
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> - <i>Azara alpina</i> .	4,8	4,9	4,3	4,9	4	4	4
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>lomatia hirsuta</i>	4,5	4,6	3,9	4,1	4	4	3
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>lomatia hirsuta</i> .	4,6	4,8	4	4,6	4	4	4
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> - <i>Fabiana imbricata</i> .	4,6	4,8	4	4,8	4	4	4

Bosque recinoso templado andino de Araucaria araucana - Nothofagus dombeyi.	4,8	4,9	4,1	4,9	5	4	4
Bosque siempre verde templado andino de Nothofagus dombeyi - Gaultheria phyllyreifolia.	2,4	2,9	2,8	3,9	0	3	3
Estepa alto andina	3,8	4,3	3,3	4	5	4	4
Cuerpos de agua	4,4	2,1	2	4	0	3	3
Ríos	4,4	2,1	2	3,9	0	3	3
Nieves y glaciares	5	2	1,6	3	0	3	3
Lava y escoriales	2,5	2,1	1,3	1,5	0	1	1
Afloramientos rocosos	2,3	1,1	1,6	1,9	0,1	2	2
Plantaciones exóticas asilvestradas	1,9	2,4	2,1	2,1	0	2	2
Plantaciones forestales	2	2,5	1,9	2,3	0	2	2
Ciudades, pueblos, zonas industriales	0,5	0,8	1	0,8	0	1	1
Praderas Anuales	1,9	1,9	2,3	1,9	3	1	1
Terrenos agrícolas	1,5	1,8	1,1	1,3	3	1	1
Áreas sin vegetación	0,6	0,5	0,8	0,6	0	1	1
Humedales	3,9	3,8	3,3	3,5	0	3	3

Figura 13. Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Regulación.

Fuente: Elaboración propia.



	<b>SERVICIO ECOSISTÉMICO: CULTURAL</b>	
<b>ECOSISTEMA</b>	<b>Tradiciones, prácticas culturales y ancestrales</b>	<b>Desarrollo de actividades turísticas deportivas y recreativas</b>
Matorral bajo templado andino	4,4	4,5
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>N. Obliqua</i>	4,4	4,6
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>austrocedrus</i>	4,4	4,6
Bosque caducifolio mediterráneo de <i>nothofagus obliqua</i> - <i>persea lingue</i>	4,3	4,6
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>cryptocarya alba</i> .	4,3	4,6



Bosque caducifolio mediterráneo templado andino de Nothofagus alpina)- N. obliqua.	3,8	4,1
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino Nothofagus)- N. Obliqua.	4,4	4,8
Bosque caducifolio templado andino de Nothofagus alpina - Dasyphyllum diacanthoides	4,4	4,8
Bosque caducifolio templado andino de Nothofagus alpina - N. dombeyi.	4,4	4,8
Bosque caducifolio templado andino de Nothofagus pumilio – Azara alpina.	4,1	4,8
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Lithraea caustica -lomatia hirsuta	4,1	4,6
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Lithraea caustica -lomatia hirsuta.	4	4,5
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de Quillaja saponaria - Fabiana imbricata.	4,4	4,8

<b>Bosque recinoso templado andino de Araucaria araucana - Nothofagus dombeyi.</b>	4,4	4,8
<b>Bosque siempre verde templado andino de Nothofagus dombeyi - Gaultheria phyllyreifolia.</b>	3,4	3,9
<b>Estepa alto andina</b>	3,9	4,5
<b>Cuerpos de agua</b>	4,5	4,8
<b>Ríos</b>	4,4	4,9
<b>Nieves y glaciares</b>	3	4,1
<b>Lava y escoriales</b>	2,4	4,1
<b>Afloramientos rocosos</b>	2,3	4,3
<b>Plantaciones exóticas asilvestradas</b>	1,6	1,6
<b>Plantaciones forestales</b>	1,5	0,9
<b>Ciudades, pueblos, zonas industriales</b>	2	1,5
<b>Praderas Anuales</b>	2,5	1,3
<b>Terrenos agrícolas</b>	2,6	1,6
<b>Áreas sin vegetación</b>	1,4	0,6
<b>Humedales</b>	3,8	4,4

**Figura 14.** Encuesta realizada sobre servicio ecosistémico: Cultural.

Fuente: Elaboración propia.