



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS  
AMBIENTALES

# DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA ECOLÓGICA PARA LA RESERVA DE LA BIÓSFERA CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS DE CHILLÁN – LAGUNA DEL LAJA

Habilitación presentada para optar al título de  
**Ingeniera Ambiental**

**MACARENA FABIOLA RAMÍREZ ALEGRÍA**

Profesor guía: Dr. Mauricio Aguayo Arias

Profesor co-guía: M.Cs. Jorge Féliz

Concepción, Chile

2021



**“Diseño de una infraestructura ecológica para la reserva de la biosfera corredor biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.”**

**PROFESOR GUÍA:** Dr. MAURICIO AGUAYO ARIAS

**PROFESOR CO- GUÍA:** Mg. JORGE FÉLEZ BERNAL

**PROFESOR COMISIÓN:** Dr. RICARDO FIGUEROA JARA



**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, junio 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

Finalmente, me encuentro escribiendo la parte más fácil; pero la más importante de este trabajo, llamado Universidad... el cual me llevo de paso por 2 carreras antes de llegar a Ingeniería ambiental, lo cual no sería posible sin el incondicional apoyo de mi familia. Mis padres, Leticia y Héctor, que con mucho esfuerzo sacaron adelante a sus 4 hijos, inculcándonos lo importante de estudiar y hacer lo que nos guste, por entregarnos valores y principios, que nos han convertido en las personas que somos hoy en día. A mis hermanos, Constanza, Diego y Roberto mi soporte ante cualquier dificultad, no sé qué haría sin ellos, soy afortunada por tenerlos. Y, por supuesto no puedo dejar fuera a mis bebés Bartolo y Don Gato, que con solo verlos me dan felicidad. Los amo a todos.



A mis amigas, Katherine y Makarena lo más lindo que me ha dado la Universidad, una amistad incondicional como la que no había tenido. Dos mujeres que admiro y que me inspiran a crecer y ser mejor. Gracias por las eternas conversaciones, buena música, bailes, piyamadas, tecitos, comida, dulces, películas, cartas, terrenos y otras cosas que no se pueden escribir aquí. Que ninguna pandemia nos separe.

A mi profesor guía, Mauricio Aguayo que, sin su ayuda, paciencia, apoyo, ánimo y compañía durante el desarrollo de este trabajo y toda la carrera han hecho posible llegar a este momento. Gracias profe por su confianza y por darme oportunidades justo en los momentos que no sabía porque había entrado a esta carrera o cuando sentía que no era capaz de hacer algo. Ha sido una parte fundamental para descubrir mis intereses en la carrera y para un futuro. Además, gracias por poner a la Ale en mi camino.

## **ÍNDICE GENERAL**

ÍNDICE DE TABLAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN	vii
1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	1
1.1. Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	1
1.2. Infraestructura Ecológica	5
1.3. Marco Nacional	7
1.4. Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja	10
1.5. Características de una Reserva de la Biósfera	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. METODOLOGÍA	17
3.1. Determinación de las áreas de valor de biodiversidad	17
3.2. Identificación de áreas de oferta potencial de servicios ecosistémicos	22
3.3. Identificar zonas de restauración ecológica	25
3.4. Determinar espacialmente la infraestructura ecológica	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Identificación espacial de las áreas de alto valor de biodiversidad	27
4.1.1. Representatividad	27
4.1.2. Complementariedad	30
4.1.3. Irreemplazabilidad	33



4.1.3.1 Distribución marginal de flora y fauna	33
4.1.3.1.1 Distribución marginal de flora	33
4.1.3.1.2 Distribución marginal de fauna	37
4.1.3.2 Ecosistemas naturales con especies amenazadas	40
4.1.3.2.1 Ecosistemas naturales con riqueza de especies de flora	40
4.1.3.2.2 Ecosistemas naturales con riqueza de especies de fauna	44
4.1.4 Amenaza	47
4.1.4.1 Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos	47
4.1.5 Vulnerabilidad	51
4.1.5.1 Ecosistemas naturales fragmentados	51
4.1.6 Áreas de valor de biodiversidad	54
4.2. Identificación espacial de las áreas de oferta potencial de servicios ecosistémicos	58
4.3. Identificación espacial de las áreas de restauración ecológica	64
4.3.1. Pérdida de procesos hidrológicos clave	64
4.3.1.1. Zonas ribereñas sin vegetación nativa	64
4.3.1.2. Cabecera de sub-subcuencas sin cobertura de bosques nativos	67
4.3.2. Especies en riesgo de extinción	71
4.3.2.1. Especies amenazadas	71
4.3.3. Fragmentación	74
4.3.3.1. Fragmentación de ecosistemas naturales	74
4.3.4. Identificación de zonas para restauración	77
4.4. Determinar espacialmente la infraestructura ecológica	78
4.4.1. Identificación de las áreas de valor ecológico	79

4.4.2. Componentes de la Infraestructura ecológica	81
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
7. ANEXOS	100
7.1. Anexo 1	100
7.2. Anexo 2	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Servicios Ecosistémicos.....	4
Tabla 2. Criterios, indicadores, métricas seleccionadas para identificar áreas de valor de biodiversidad del área de estudio.....	17
Tabla 3. Pesos de ponderación por indicador de áreas de valor de biodiversidad.....	19
Tabla 4. Datos espaciales colectados para el análisis SIG.....	20
Tabla 5. Ecosistemas para valorar su capacidad de proveer servicios.....	24
Tabla 6. Criterios, indicadores, métricas seleccionadas para identificar áreas de valor de biodiversidad del área de estudio.....	25
Tabla 7. Pisos vegetacionales identificados en la Reserva de la Biósfera Nevados de Chillán-Laguna Laja. ....	27
Tabla 8. Síntesis de la diversidad de ecosistemas terrestres. ....	30
Tabla 9. Estados de Conservación de la flora presente en la Reserva de la Biósfera.....	40
Tabla 10. Estados de Conservación de la fauna presente en la Reserva de la Biósfera.....	44

Tabla 11. Superficie bosque según las clases de fragmentación. ....	52
Tabla 12. Superficie de las áreas de valor de biodiversidad generados de la superposición de los mapas a partir de los criterios e indicadores. ....	54
Tabla 13. Capacidad u oferta potencial de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera. ....	60
Tabla 14. Síntesis de los resultados obtenidos del indicador para las cabeceras de sub-subcuencas. ....	71
Tabla 15. Especies amenazadas en la Reserva de la Biósfera. ....	72
Tabla 16. Superficie de las áreas de valor de ecológico. ....	79
Tabla 17. Superficie de los elementos de la Infraestructura ecológica. ....	83



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo conceptual para la vinculación de los ecosistemas y el bienestar humano. ....	3
Fuente: Adaptada desde Haines-Young y Potschin (2010.b) y De Groot (2010.a). ....	3
<b>Figura 2.</b> Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna Laja. ....	13
<b>Figura 3.</b> Matriz de transferencia-beneficio de Bukhard. ....	23
<b>Figura 4.</b> Modelo conceptual para la identificación y obtención de los componentes que conforman la Infraestructura ecológica. ....	26
<b>Figura 5.</b> Mapa criterio de Representatividad. ....	29
<b>Figura 6.</b> Mapa de Complementariedad. ....	32

<b>Figura 7.</b> Mapa de Flora marginal. ....	36
<b>Figura 8.</b> Mapa de Fauna marginal. ....	39
<b>Figura 9.</b> Mapa de Flora endémica y amenazada. ....	43
<b>Figura 10.</b> Mapa de Fauna endémica y amenazada. ....	46
<b>Figura 11.</b> Mapa Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos. ....	50
<b>Figura 12.</b> Mapa Ecosistemas naturales fragmentados. ....	53
<b>Figura 13.</b> Mapa de las áreas de valor de biodiversidad. ....	55
<b>Figura 14.</b> Capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos. .....	59
<b>Figura 15.</b> Cantidad de SE que proporcionan los ecosistemas. ....	61
<b>Figura 16.</b> Ausencia de bosque nativo en zonas ribereñas. ....	66
<b>Figura 17.</b> Cabecera de sub-subcuencas sin cobertura de bosques nativos. ...	70
<b>Figura 18.</b> Especies en riesgo de extinción presentes en usos antrópicos en la Reserva de la Biósfera. ....	73
<b>Figura 19.</b> Fragmentación de ecosistemas naturales en la Reserva de la Biósfera. ....	76
<b>Figura 20.</b> Áreas prioritarias para la restauración en la Reserva de la Biósfera. .....	78
<b>Figura 21.</b> Áreas de valor ecológico. ....	80
<b>Figura 22.</b> Infraestructura Ecológica para la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja. ....	82

## **NOMENCLATURA**

AVE: Área de Valor de Ecológico.

AVB: Área de Valor de Biodiversidad.

AR: Áreas de Restauración ecológica.

BDE: Base de Datos Espacial.

CICES: Clasificación Internacional de Servicios Ecosistémicos.

CONAF: Corporación Nacional Forestal.

GBIF: Global Biodiversity Information Facility.

IALE: International Association for Landscape Ecology Chile.

IDE: Infraestructura de Datos Geoespaciales.

IE: Infraestructura Ecológica.

LEP: Laboratorio de Ecología de Paisaje, Universidad de Concepción.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

RCE: Reglamento de Clasificación de Especies.

RB: Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

SE: Servicio Ecosistémico.

SEA: Servicio de Evaluación Ambiental.

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

UTM: Universal Transverse Mercator.

WGS: World Geodetic System.

## RESUMEN

La Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja se encuentra ubicada en el sector cordillerano de las regiones de Ñuble y Biobío. Las actividades económicas predominantes que se desarrollan en la Reserva de la Biósfera son: agrícola, ganadera, forestal, turismo, servicios y generación hidroeléctrica. Debido a las diversas transformaciones del territorio a causa del uso de los recursos naturales y la expansión productiva, las cuales han afectado la conectividad y han generado la fragmentación de los ecosistemas terrestres, es que, mediante el diseño de una Infraestructura ecológica, la cual está compuesta de áreas de valor ecológico, que a su vez está conformada por áreas de alto valor de biodiversidad y las áreas con mayor oferta de servicios ecosistémicos. Además, de las áreas de restauración ecológica, que una vez restauradas van a complementar las áreas de valor ecológico. Las cuales contribuirán a mantener la conectividad, biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos y, por ende, el bienestar de los habitantes de la Reserva de la Biósfera.

Para el desarrollo del diseño de infraestructura ecológica, se aplicaron las metodologías implementadas en los proyectos “Planificación ecológica de la región del Maule” y “Diseño de una Infraestructura ecológica para la región del Biobío”.

De la síntesis, espacialización e integración de la información, se obtuvo que el 25% de la superficie de la Reserva de la Biósfera, corresponden a áreas núcleos, es decir, áreas de alto valor ecológico que son las capaces de ofrecer una mayor cantidad de servicios ecosistémicos y poseen un mayor valor para la conservación de la biodiversidad. Las áreas de amortiguación corresponden al 40% de la superficie de la Reserva, son las áreas que contribuyen a mantener la conectividad, además de proveer servicios ecosistémicos. Las áreas de uso

sustentable abarcan el 22% de la superficie de la Reserva, son áreas capaces de proveer una menor cantidad de servicios ecosistémicos y poseen un bajo valor para la conservación de la biodiversidad. Asimismo, se obtuvo que el 13% de la superficie de la Reserva de la Biósfera son áreas prioritarias para la restauración con la finalidad de proveer hábitats y servicios ecosistémicos.

Finalmente, el diseño de infraestructura ecológica para la Reserva de la Biósfera es una primera aproximación de acuerdo a los datos disponibles para generar una carta base u hoja de ruta para la toma de decisiones y/o gestión del territorio.



## **1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO**

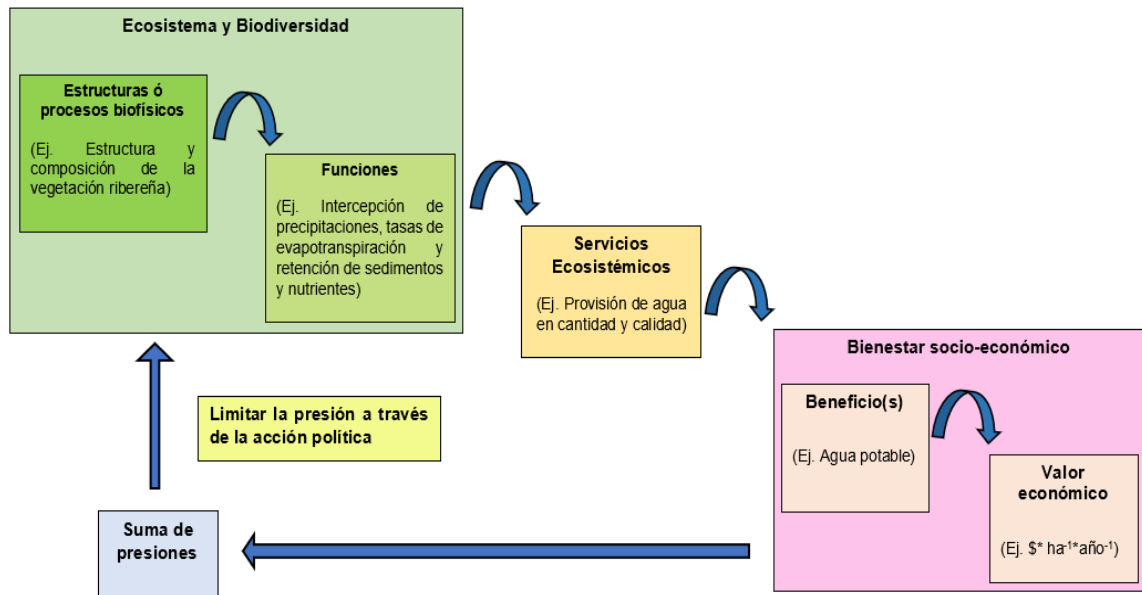
### **1.1. Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos**

La biodiversidad se define como toda variación de la base hereditaria en todos los niveles de organización, desde los genes en una población local o especie, hasta las especies que componen toda o una parte de una comunidad local y, finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo (Wilson, 1997). La importancia de la biodiversidad radica en que las condiciones, procesos y funciones que caracterizan a los ecosistemas naturales, en los cuales la biodiversidad juega un papel fundamental, proporcionan una serie de servicios ecosistémicos a la sociedad que son esenciales (Costanza et al., 1997; de Bello et al., 2010; Díaz et al., 2006; Mertz et al., 2007). Por lo tanto, la biodiversidad está intrínsecamente relacionada con los servicios ecosistémicos, que son los beneficios que las sociedades obtienen de los ecosistemas (MEA, 2015). Los servicios ecosistémicos de los que disfrutan las personas son importantes desde el punto de vista económico y dependen tanto de la diversidad (calidad) como del volumen (cantidad) de genes, especies y ecosistemas que se encuentran en la naturaleza, es decir, de la biodiversidad (TEEB, 2010), por lo que, el concepto de los servicios de los ecosistemas surge de la necesidad de conectar la biodiversidad con el bienestar de las poblaciones humanas (Jacobs et al., 2013; Balvanera y Cotler, 2007).

El concepto de servicios ecosistémicos se acuñó en 1997 cuando se publicó el libro “Los beneficios de la naturaleza” (Daily, 1997). El concepto obtuvo una gran atención de la comunidad científica porque identifica a los actores que

manipulan los ecosistemas que pueden poner en peligro su funcionamiento, lo que a su vez amenaza el bienestar de las sociedades (Oyarzún et al., 2005). En la actualidad, el marco conceptual más aceptado (MEA, 2005; Potschin y Haines-Young, 2011; Spangenberg et al., 2014) que describe en detalle ésta interacción Sociedad-Naturaleza es una “cascada” o “escalera” de Servicios Ecosistémicos, que “fluye” desde la naturaleza hacia la sociedad, la cual se presenta en la Figura 1, dónde a partir de la estructura o procesos biofísicos, se generan una serie de funciones que se traducen en los servicios de los cuales se benefician las comunidades humanas (Haines & Potschin, 2010.a) y, que pueden ser valorados desde una perspectiva ecológica, económica y social.





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

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

El modelo de cascada resulta útil al momento de reconocer los servicios proporcionados por los ecosistemas y facilitar el proceso de valoración de los ecosistemas que los proveen, a su vez, también es necesario contar con un marco para clasificar estos servicios (Catalán, 2018) en ese sentido, dentro de los principales intentos de clasificación se encuentra la propuesta en 1997 (Costanza et al., 1997), que fue actualizada y mejorada el año 2002 (de Groot et al., 2002) y que luego ha sido modificada y utilizada en varios estudios de importancia (MEA, 2005; de Groot et al., 2012; de Groot et al., 2010.b; Haines-Young y Potschin, 2010.b). Finalmente, la clasificación propuesta por la Agencia Ambiental Europea, Clasificación Común de Servicios Ecosistémicos (CICES), es actualmente la más difundida y aceptada (Haines-Young y Potschin, 2013).

Esta clasificación, corresponde a un esfuerzo internacional por proporcionar una clasificación común que permita describir y medir los servicios de los ecosistemas, integrando diferentes perspectivas y aplicaciones (Haines-Young y Potschin, 2013). La Tabla 1, muestra la clasificación propuesta por Haines-Young y Potschin para CICES. Donde, los servicios de aprovisionamiento corresponden a todo los productos nutricionales, materiales y energéticos de los ecosistemas, los servicios de regulación y mantenimiento corresponden a todas las formas en que los organismos pueden mediar o moderar el ambiente que afecta el bienestar humano y, por último, los servicios ecosistémicos culturales se refiere a todos los resultados no materiales y normalmente no consuntivos, de los ecosistemas que afectan física y mentalmente a las personas

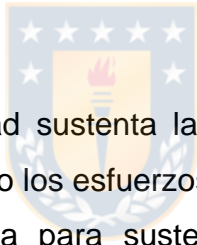


**Tabla 1.** Clasificación de Servicios Ecosistémicos.

<b>Categoría</b>	<b>División</b>	<b>Clase</b>
<b>Provisión</b>	Nutrición	Biomasa
		Agua
	Materiales	Biomasa, fibra
		Agua
	Energía	Fuente de energía de biomasa.
		Energía mecánica
<b>Regulación y mantención</b>	Mediación de residuos, sustancias tóxicas y otras molestias	Mediación vía biota
		Mediación vía ecosistemas
	Mediación de flujos	Flujos de masa
		Flujos líquidos
		Flujos gaseosos/aire
	Mantenimiento de las condiciones físicas, químicas, biológicas	Mantención de ciclo de vida, hábitat y protección de material genético
		Control de plagas y enfermedades

		Composición y formación del suelo
		Condiciones del agua
		Regulación del clima y la composición
<b>Cultural</b>	Interacciones físicas e intelectuales	Interacciones físicas y experienciales
		Interacciones intelectuales y de representación
	Interacciones de tipo espiritual, simbólica y otras	Espiritual o emblemáticas
		Otros productos culturales

Fuente: Cerda et al. (2015) en base a Haines-Young & Potschin (2010.a).



A pesar que la biodiversidad sustenta la mayoría de los ecosistemas y sus servicios, lo que ha justificado los esfuerzos de conservación de la biodiversidad es debido a su importancia para sustentar los medios de vida humanas presentes y futuras (Díaz et al., 2006; De Groot et al., 2012), la pérdida y degradación de la biodiversidad, sumada al cambio climático, son las mayores crisis ambientales que enfrenta el planeta y la humanidad (IPBES, 2019), viéndose documentado desde el 2005 que más del 60% de los servicios de los ecosistemas se estaban deteriorando o que ya se usaban en exceso (MEA, 2005).

## 1.2. Infraestructura Ecológica

Los ecosistemas son una infraestructura o base natural de soporte de la sociedad, que cumple una serie de funciones que se traducen en servicios ecosistémicos y que en la actualidad se encuentra amenazada por presiones

antrópicas como resultado de los procesos de uso, ocupación y apropiación del territorio (Márquez y Valenzuela, 2008), por lo que conocer dónde y qué tipo de esfuerzos deben realizarse es fundamental para una conservación territorial efectiva de la biodiversidad y, de esta manera asegurar la provisión de servicios ecosistémicos mediante la identificación y espacialización de las zonas destinadas a protección, restauración y uso sustentable de la biodiversidad, es decir, la espacialización de la infraestructura ecológica y su incorporación en el ordenamiento territorial y otros instrumentos de planificación.

Una herramienta para la gestión de la biodiversidad es la Infraestructura Ecológica o Infraestructura Verde (IE), que corresponde a “un sistema de soporte de vida natural, con una red interconectada de cursos de agua, humedales, bosques, hábitats de vida silvestre y otras áreas naturales; vías verdes, parques y otras tierras de conservación y territorios con producción silvoagropecuaria sustentable, que mantienen los procesos ecológicos naturales, conservan los recursos de agua y aire y contribuyen a la salud y calidad de vida de las comunidades y pueblos” (Benedict y McMahon, 2002). Por su parte, Mander et al. (2018) plantean que la IE es una red de áreas naturales y seminaturales con características ambientales que está diseñada y gestionada para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos. Y, tiene como objetivo principal proveer la conectividad estructural y funcional, necesaria para asegurar el flujo de genes, especies, de materia y energía dentro y entre los ecosistemas, tanto dentro como fuera de las áreas protegidas (Celis et al., 2017).

Para el desarrollo de esta infraestructura se debe tener en cuenta los elementos naturales presentes y hacer una evaluación del impacto y de las fortalezas dentro de los escenarios. Si se habla de los beneficios de la infraestructura, se puede entender que esta ayudará a mantener en buen estado los ecosistemas, además que permite el mantenimiento de la biodiversidad (Lancheros, 2017).

La planificación espacial integrada para mantener una infraestructura ecológica funcional de coberturas representativas de la tierra, es decir, sistemas biofísicos bajo diferentes usos de la tierra es la base para mantener los servicios de los ecosistemas. Esto requiere no sólo el conocimiento sobre las condiciones de referencia deseadas, los datos de cobertura de la tierra y las herramientas de planificación, sino también la participación de las partes interesadas que representan a los sectores público, privado y civil en múltiples niveles (Elbakidze et al., 2013).

Las estrategias de la IE buscan un entendimiento entre las funciones ecológicas, sociales y económicas que brindan los sistemas naturales, esto con la finalidad de lograr un uso más eficiente y sustentable del territorio en la escala local, urbana y regional (Suárez et al., 2011). Desde el punto de vista conceptual, la planeación y el manejo de redes de la IE puede convertirse en la guía hacia la creación de nuevos espacios abiertos, relacionados a la conservación, la recreación y otros futuros usos humanos que fomenten y tomen en cuenta la sustentabilidad territorial, identificando prioridades al corto, mediano y largo plazo. (Benedict y McMahon, 2006).

### **1.3. Marco Nacional**

La particular geomorfología que caracteriza a nuestro país, determina a nivel latitudinal y altitudinal, la existencia de franjas longitudinales que representan zonas ecológicas y geomorfológicas diferentes, que a su vez determinan la existencia de una gran heterogeneidad de hábitats en los que los organismos se han adaptado y evolucionado (Ormazábal, 1993; Gajardo, 1994). La presencia a lo largo de todo el territorio de la Cordillera de los Andes, extendiéndose por más de 4,000 Km, ejerciendo un severo efecto de sombra de lluvias en los sistemas climáticos del continente, aislando y singularizando la

flora y vegetación (Villagrán et al., 2005). A lo largo de la costa Pacífica de Sudamérica, el efecto orográfico se manifiesta en un marcado límite biogeográfico alrededor de los 30° S, con bosques subtropicales y templado-lluviosos, que se extienden hasta el extremo sur del territorio chileno y semidesiertos y desiertos hiperáridos, que se distribuyen hacia el norte hasta cerca del ecuador (Villagrán, 2018).

Debido al alto endemismo y las presiones sobre el hábitat de las especies Chile central- mediterráneo, el bosque templado-lluvioso valdiviano y la Cordillera de Los Andes de las Regiones de Antofagasta y Atacama forman parte de los sitios más importantes a nivel mundial por su biodiversidad y se han denominado puntos calientes o “hotspots” de la diversidad biológica global (CONAMA, 2009). Los hotspot de biodiversidad con prioridad de conservación se definen como regiones donde se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas -equivalente al 0,5 por ciento del total de plantas vasculares en el mundo-, una alta proporción de vertebrados endémicos y en donde el hábitat original ha sido fuertemente impactado por las acciones del hombre (Myers et al., 2000). En la actualidad se han definido 35 hotspots a nivel mundial, entre los cuales se encuentra el denominado hotspot «Chilean winter rainfall-Valdivian forests» se caracteriza por albergar un total de 3.893 especies de plantas vasculares nativas, el 50% de ellas endémicas del propio hotspot y contener más de la mitad de los bosques templados del hemisferio sur (Mittermeier et al., 2011). El hotspot chileno, según su definición actual (Arroyo et al., 2004), se extiende desde la costa del Pacífico hasta las cumbres andinas entre los 25 y 47°S, incluyendo la estrecha franja costera entre los 25 y 19°S, más las islas de Juan Fernández y, una pequeña área de bosques adyacentes de Argentina.

Las amenazas a la biodiversidad del hotspot chileno son la degradación del hábitat original, la expansión de las plantaciones forestales en Chile central, los

incendios forestales, el sobrepastoreo, la dispersión de especies exóticas y la comercialización de especies nativas (Armesto et al., 1998; Arroyo et al., 2000). Además, el régimen natural de perturbaciones (“gaps” producidos por la caída de grandes árboles, corrimientos de tierra, inundaciones, incendios, etc.) da lugar a cambios continuos en la estructura del territorio generando un paisaje heterogéneo (Hansson et al., 1995). Si bien estos fenómenos naturales han producido alteraciones y/o pérdida de biodiversidad, la realidad es que, la pérdida de la biodiversidad producida por el crecimiento demográfico, la demanda por recursos y la actividad productiva es contradictoria con el reconocimiento de su importancia.

Existe un amplio consenso científico que la pérdida de biodiversidad es un desafío ambiental global (Dawson et al., 2011). La biodiversidad tiene implicaciones ecológicas sustantivas a la hora de comprender el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, en la generación de los recursos y servicios que son cruciales para la existencia humana (Tommasino et al., 2001). Por otro lado, las implicaciones económicas son trascendentes cuando se discuten las causas económicas de la pérdida de biodiversidad, se valoran económicamente sus cambios y se visualiza su papel en la estrategia de desarrollo sustentable (Toledo, 1998). Debido a que toda actividad humana depende en su base de los ecosistemas y de los flujos de bienes y servicios que proveen (Heal, 2000) y, por lo tanto, la extinción de especies y el deterioro de los ecosistemas están inevitablemente ligados al bienestar del ser humano, por ello, es apremiante que se desarrollen estrategias para evitar la degradación de los ecosistemas (Comisión Europea, 2014).

El principal mecanismo para la conservación de la biodiversidad a nivel país es el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), sin embargo, la inadecuada cobertura, limitado presupuesto para el SNASPE y

problemas en sus límites administrativos amenazan la capacidad de conservar la biodiversidad en el hotspot (Pauchard y Villarroel, 2002).

Las Áreas Protegidas abarcan una superficie de aproximadamente 18,6 millones de hectáreas, las cuales se distribuyen en un total de 105 unidades emplazadas en diferentes tipos de ecosistemas. No obstante, la distribución geográficamente heterogénea y sesgada de las áreas protegidas, que se caracteriza por el déficit de representación en la zona centro del país, el desbalance entre la sobreprotección de los ecosistemas del extremo sur y el resto del territorio determina que muchas especies y ecosistemas no estén protegidos en alguna de sus áreas (Mella y Simonetti, 1994; Pliscoff y Fuentes, 2008). En el caso de los ecosistemas terrestres con menor representación en el SNASPE son los mediterráneos y áridos, que poseen una gran parte de los endemismos y la diversidad biológica del país (Pauchard, 1999).

Según el Ministerio del Medio Ambiente (2018), en los últimos 20 años (1992 y 2012), se han identificado ecosistemas que han perdido alrededor de un 26% de su superficie dentro de este período. El estudio de Heilmayr et al. (2016) reportó que el periodo de 1986-2011 se produjo una conversión significativa de bosques nativos a plantaciones 14.3, 12.6 y 11.1% de los bosques en Maule, Biobío y La Araucanía, respectivamente. A pesar de esto, la deforestación nativa disminuyó del 0,5% (1986- 2001) al 0,1% (2001-2011) lo cual sugiere que las plantaciones están comenzando a aliviar la presión sobre los bosques nativos.

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

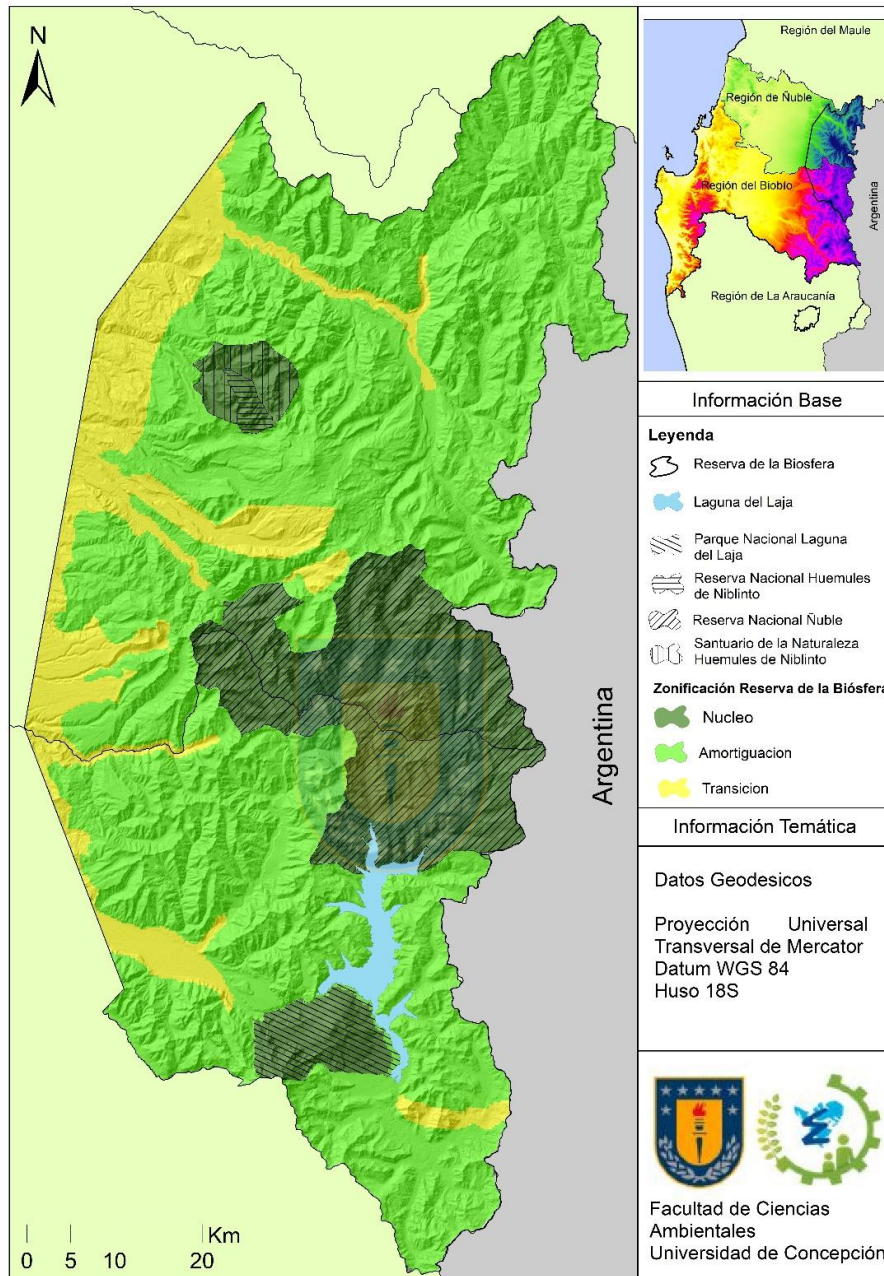
El 29 de junio del año 2011 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró 18 nuevas Reservas de la

Biosfera en el mundo, de las cuales una correspondía a Sudamérica: El Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja (Figura 2). La Reserva de la Biósfera (RB) se ubicada entre las Regiones de Ñuble y Biobío, específicamente entre el paralelo 36° 20' y 37° 40' latitud sur y los 71° 07'y 71° 40' longitud oeste, en la parte norte de la Patagonia dentro de la ecoregión de los Bosques Templados Valdivianos de Chile. Es un hotspot de alta biodiversidad y zona de transición vegetacional donde confluyen ecosistemas de la ecoregión del bosque esclerófilo de la zona central y del bosque templado austral en una zona que presenta alta densidad poblacional y fragmentación ambiental, a raíz de intervenciones para la agricultura, ganadería y silvicultura intensiva (CONAF, 2015). Desde el punto de vista climático, el territorio de la Reserva está en la 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).

La RB utiliza los límites administrativos y geográficos de un área de protección cordillerana existente en la zona, declarada por los Decretos Supremos N°295 de 1974 y N°391 de 1978 del Ministerio de Agricultura, cuya finalidad es resguardar importantes cuencas hidrográficas que constituyen la base del potencial hidroeléctrico del país, proteger los últimos recursos de flora y fauna de la zona, preservar las bellezas escénicas, evitar la destrucción de los suelos y custodiar los sectores donde habitan las especies más representativas (San Martín, 2014). Uno de los principales símbolos de esta zona corresponde al hábitat más septentrional del huemul (*Hippocamelus bisulcus*), especie en peligro de extinción dado el alto grado de fragmentación, reducido tamaño y aislamiento de sus hábitats. Además, es un lugar con alto endemismo de aves, concentración de plantas vasculares y de bosque nativo, destacando dentro de esto último la presencia de la especie de roble (*Nothofagus macrocarpa*) (Vila et al., 2006).

Según el censo del año 2017, las ocho comunas cuyos territorios participan en la Reserva de la Biósfera poseen un total de 98.502 habitantes y corresponden 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 actividades económicas preponderantes son la ganadería, la agricultura, los cultivos forestales industriales, un manejo extensivo de sus bosques naturales y el turismo orientado a naturaleza, deportes invernales y el turismo rural. El territorio es foco de desarrollo de proyectos de generación de energía, riego y viales que tensionan su gestión sustentable (CONAF, 2015).





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

Fuente: Elaboración propia.

## 1.5. Características de una Reserva de la Biósfera

Las Reservas de la Biósfera deben cumplir con tres funciones básicas, a través de estas funciones, las Reservas de la Biosfera contribuyen a: 1) mantener la diversidad biológica y cultural; 2) desarrollar formas de uso como regiones modelo de sustentabilidad; 3) lograr nuevas modalidades de participación de grupos de interés local en la toma de decisiones; 4) generar las condiciones adecuadas para la investigación, la observación y educación ambiental, así como para la formación y capacitación para el desarrollo sustentable; 5) mejorar el intercambio de experiencias a escala global. Estas funciones son:

- Las zonas núcleo sirven para la protección de la naturaleza bajo un esquema tradicional. Su objetivo es el de conservar los hábitats naturales y la intervención humana se permite de manera muy limitada. Son territorios que cuentan con la protección legal, dedicados a la protección a largo plazo (Borsdorf y Araya, 2014). En el caso de la Reserva de la Biósfera se encuentra conformada por Parque Nacional Laguna del Laja, Reserva Nacional Ñuble, Santuario de la Naturaleza los Huemules de Niblinto y Reserva Nacional Huemules de Niblinto. Comprenden un 17% del territorio de la Reserva y corresponde a 96.843 ha (Borsdorf et al., 2014)
- Zona de amortiguación, es el territorio que rodea o deslinda a los núcleos. Estas unidades núcleo están rodeadas por una zona de amortiguación de 395.010 ha (Borsdorf et al., 2014). Se pueden desarrollar actividades y aprovechamientos tales como la ganadería, la agricultura, uso forestal, el turismo, pudiendo en general considerarse todo tipo de actividades en la medida que no afecten la zona núcleo (Borsdorf y Araya, 2014).

- La tercera zona, de transición, es contigua a su vez a la zona de amortiguación y está enfocada al uso múltiple. A través de la categoría de transición se reconoce la estructura y funcionalidad que la ocupación humana tiene en su espacio, considera actividades productivas que deben desarrollarse bajo un enfoque de sostenibilidad y se aceptan áreas urbanizadas. El área que comprende dentro de la Reserva de la Biosfera es de 73.954 ha y corresponden al 13% de su territorio (Borsdorf y Araya, 2014; Borsdorf et al., 2014),

Debido a las diversas presiones antrópicas que se desarrollan en la Reserva de la Biósfera el desarrollo de un diseño de infraestructura ecológica permitirá la integración de la biodiversidad al ser un insumo clave en los planes e instrumentos de gestión. Desde el punto de vista territorial, al menos son dos los temas que necesitan ser trabajados en la gestión territorial: garantizar el espacio para las funciones ecosistémicas, que tienen un importante patrón norte – sur y modificar los patrones culturales y espaciales con los que se despliega la actividad humana en el territorio (Borsdorf et al., 2014)

Si bien, este trabajo no abordará qué medidas se deben implementar para el desarrollo de la infraestructura, facilita conocer dónde deben realizarse esfuerzos para una conservación de la biodiversidad, mediante la espacialización de áreas de conservación, restauración y la oferta de servicios ecosistémicos. Yu (2012) plantea que, si las sociedades quieren prosperidad a largo plazo, deben diseñar y establecer sus infraestructuras ecológicas, integrándolas en varias escalas espaciales.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Desarrollo de un diseño de infraestructura ecológica para la conservación, provisión de servicios ecosistémicos y conectividad en el Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar espacialmente las áreas de valor de biodiversidad.
2. Determinar espacialmente la oferta potencial de servicios ecosistémicos.
3. Identificar zonas de restauración ecológica.
4. Determinar espacialmente la infraestructura ecológica.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Determinación de las áreas de valor de biodiversidad

A partir de la base de selección y sistematización de criterios para biodiversidad ya revisados en el proceso de Planificación Ecológica de la Región del Maule (Laboratorio de Ecología de Paisaje, Universidad de Concepción, 2018), se seleccionaron los criterios (Tabla 2) considerando la información geoespacial disponible y relevancia, adecuando las métricas correspondientes para el área de estudio.

**Tabla 2.** Criterios, indicadores, métricas seleccionadas para identificar áreas de valor de biodiversidad del área de estudio.

Criterio	Indicador	Métrica	Descripción
<b>Representatividad</b>	Diversidad de ecosistemas naturales	Áreas con alta diversidad de ecosistemas terrestres	Área >1 ha de parches de ecosistemas terrestres en los que se contabilizó el número de pisos vegetacionales presentes
<b>Complementariedad</b>	Ecosistemas no representados en SNASPE	Áreas de ecosistemas no representados en SNASPE	Área >1 ha de parches de ecosistemas naturales terrestres en los que se contabilizó el número de pisos vegetacionales no considerados en SNASPE
<b>Irreemplazabilidad</b>	Distribución marginal de flora y fauna	Áreas de distribución marginal de una especie de flora amenazada	Área >1 ha con presencia de especie de flora amenazada cuya localidad o subpoblación corresponde a la distribución más extrema (norte o sur)
		Áreas de distribución marginal de una especie de fauna amenazada	Área >1 ha con presencia de especie de fauna amenazada cuya localidad o subpoblación corresponde a la distribución más extrema (norte o sur)
	Ecosistemas naturales con	Ecosistemas naturales* con	Área >1 ha de ecosistemas terrestres

	especies amenazadas	riqueza de especies de flora endémica y amenazada	naturales en la que se contabiliza el número de especies de flora endémica y amenazada
		Ecosistemas naturales con riqueza de especies de fauna endémica y amenazada	Área >1 ha de ecosistemas terrestres naturales en la que se contabiliza el número de especies de fauna endémica y amenazada
<b>Amenaza</b>	Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos	Distancia a zonas afectadas por incendios de baja y media severidad según De la Barrera et al. 2018	Distancia euclidiana a áreas quemadas de severidad baja y media
		Distancia a ciudades o centros poblados	Distancia euclidiana a centros urbanos definidos por el MOP
		Distancia a proyectos SEIA	Distancia euclidiana a proyectos SEIA identificados en la base de datos del SEA
		Distancia a caminos	Distancia euclidiana a caminos principales y secundarios según el MOP
<b>Vulnerabilidad</b>	Ecosistemas naturales fragmentados	Ecosistemas naturales en proceso de fragmentación	Índice de fragmentación estimado a partir de "forest area density" (FAD) mediante Guidos 2.4

\*: Ecosistemas naturales: cuerpos de agua, matorral, bosque, humedales, escoriales altoandinos, otros.

Fuente: Modificado a partir de Laboratorio de Ecología de Paisaje, Universidad de Concepción, 2018.

Debido a que los criterios que determinan las áreas de valor de biodiversidad no tienen el mismo grado de importancia relativa, se trabajaron y ajustaron según los indicadores utilizados previamente, es decir, las ponderaciones (Tabla 3) descritas en la Planificación ecológica de la Región del Maule (Laboratorio de Ecología de Paisaje, Universidad de Concepción, 2018), donde se consultó a 13 expertos a quienes se les aplicó una encuesta de asignación de pesos entre indicadores, utilizando el Método de Análisis Jerárquico propuesto por Saaty

(1980). Se trata de un procedimiento de comparación por pares de variables, que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de variables a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre pares de variables, comparando la importancia de cada una de ellas con los demás. Posteriormente, se establece el eigenvector principal, el cual establece los pesos, que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de variables (Saaty, 1980; Gómez y Cabrera, 2008). Los valores oscilan entre 0 y 1, mientras más cercano a la unidad más importancia tiene el indicador frente a otro.

**Tabla 3.** Pesos de ponderación por indicador de áreas de valor de biodiversidad.

Indicador	Peso (W)
Diversidad de ecosistemas	0.10
Ecosistemas no representados en SNASPE	0.12
Distribución marginal de flora y fauna	0.2
Ecosistemas naturales con especies amenazadas	0.39
Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos	0.07
Ecosistemas naturales Fragmentados	0.12

Fuente: Modificado a partir de Laboratorio de Ecología de Paisaje, Universidad de Concepción (2018)

Para la utilización de estos valores, cada criterio fue espacializado en formato ráster con tamaño de píxel de 12.5x12.5 m y, estandarizados para que sean comparables entre sí, debido a que el rango de los valores finales de cada indicador es diferente. Para ello se realizó un ajuste del tipo lineal, utilizando un rango de estandarización de 1000. La fórmula del ajuste de tipo lineal es la siguiente (Eastman, 1999):

$$f_i = \frac{v_i - v_{min}}{v_{max} - v_{min}} \times C$$

$f_i$  es el valor de la celda i en el factor considerado,

$v_i$  es el valor de la celda i en la variable,

$v_{max}$  y  $v_{min}$  son los valores máximo y mínimo de la variable

c rango de estandarización.

De esta forma, se obtiene la siguiente ecuación para determinar las áreas de alto valor de biodiversidad:

$$AVB = \sum_{i=1} W_i * Indicador_i$$

Cada cobertura fue estandarizada según las siguientes especificaciones utilizando el software ArcGIS 10.3:

- Proyección: Universal Transversal de Mercator (UTM).
- Datum: World Geodetic System 1984 (WGS 84).
- Huso: 18 Sur.

Los datos necesarios para la espacialización mediante el análisis SIG, de cada uno de los criterios seleccionados se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Datos espaciales colectados para el análisis SIG.

Cobertura	Fuente
Modelo digital de terreno	Centro de Ciencias Ambientales EULA
Catastro de recursos vegetacionales nativos	CONAF
Áreas Silvestres Protegidas del Estado	IDE
División política administrativa del país	IDE
Especies amenazadas	Inventario nacional de especies de Chile GBIF UICN iNaturalist Royal Botanic Garden Edinburgh

	Tropicos.
Severidad de incendios	IALE
Centros urbanos	MOP
Punto de presencia proyectos SEIA	SEA IDE Energía
Red vial	MOP-IDE

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se utilizó información proveniente de la clasificación biogeográfica de pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2006) como descriptor de ecosistemas terrestres. Esta clasificación identifica y describe 127 unidades vegetacionales para todo el territorio continental de Chile, definidos como pisos vegetacionales que son: “espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio - temporal específica” (Luebert y Pliscoff, 2006).

En el caso del área de estudio, la asignación de pisos vegetacionales se realizó a partir de las especies dominantes que caracterizan cada superficie, dicha información se encuentra en el Catastro de recursos vegetacionales nativos de CONAF del año 2015.

Por otro lado, las especies en categoría de conservación también adquieren relevancia debido a que estas poseen algún grado de amenaza, razón por la que tienen una mayor probabilidad de extinguirse. Por este motivo, de presentarse algún tipo de alteración en el ecosistema estas resultan ser las especies más afectadas (González et al., 2014). En el caso de las especies amenazadas que se encuentran en la Reserva de la Biósfera, se utilizó la información proveniente del proceso más actual del RCE en donde están evaluadas las especies amenazadas oficializadas por decreto, obtenidos de acuerdo con el D.S. N°29, de 2011. Donde se entiende como “especies en

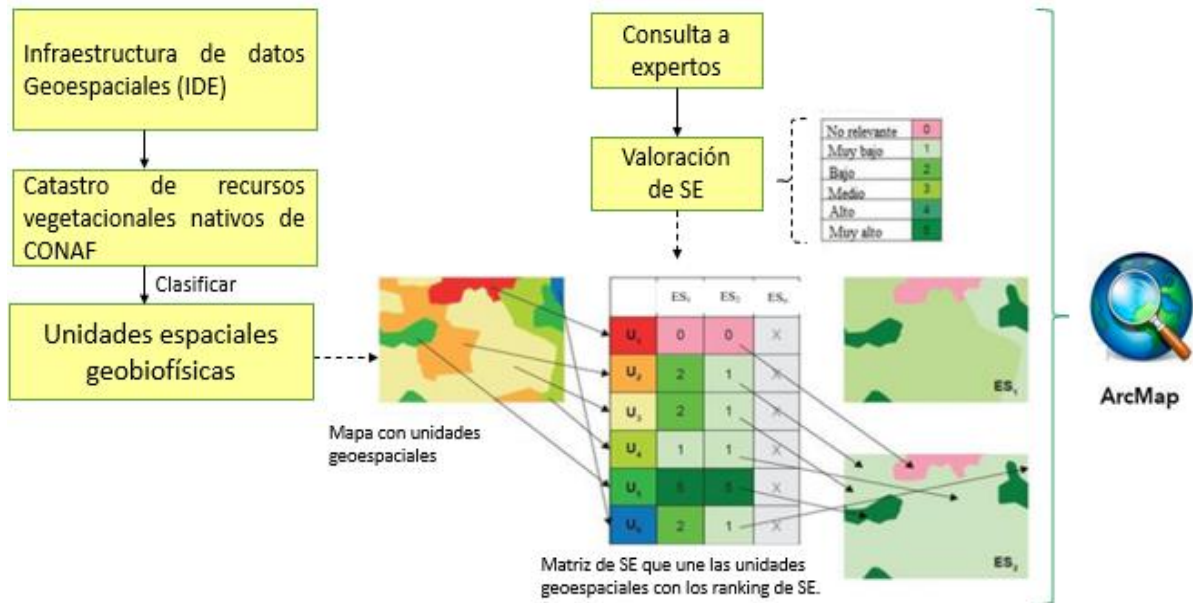
categoría de conservación” a aquellas especies clasificadas en la legislación nacional, se consideraron los siguientes listados y sus procesos 1º al 16º oficializados a través de los D.S. N°151/2006, D.S. N°50/2008, D.S. N°51/2008 y D.S. N°23/2009 del MINSEGPRES; y D.S. N°33/2012, D.S. N°41/2012, D.S. N°42/2012, D.S. N°19/2012, D.S. N°13/2013, D.S. N°52/2014, D.S. N°38/2015, D.S. N°16/2016 y D.S. N°06/2017 del MMA, D.S. N° 79/2018, D.S. N° 23/2019, D.S. N° 16/2020 del MMA, respectivamente.

También se incluyó las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN que tienen la intención de ser un sistema de fácil comprensión para clasificar especies en alto riesgo de extinción global con el fin de generar una estructura objetiva y explícita para la clasificación de la gama más amplia de especies según su riesgo de extinción (IUCN, 2001).

### **3.2. Identificación de áreas de oferta potencial de servicios ecosistémicos**



La evaluación de SE empleada fue la implementada en el proyecto “Diseño de una Infraestructura Ecológica para la Región del Biobío”, la cual se basó en el método de mapeo con enfoque de “matriz”, que vincula SE con unidades espaciales geobiofísicas (Burkhard et al., 2014, Figura 3), mediante la consulta a experto para cuantificar la capacidad u oferta potencial que provee cada unidad, en una escala de 0 a 5 (No relevante a muy alto). Una vez realizada la evaluación, se promedia entre todas las respuestas y se obtiene un valor para cada unidad que es aplicado a cada uno de los ecosistemas que se identificaron.



**Figura 3.** Matriz de transferencia-beneficio de Bukhard.

Fuente: Modificado a partir de Burkhard y Maes (2017).

Como se muestra en la Figura 3, consiste en una matriz de doble entrada, el eje “y” corresponde a las unidades geoespaciales relevantes como símiles a ecosistemas y, el eje “x” corresponde a los servicios ecosistémicos que provee el ecosistema. Para “construir” la matriz se utilizaron y modificaron las descripciones de ecosistema definidos en el proyecto “Diseño de una Infraestructura Ecológica para la Región del Biobío” (Tabla 5), para esto se utilizó el Catastro de los recursos vegetacionales nativos (2015) para identificar y clasificar los ecosistemas descritos en el proyecto. Asimismo, la selección, evaluación y valoración de SE fue obtenida del mismo proyecto, donde se utilizó la clasificación internacional de SE CICES compuesta por servicios ecosistémicos de regulación, provisión y culturales. Finalmente, mediante el uso del software ArcGIS se realizó una unión espacial de los ecosistemas y valores de SE aportado por los expertos, de este modo se obtiene un mapa que permite conocer los ecosistemas capaces de ofrecer mayor o menor cantidad de SE.

**Tabla 5.** Ecosistemas para valorar su capacidad de proveer servicios.

Ecosistema	Descripción
Estepa andina	Praderas y terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación.
Matorral siempreverde	Matorrales dominados por especies siempreverde.
Matorral caducifolio	Matorrales dominados por especies caducifolias.
Bosque siempreverde esclerófilo	Bosques dominados por especies tales como <i>Criticaria alba</i> , <i>Quillaja saponaria</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Peumus boldo</i> , <i>Aextoxicon punctatum</i> , <i>Maytenus boaria</i> , entre otras.
Bosque siempreverde latifoliado	Bosques siempreverde sin presencia de especies esclerófilas.
Bosque siempreverde dominado por coníferas	Bosques dominados por las coníferas <i>Araucaria araucana</i> , <i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Podocarpus salignus</i> , <i>Prumnopitys andina</i> o <i>Ephedra chilensis</i> .
Bosque caducifolio	Bosques dominados por especies caducifolias tales como <i>Nothofagus antártica</i> , <i>Nothofagus obliqua</i> , <i>Nothofagus alpina</i> o <i>Nothofagus glauca</i> .
Cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas o embalses)	Cuerpos de agua terrestres permanentes.
Ecosistemas ribereños (vegetación ribereña y cajas de ríos)	Ecosistemas con vegetación localizados a menos de 15m desde el borde de la caja de río.
Ecosistemas telmáticos (turberas, bofedales, vegas y marismas)	Ecosistemas acuáticos y semi-acuáticos terrestres con vegetación.
Ecosistema andino subnival	Ecosistemas con vegetación achaparrada.
Ecosistemas glaciales	Glaciares y nieve.
Ecosistemas sobre corridas de lava y escoriales	Ecosistemas andinos dominados por suelos rocosos y arenosos.
Ecosistemas agrícola intensivos	Ecosistemas destinados a fines agrícolas de manera permanente.
Ecosistemas invadidos por especies exóticas	Ecosistemas dominados por especies exóticas tales como <i>Rosa moschata</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> , <i>Taraxacum officinalis</i> , <i>Juncus pp</i> , <i>Poa annua</i> , entre otras.
Plantaciones de latifoliadas exóticas	Plantaciones dominadas por especies del género <i>Eucalyptus</i> , <i>Populus</i> , <i>Acacia</i> , etc.

Plantaciones de coníferas exóticas	Plantaciones de monocultivos dominadas por especies del género <i>Pinus</i> , <i>Cupressus</i> , etc.
Ecosistemas urbanos	Centros poblados e infraestructura.

Fuente: Modificado a partir del proyecto “Diseño de una Infraestructura Ecológica para la Región del Biobío” (2016).

### 3.3. Identificar zonas de restauración ecológica

Para identificar las zonas con prioridad de restauración, se utilizaron los indicadores y criterios identificados en el proyecto “Diseño de una Infraestructura Ecológica para la Región del Biobío” adecuados para el área de estudio de acuerdo con la disponibilidad de información.

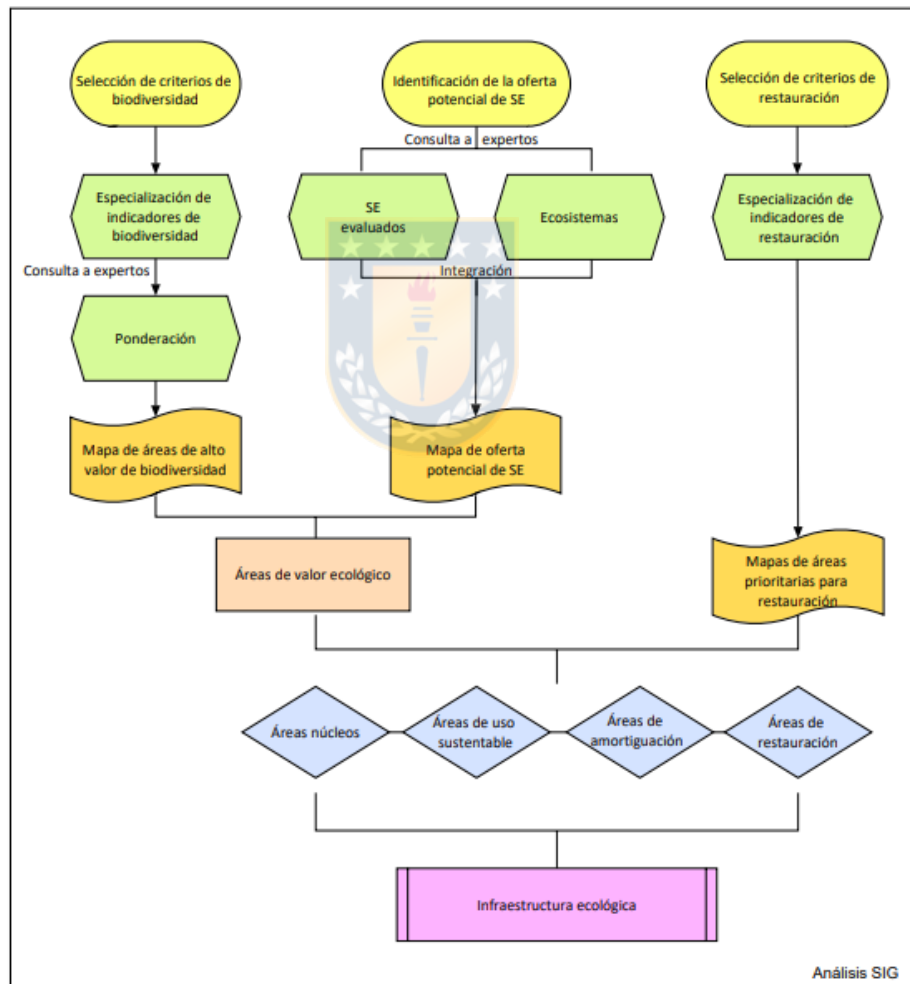
**Tabla 6.** Criterios, indicadores, métricas seleccionadas para identificar áreas de valor de biodiversidad del área de estudio.

Criterio	Descripción	Métrica
<b>Pérdida de procesos hidrológicos clave</b>	Ausencia de ecosistemas naturales ribereños	Zonas ribereñas sin vegetación nativa (Buffer 60m)
	Ausencia de bosques nativos en cabecera de la cuenca	Cabeceras de sub-subcuencas sin cobertura de bosques nativos (Sección alta según perfil longitudinal)
<b>Especies en riesgo de extinción</b>	Especies amenazadas	Presencia de especies en categoría de conservación (VU, EN, CR) en áreas con usos antrópicos.
<b>Fragmentación</b>	Fragmentación de ecosistemas naturales	Parches de bosque nativo de pequeño tamaño (<100 ha) y sometido a efecto borde (alto contaste)

Fuente: Modificado a partir de “Diseño de una Infraestructura Ecológica para la Región del Biobío”.

### 3.4. Determinar espacialmente la infraestructura ecológica

La infraestructura ecológica corresponde a la integración de las áreas de valor ecológico que corresponde a los valores más altos de AVB y SE identificados previamente. El segundo componente corresponde a las áreas prioritarias de restauración. Mediante el uso del software ArcGIS, se realiza una integración de los mapas obtenidos en las secciones anteriores (Figura 4).



**Figura 4.** Modelo conceptual para la identificación y obtención de los componentes que conforman la Infraestructura ecológica.

Fuente: Elaboración propia.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación espacial de las áreas de alto valor de biodiversidad

#### 4.1.1. Representatividad

En el caso del Criterio de Representatividad, se expresa como áreas con alta diversidad de ecosistemas terrestres, se construye de acuerdo con el número total de pisos vegetacionales presentes en cada ecosistema de área mayor a 1ha (Figura 5).

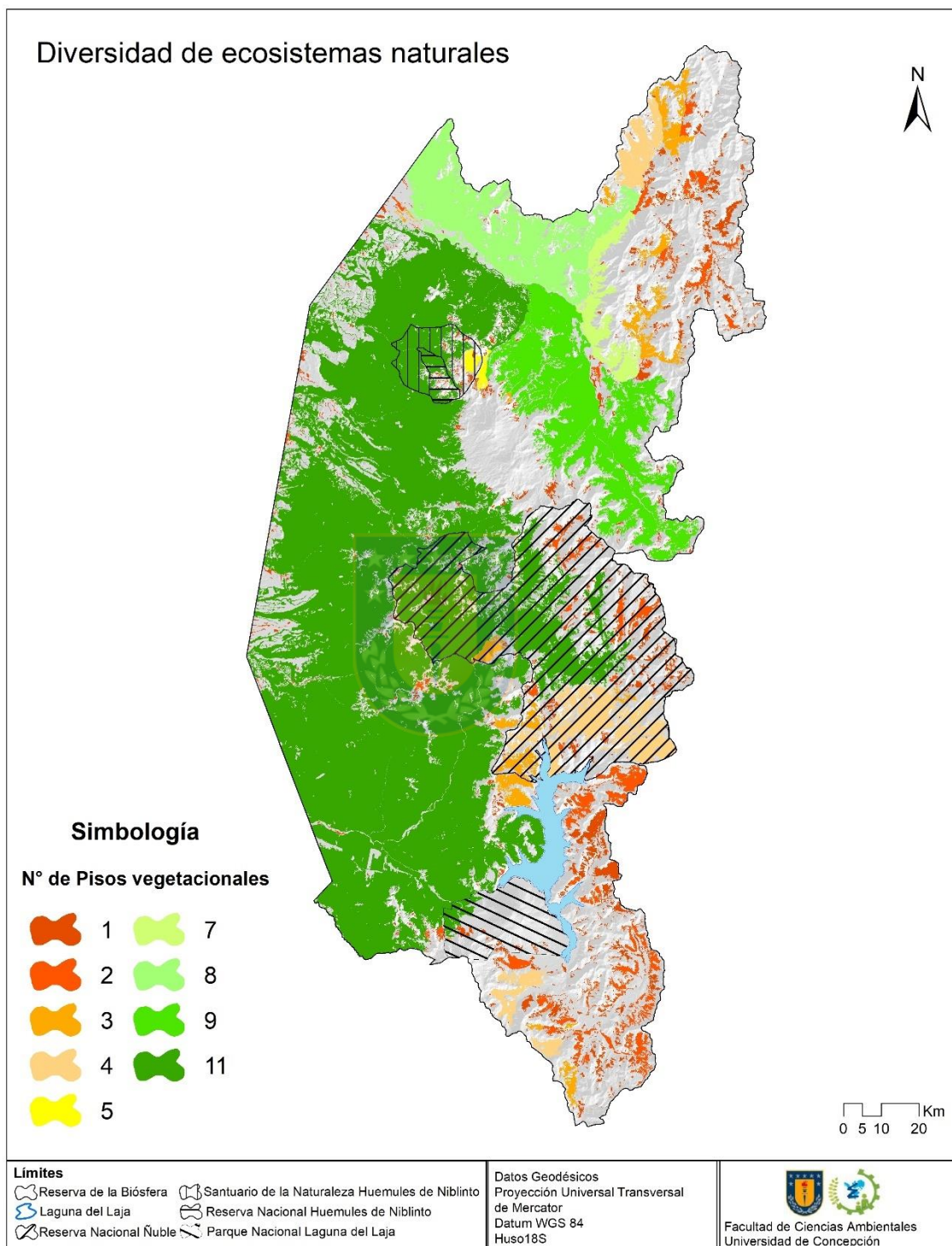
A partir del Catastro de los recursos vegetacionales nativos (2015), se obtuvieron 1.454 parches de ecosistemas terrestres con un área mayor a 1ha (Tabla 8); identificándose un total de 12 pisos vegetaciones en la Reserva de la Biósfera, los cuales se encuentran agrupados en torno a 4 formaciones vegetales dominantes (Tabla 7).

**Tabla 7.** Pisos vegetacionales identificados en la Reserva de la Biósfera Nevados de Chillán-Laguna Laja.

Formación	Piso vegetacional	Área (ha)
Bosque esclerófilo	Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Peumus boldus</i>	39
Bosque caducifolio	Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Cryptocarya alba</i>	5.946
	Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Austrocedrus chilensis</i>	38.206

	Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Nothofagus obliqua</i>	4.932
	Bosque caducifolio templado de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Persea lingue</i>	4.788
	Bosque caducifolio templado de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Laurelia sempervirens</i>	6.456
	Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> y <i>Nothofagus obliqua</i>	34.528
	Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> y <i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	55.714
	Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>Nothofagus obliqua</i>	104.488
	Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>Azara alpina</i>	81.352
Bosque siempreverde	Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus dombeyi</i> y <i>Gaultheria phillyreifolia</i>	73
Matorral bajo	Matorral bajo templado andino de <i>Discaria chacaye</i> y <i>Berberis empetrifolia</i>	137

Fuente: Elaboración propia en base a Luebert y Pliscoff (2006).



**Figura 5.** Mapa criterio de Representatividad.  
 Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

**Tabla 8.** Síntesis de la diversidad de ecosistemas terrestres.

N° de parches	N° de Pisos	Área total (ha)	% con respecto a la Superficie de la RB
1.321	1	14.378	2,5
102	2	13.109	2,3
21	3	9.527	1,7
5	4	14.443	2,5
1	5	836	0,1
1	7	5.407	0,9
1	8	23.545	4,1
1	9	32.298	5,6
1	11	223.073	39

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

Como se muestra Figura 5 y Tabla 8, el área con mayor diversidad, según el criterio de representatividad, abarca 39% del área total de la reserva. En el caso contrario, en las laderas altas de la cordillera de los Andes y al límite con Argentina, es posible observar principalmente parches segregados debido a la presencia de estepa andina o afloramientos rocosos, donde se pudo contabilizar 1 o 2 pisos vegetacionales, parches donde predominan especies como *Nothofagus pumilio* y *antártica*.

#### 4.1.2. Complementariedad

La Complementariedad, se expresa como áreas de ecosistemas terrestres no representados en SNASPE, se construye de acuerdo con el número total de

pisos vegetacionales no considerados en SNASPE y que se encuentran presentes en cada parche de ecosistema terrestre de área mayor a 1ha (Figura 6).

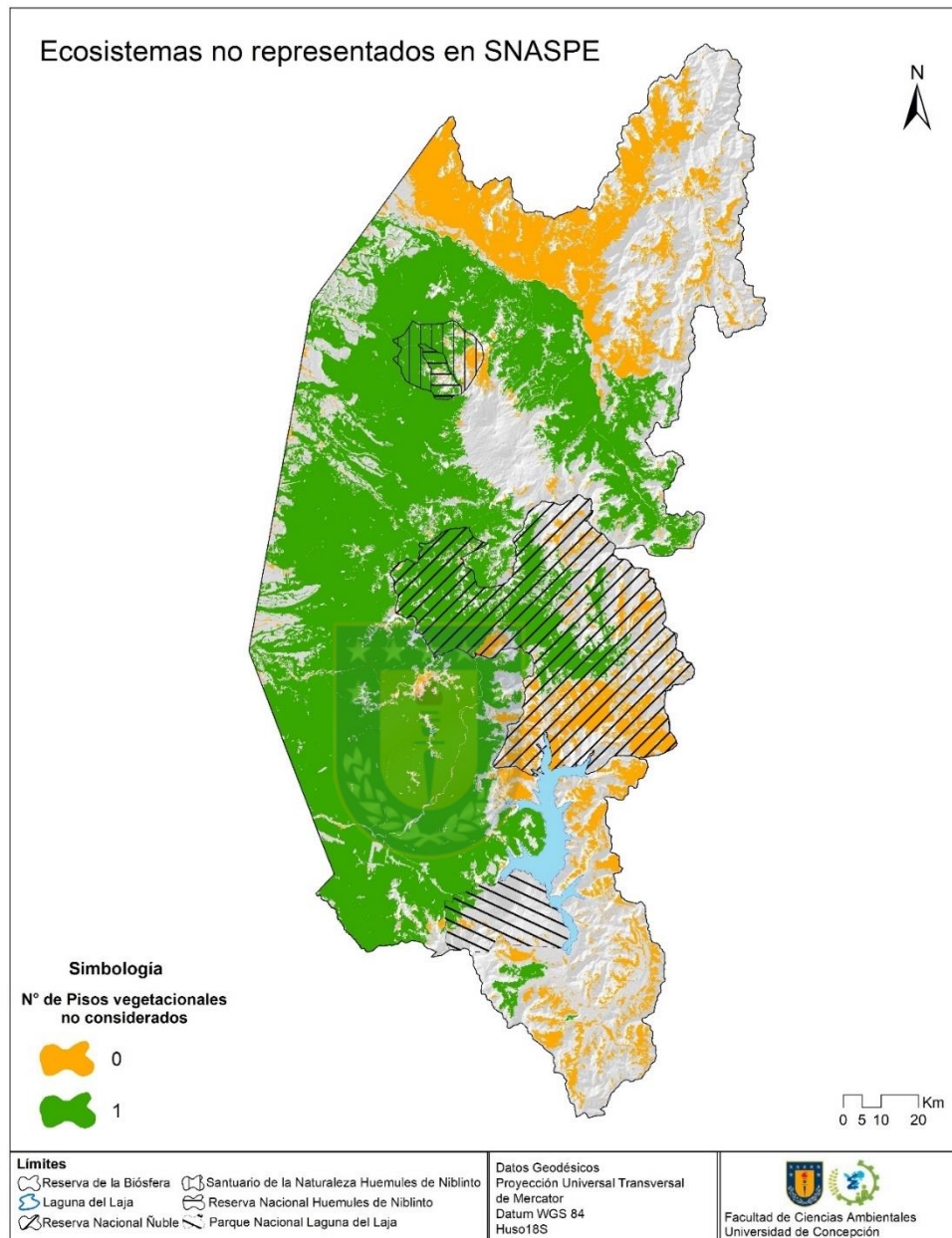
En la Reserva de la Biósfera, se presentan tres Áreas Silvestres Protegidas, administradas por CONAF, de norte a sur:

- Reserva Nacional Los Huemules de Niblinto.
- Reserva Nacional Ñuble.
- Parque Nacional Laguna Del Laja.

En este análisis se identificaron 2 pisos vegetacionales, no incluidos en las áreas protegidas mencionadas con anterioridad, correspondientes a:

- Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* y *Peumus boldus*.
- Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

Estos bosques han sido clasificados bajo las categorías de conservación en peligro para el bosque esclerófilo y, vulnerable el bosque siempreverde (Pliscoff, 2015).



**Figura 6.** Mapa de Complementariedad.  
 Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

De los 1.454 parches de ecosistemas terrestres presentes en la Reserva de la Biósfera, en 5 parches se encuentra 1 de los 2 pisos vegetacionales no considerados en alguna de las áreas protegidas. En el caso del bosque esclerófilo, el área total en la Reserva es de 39 ha y se encuentra en la comuna de Coihueco. Sin embargo, debido a las presiones antrópicas se ha producido un cambio de la fisionomía de la vegetación desde un bosque a un matorral esclerófilo, identificándose la presencia de elementos del matorral espinoso de *Acacia caven* (Luebert y Pliscoff, 2006).

La superficie de bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia* corresponde a un 73 ha, destacando la presencia de *Araucaria araucana* en las cercanías del volcán Antuco.

### **4.1.3. Irremplazabilidad**



En el caso de este criterio, los valores obtenidos son estimaciones ya que, si bien, se contaba con los datos georreferenciados de la presencia de las especies se asumió que se podía distribuir o encontrar en todo el uso de suelo coincidente del catastro de los recursos vegetacionales nativos.

#### **4.1.3.1 Distribución marginal de flora y fauna**

##### **4.1.3.1.1 Distribución marginal de flora**

De la revisión bibliográfica y de las Fichas de antecedentes de especies de flora para la Reserva de la Biósfera, se determinó su estado de conservación y distribución. Las especies amenazadas cuya localidad o subpoblación corresponde a la de distribución más extremas (norte o sur) en la Reserva son

*Acacia caven*, *Araucaria araucana*, *Azara petiolaris*, *Legrandia concinna* y *Nothofagus glauca*.

Como se muestra en la Figura 7, son reducidas las áreas con presencia de alguna de las especies mencionadas anteriormente, ocupando una superficie de 6.969ha de la Reserva de la Biósfera.

El matorral de *Acacia caven* (Espino), se encuentra bajo preocupación menor a nivel mundial (BGCI y GTSG, 2018). El Espino se extiende desde la caja del río Copiapó (27° 21' S), aparece luego al sur de La Serena y se extiende hasta Concepción (36° 50' S), entre los 60 – 1200 m.s.n.m. (Castillo et al., 1990; Olivares, 2006; Rodríguez et al., 1983). El Espino retrocede en importancia poblacional, predominando *Quillaja saponaria* y *Maytenus boaria* e incorporándose *Peumus boldus* al sur del río Laja (Del Fierro et al., 1998). Benedetti (2012), señala que en épocas pasadas fue muy abundante en Ñuble, en la zona del valle central; pero año tras año su presencia va disminuyendo. Esto debido a su tala constante y permanente para obtener leña o para elaborar carbón, productos muy cotizados por su buena capacidad calórica.

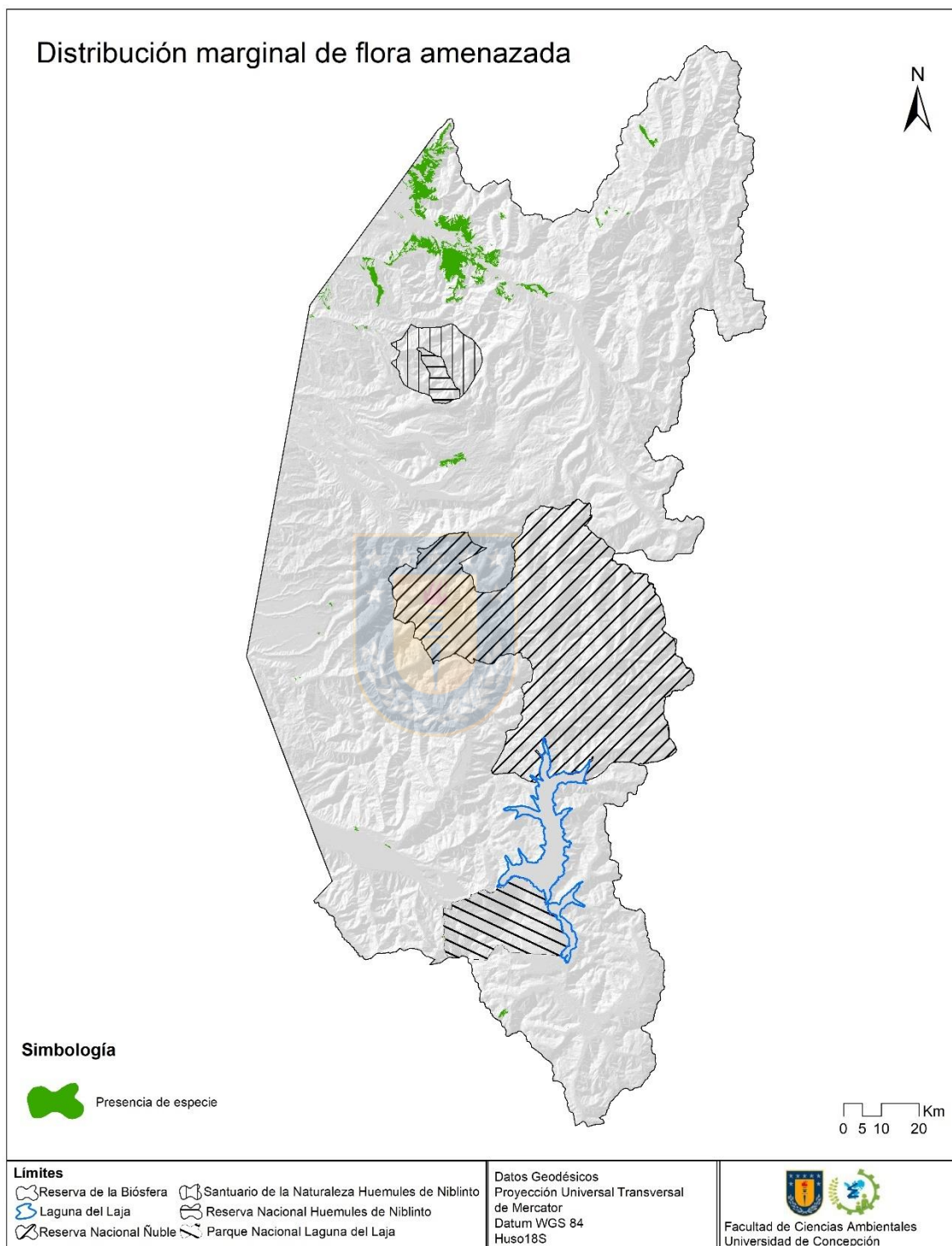
La *Araucaria araucana*, es una especie endémica de los bosques templados de Chile y Argentina, posee un alto valor de conservación debido a su lento crecimiento, particular susceptibilidad al impacto humano y a su restringida distribución en dos áreas discontinuas en el centro-sur del país, específicamente en la Cordillera de los Andes y Nahuelbuta (Gallo et al., 2005; Rodríguez et al., 1983; Donoso, 1993). En la Cordillera de los Andes, se localiza entre los 900 - 1.000 y 1.600 – 1.700 m.s.n.m., desde el Volcán Antuco en la región del Biobío (Muñoz y Serra, 2006; Rodríguez et al., 1983; Serra, 1987). Los suelos donde se desarrolla esta especie son poco evolucionados que derivan de materiales de cenizas, gravas, arenas de escorias y pómez volcánicas (Peralta, 1980).

En 1990 fue declarada Monumento Natural por DS N°43 del Ministerio de Agricultura (Diario Oficial, 1990) bajo el cual se prohíbe su explotación y corta en todo el territorio nacional. A nivel nacional, su estado de conservación es vulnerable (Carillo, 2017) y, desde el 2013 se encuentra categoriza en peligro de extinción por la UICN (Premoli et al., 2013).

La especie *Azara petiolaris*, es una especie endémica de Chile, se distribuye desde la Provincia de Limarí hasta la del Diguillín entre los 540 y 1.800 m.s.n.m. (Barrera y Meza, 1993). Se encuentra bajo preocupación menor a nivel mundial (BGCI y GTSG, 2018).

Del mismo modo, la *Legrandia concinna* es una especie endémica y una de las especies de mirtáceas chilenas más raras, presenta una distribución discontinua y estrecha en la Cordillera de los Andes y Precordillera desde provincia de Talca hasta la de Diguillín, en un rango altitudinal entre los 400 y 1.000 m (Henchenleitner et al., 2005). En la Reserva de la Biósfera se encuentra dos poblaciones de las cinco conocidas, en los sectores de San Fabián de Alico y Minas del Prado, esta última localidad ha sido muy fragmentada para fines agrícolas y rodeada de densas plantaciones forestales (Araneda et al., 2011). Ninguna de las poblaciones se encuentra dentro de áreas protegidas, lo que aumenta su vulnerabilidad (Henchenleitner et al., 2005). Además, se encuentra categorizada en peligro de extinción por la IUCN y RCE (Echeverría et al., 2019; MINSEGPRES, 2008).

El *Nothofagus glauca* posee una distribución marginal sur, en la cordillera de Los Andes se presenta en grandes masas boscosas que se localizan hasta los 1.200 m.s.n.m. en la localidad de San Fabián de Alico (Rodríguez et al., 1983, Muñoz y Serra, 2006). Las poblaciones de *Nothofagus glauca* son consideradas como vulnerables (Barstow et al., 2017).



**Figura 7.** Mapa de Flora marginal.  
Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

#### 4.1.3.1.2 Distribución marginal de fauna

De la revisión bibliográfica, de las Fichas de antecedentes de las especies y de datos geoespaciales disponibles para la Reserva de la Biósfera, se determinó su estado de conservación y distribución. Las especies amenazadas cuya localidad o subpoblación corresponde a la de distribución más extremas (norte o sur) y que se encuentran presente en áreas mayor a 1ha en la Reserva son *Muscisaxicola cinereus*, *Lautarus concinnus* y *Hippocamelus bisulcus*.

En la Figura 8, las áreas de color verde corresponden a la presencia del Huemul, ocupando una superficie de 205.818 ha aproximadamente. En el caso del área naranja, se encuentran presente las 3 especies antes mencionadas, posee una superficie de 199.484 ha aproximadamente.

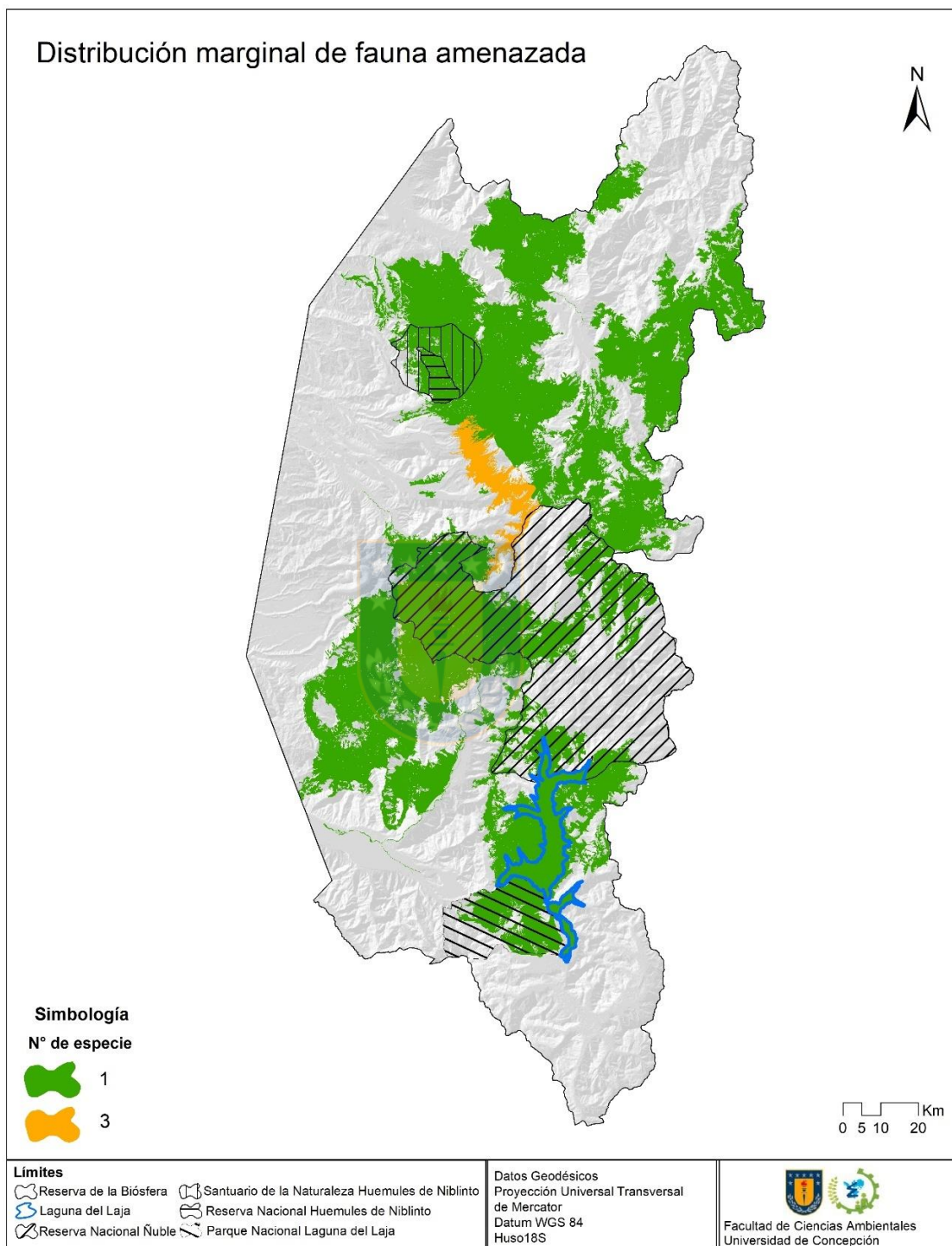
*Muscisaxicola cinereus* (Dormilona cenicienta) es un ave migratoria nativa de Chile, se ha registrado desde las regiones de Antofagasta al Biobío, entre los 2.500 y 4.546 m.s.n.m. (Barros et al., 2015; Couve et al., 2016; Martínez y González, 2017; Medrano et al., 2018). Su estado de conservación es de preocupación menor de acuerdo con la IUCN (BirdLife Internacional, 2016).

El escarabajo Taladro del hualle (*Lautarus concinnus*) es una especie nativa de Chile considerada como “plaga del bosque nativo” (FAO-CONAF, 2008), que se distribuye desde la Región de Ñuble hasta la Región de Magallanes y La Antártica Chilena (Cerdeña, 1986). Tanto larvas y adultos prefieren los bosques de *Nothofagus* (Mondaca y Vera, 2002; Cerdeña, 1973; Cameron y Peña, 1982; Giganti, 1986). Se encuentra clasificada bajo la categoría de preocupación menor por el RCE.

El huemul (*Hippocamelus bisulcus*) especie nativa emblemática de la Reserva, fue declarada Monumento Natural el año 2006 por Decreto N°2 del Ministerio de Agricultura. A nivel nacional e internacional ha sido declarada como En

Peligro de Extinción (Black-Decima et al., 2016), además, de estar protegida por la Ley de Caza (Ley 19.473). Su distribución abarca desde la X Región (36° 40' S, 71° 28' O) hasta el estrecho de Magallanes (53° 50'S, 71° 7'O) (Cruz y Caracotche, 2010), existiendo un núcleo aislado en los Nevados de Chillán – Laguna Laja (36° 37'S) (Vila et al., 2010).





**Figura 8.** Mapa de Fauna marginal.  
 Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

### 4.1.3.2 Ecosistemas naturales con especies amenazadas

#### 4.1.3.2.1 Ecosistemas naturales con riqueza de especies de flora

Como se muestra en la Tabla 9, se identificaron un total de 20 especies de flora endémica y amenazada; en el 0,02% del área de la reserva contiene ecosistemas donde es posible encontrar 4 especies y, en el 6% se puede encontrar 1 especie. El área total con presencia de especies amenazadas y endémicas es de 49.402 ha, estas especies se encuentran cercanas a áreas de monocultivo forestal o de uso agropecuario.

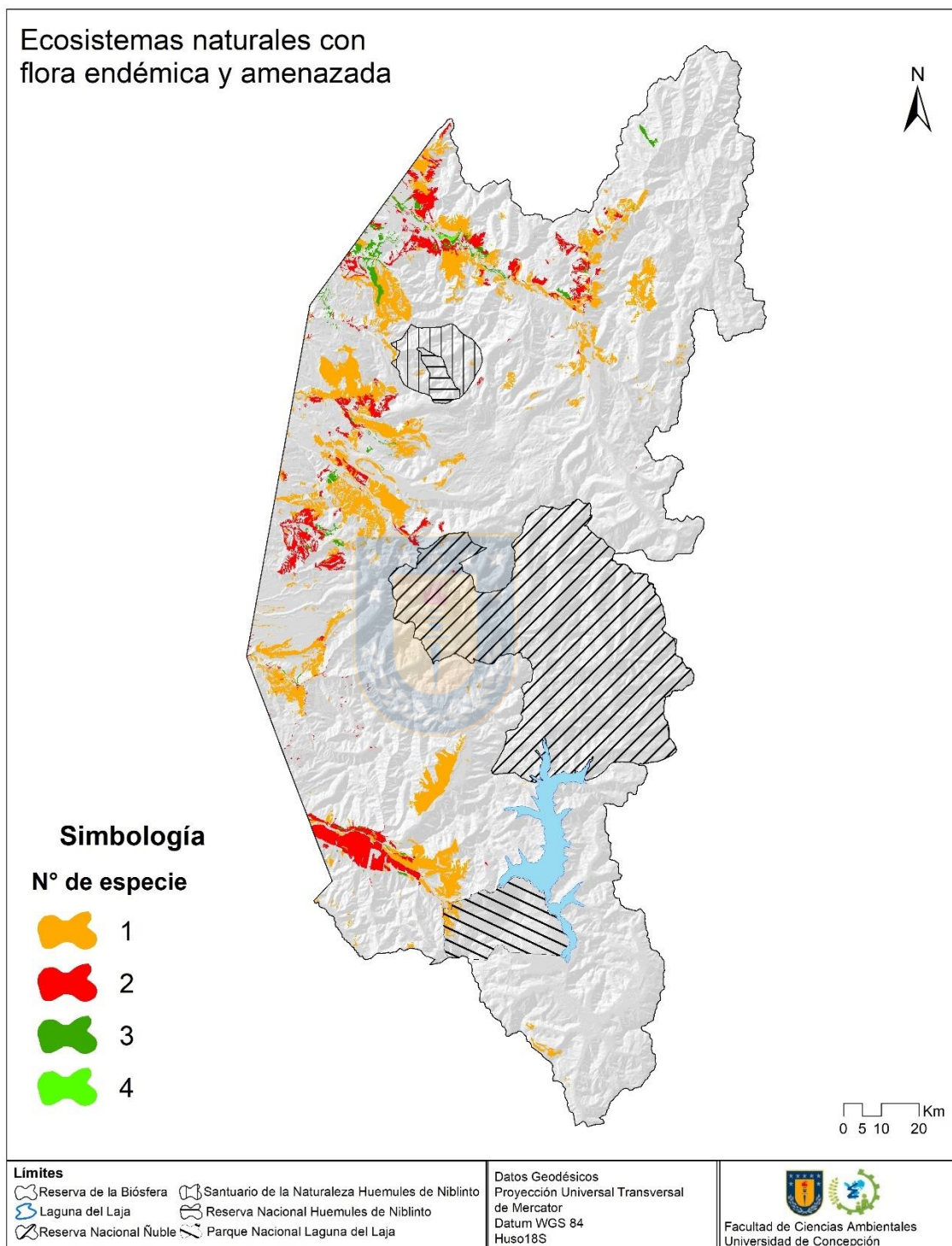
**Tabla 9.** Estados de Conservación de la flora presente en la Reserva de la Biósfera. /VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NT: Casi Amenazado, EN: En Peligro.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estados de Conservación	
					IUCN	RCE
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Myrtales</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Amomyrtus meli</i>	Melí o Luma blanca	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Violales</i>	<i>Flacourtiaceae</i>	<i>Azara petiolaris</i>	Maquicillo	LC	
<i>Liliopsida</i>	<i>Orchidales</i>	<i>Orchidaceae</i>	<i>Bipinnula volkmannii</i>	Flor del bigote	-	EN
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Myrtales</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu, Palo colorado	NT	-

<i>Magnoliopsida</i>	<i>Celastrales</i>	<i> Icacinaceae</i>	<i>Citronella mucronata</i>	Huillipatagua, Naranjillo	LC	VU
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Lurales</i>	<i>Lauraceae</i>	<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Magnoliales</i>	<i>Winteraceae</i>	<i>Drimys winteri</i>	Canelo	LC	LC
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>	<i>Saxifragaceae</i>	<i>Escallonia pulverulenta</i>	Siete camisas	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>	<i>Saxifragaceae</i>	<i>Escallonia revoluta</i>	Madrón, Madroño	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>	<i>Eucryphiaceae</i>	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo santo	NT	VU
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Lurales</i>	<i>Monimiaceae</i>	<i>Laurelia sempervirens</i>	Tihue, Laurel	NT	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Mirtales</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Legrandia concinna</i>	Luma del Norte	EN	EN
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Sapindales</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Lithraea caustica</i>	Litre	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Mirtales</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Luma chequen</i>	Chequen, Arrayán blanco	LC	-
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Fagales</i>	<i>Fagaceae</i>	<i>Nothofagus</i>	Hualo	VU	NT

			<i>glauca</i>			
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Proteales</i>	<i>Proteaceae</i>	<i>Orites myrtoidea</i>	Radal enano	-	NT
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Lurales</i>	<i>Monimiaceae</i>	<i>Peumus boldus</i>	Boldo	LC	-
<i>Pinopsida</i>	<i>Pinales</i>	<i>Podocarpaceae</i>	<i>Podocarpus salignus</i>	Maño de hoja larga	VU	-
<i>Pinopsida</i>	<i>Pinales</i>	<i>Podocarpaceae</i>	<i>Prumnopitys andina</i>	Lleuque	VU	VU
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	LC	-

Fuente: Elaboración propia a partir de UICN y RCE.



**Figura 9.** Mapa de Flora endémica y amenazada.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS

#### 4.1.3.2.2 Ecosistemas naturales con riqueza de especies de fauna

Como se muestra en la Tabla 10, en la Reserva se identificaron 9 especies endémicas y amenazadas. Cabe destacar la presencia de dos especies de la Familia *Liolaemidae* exclusivas de esta zona, la especie *Liolaemus hermannunezi* restringida a sectores patagónicos de valles andinos en la cordillera de Antuco entre los 800 y 1.600 m.s.n.m. (Ortiz et al., 1990) y, la especie *Phymaturus vociferator*, actualmente se reporta además del Parque Nacional Laguna del Laja, en las cercanías del volcán Chillán y en las reservas nacionales Ñuble y Los Huemules de Niblinto (Demangel, 2016).

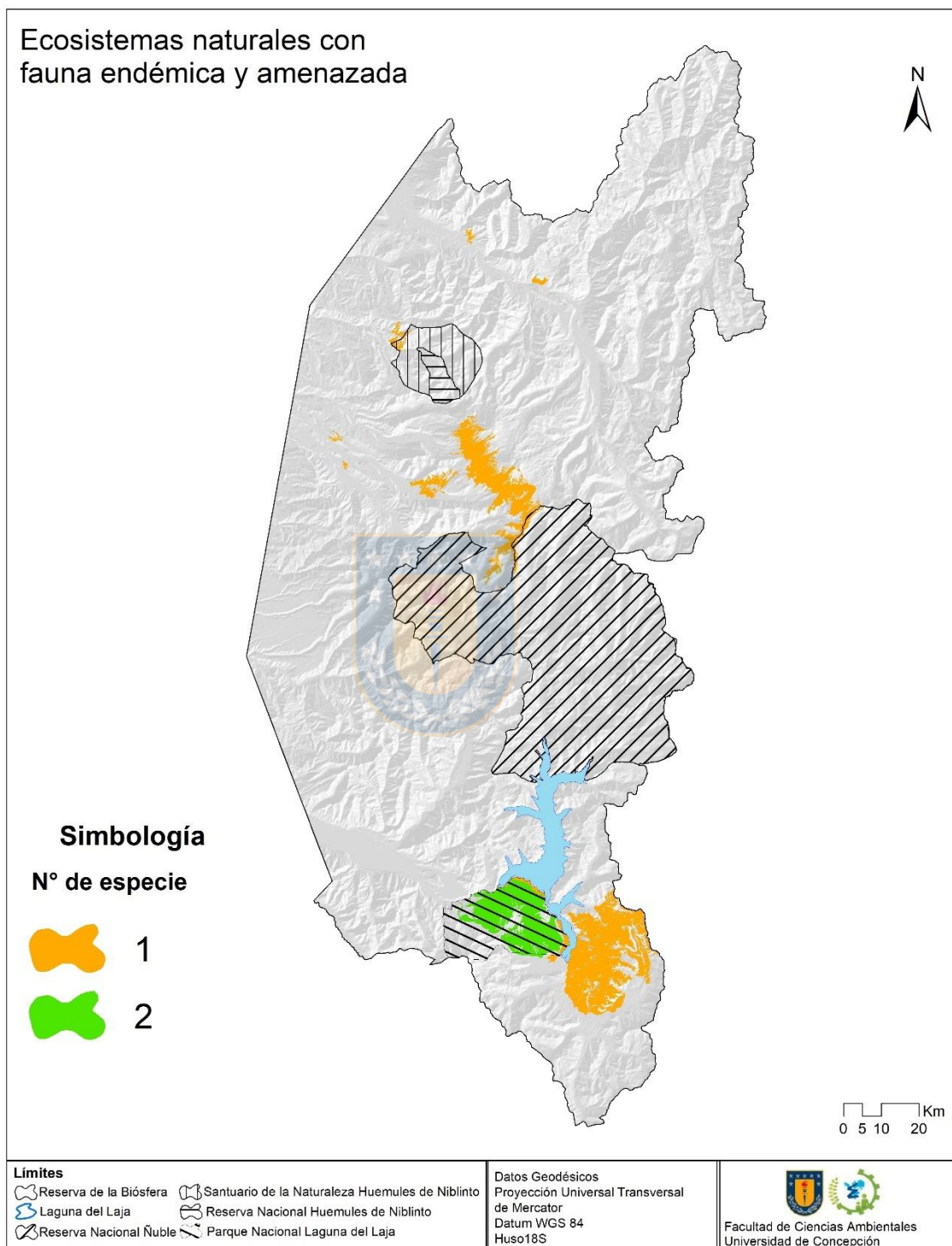
Una de las potenciales amenazas al hábitat de *Phymaturus vociferator* en el Parque Nacional Laguna del Laja es el mejoramiento de la ruta Q-45 paso Pichachén, que consiste en consolidar un paso internacional mediante la pavimentación de los 55km de la ruta entre el sector de Chacay y el límite internacional. Estas obras podrían tener grandes impactos en la fragmentación y reducción del hábitat del matuasto y, por ende, una reducción en su población (Hinojosa et al., 2018). Además, debido a que es una especie de reproducción vivípara, las hembras paren una a dos crías cada dos años (Habit y Ortiz, 1996), lo cual aumenta su vulnerabilidad y preocupación por su estado de conservación, que actualmente se encuentra en peligro crítico de extinción (Avilés et al., 2017).

**Tabla 10.** Estados de Conservación de la fauna presente en la Reserva de la Biósfera. /CR: Critico, VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NT: Casi Amenazado, DD: Datos insuficientes.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre	Estados de Conservación
-------	-------	---------	---------	--------	-------------------------

				común	IUCN	RCE
<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Cerambycidae</i>	<i>Acanthinodera cumingii</i>	Madre de la culebra	-	LC
<i>Insecta</i>	<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Antiagrion gayi</i>	Caballito del diablo, Matapiojos azul	LC	-
<i>Insecta</i>	<i>Lepidoptera</i>	<i>Castniidae</i>	<i>Castnia eudesmia</i>	Mariposa del chagual	-	NT
<i>Arachnida</i>	<i>Araneae</i>	<i>Theraphosidae</i>	<i>Euathlus manicata</i>	Araña pollito, Tarántula	-	NT
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Liolaemidae</i>	<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija esbelta o de colores	LC	LC
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Liolaemidae</i>	<i>Liolaemus hermannunezi</i>	Lagartija de Herman Nuñez	DD	CR
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Columbridae</i>	<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	LC	LC
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Liolaemidae</i>	<i>Phymaturus vociferator</i>	Matuasto del Laja	VU	CR
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Liolaemidae</i>	<i>Pristidactylus torquatus</i>	Gruñidor del sur	LC	VU

Fuente: Elaboración propia a partir de UICN y RCE.



**Figura 10.** Mapa de Fauna endémica y amenazada.  
 Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

En la Figura 10. se observa, principalmente, áreas con presencia de 1 especie endémica y amenazada, que equivale a 18.628 ha aproximadamente, mientras que el área donde se contabilizó 2 especies (*Philodryas chamissonis* y *Phymaturus vociferator*) corresponde a 7.127 ha aproximadamente. De esta forma, se obtuvo que el 4,5% del área de la Reserva posee la presencia de alguna de las 9 especies endémicas y amenazadas.

#### **4.1.4 Amenaza**

##### **4.1.4.1 Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos**

Para la distancia a zonas afectadas por incendios (Figura 11, a)), se consideraron las zonas de baja y media severidad descritas por De la Barrera et al. (2018). En el caso de la Reserva, existe la presencia de solo un área afectada por incendios, la cual corresponde al incendio forestal del cerro Alico, donde se quemaron 292,15 ha. Del análisis, se desprende que las áreas más cercanas a esta localidad poseen un valor bajo para conservación debido a la perturbación e impacto que generó el incendio. Al contrario, las áreas con mayor valor de conservación van aumentando a medida que se alejan de esta zona afectada, siendo la distancia máxima 123 km aproximadamente. Esto correspondería, a los sectores ubicados cercanos al Parque Nacional Laguna del Laja.

En el caso de la distancia a ciudades o centros poblados (Figura 11, b)), en el área de estudio se encuentran los pueblos de Recinto y Los Lleuques, comuna de Pinto y, la localidad de San Fabián de Alico, además, de 11 caseríos distribuidos en distintos sectores de la Reserva de la Biósfera. A lo largo del sector sureste, al límite con Argentina, se encuentran las mayores distancias a estos centros poblados y, por ende, su mayor valor para la conservación. Por

ejemplo, en el caso de las Reservas Nacionales Los Huemules de Niblinto y Ñuble se encuentran a 20 y 45 km de la localidad de San Fabián de Alico y, a 15 y 63 km de las localidades de Recinto y Los Lleuques respectivamente. El caserío Las Trancas, se encuentra a 3,4 km de la Reserva Nacional Ñuble, mientras que el caserío Campamento Viejo se encuentra a menos de 1km del Parque Nacional Laguna del Laja.

En la Reserva de la Biósfera, se identificaron un total de 38 proyectos sometidos al SEIA hasta la actualidad (Anexo 1), lo que provoca deterioro o daño a la biodiversidad a través de los años. Como se muestra en la (Figura 11,c)) la distancia máxima a los proyectos es de 39km aproximadamente, en comparación a las otras métricas de distancia donde es posible observar mayores distancias a disturbios antrópicos.

Destacan proyectos hidroeléctricos de gran envergadura, la Central Ñuble de Pasada y el embalse Punilla. Además, y otras 4 pequeñas centrales hidroeléctricas lo que ha significado que casi la totalidad de las aguas se encuentren intervenidas, desviadas o canalizadas. Además, en el presente año, se aprobaron a principios de abril tres proyectos energéticos correspondiente a parques solares que se encuentran emplazados a 30km aproximadamente de la ciudad de Yungay.

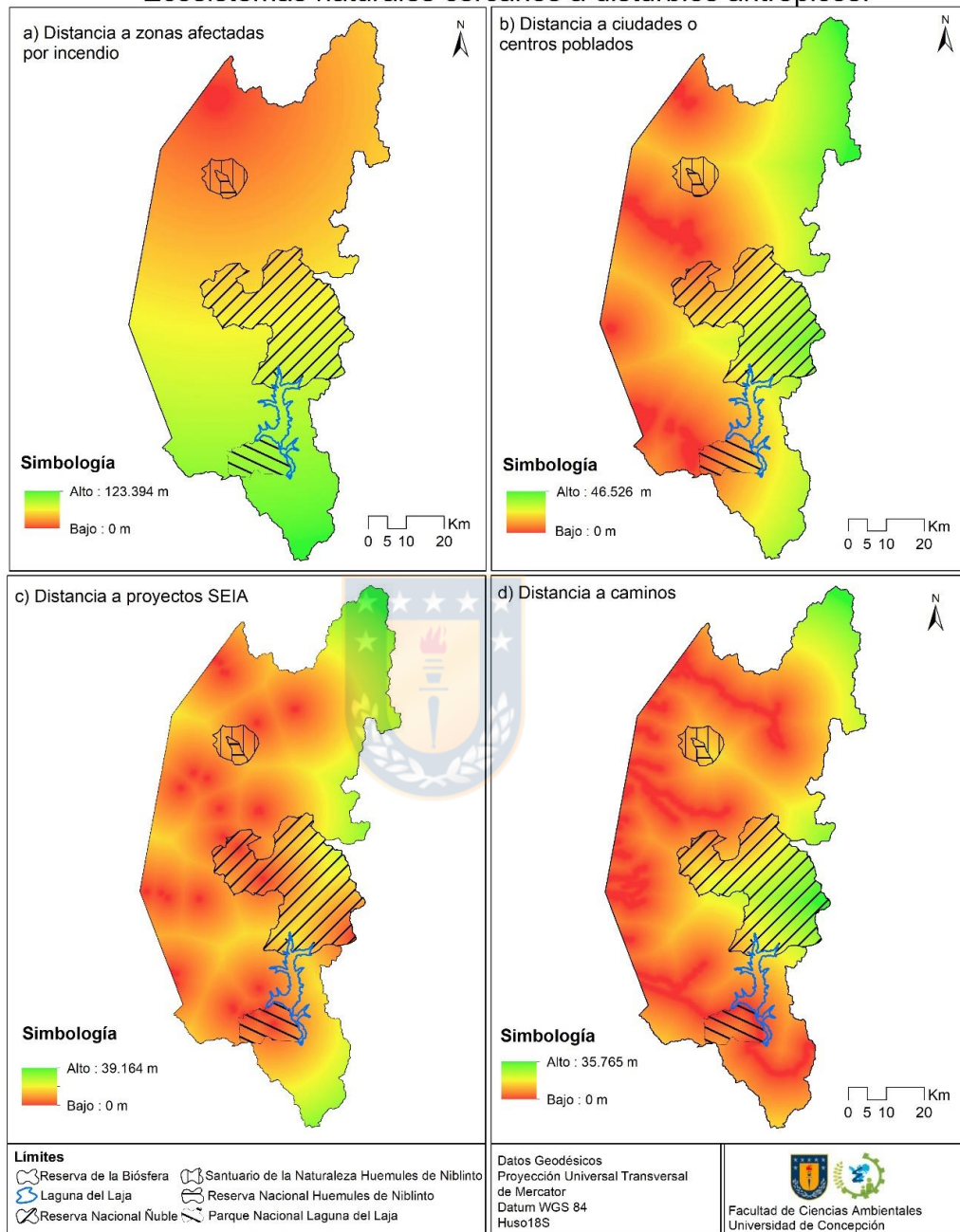
Debido al atractivo turístico de la zona, es que desde hace 20 años se han presentado proyectos relacionados a servicios y alojamientos turísticos. Por ejemplo, el sector de las Termas de Chillán que se ha convertido en un hotspot de turismo en Chile, tanto en invierno, por los deportes de invierno, y en el verano por sus paisajes naturales, ideales para trekking y mountain bike (Cortés-Donoso et al., 2017), se desarrollaron los proyectos: Edificios termas de Chillán, Conjunto habitacional termas de Chillán, Centro de convenciones y casino termas de Chillán, entre otros del mismo rubro. Además, de redes de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, líneas de transmisión, el

gasoducto Trasandino y Distribución de Gas Natural, todos construidos en la Reserva de la Biósfera.

Finalmente, en el caso de la distancia a caminos (Figura 11, d)), la máxima es 36km aproximadamente. En el caso del sector sur de la Reserva, se encuentra el único paso fronterizo oficial “Paso internacional Pichachén”, el que será de tránsito permanente todo el año, una vez terminado el nuevo complejo del paso, presupuestado para comenzar a construirse el último trimestre del presente año junto con un proyecto complementario de mejoramiento de 56 kilómetros de ruta que bordea al Parque Nacional Laguna del Laja y a la laguna del Laja.



### Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos.



**Figura 11.** Mapa Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

## 4.1.5 Vulnerabilidad

### 4.1.5.1 Ecosistemas naturales fragmentados

A partir del software Guidos 2.4, utilizando la herramienta FAD (Forest Área density) que permite evaluar el estado de fragmentación de parches de hábitat identificando el valor estructural de los píxeles que conforman el parche mediante clases, según su distancia al borde, los resultados se clasifican en seis clases: <10% (raro), 10% –39% (irregular), 40% –59% (transicional), 60% –89% (dominante o fragmentación baja), 90% –99% (interior o fragmentación muy baja) y, 100% (intacto o sin fragmentación).

Para el análisis se evaluó el estado de fragmentación del bosque nativo y renoval, que corresponde al 47% de la superficie de la Reserva de la Biósfera; En la Figura 12, se pueden observar en las zonas altas fragmentos de hábitat dispersos, aislados y sin conectividad, lo que podría traer como consecuencia que poblaciones queden aisladas, con tamaños reducidos, quedando expuestas a eventos ambientales locales, siendo más vulnerables a desaparecer (Rukke, 2000). Un claro ejemplo de esta situación es la del Huemul, la explotación forestal, la construcción del oleoducto y el gasoducto, degradaron su hábitat en distintos sectores (Povilitis, 2002). Además, con la futura construcción del embalse Punilla que abarcara una superficie de 2.714 ha aproximadamente y que contempla la construcción de caminos, los cuales ocasionaran la disminución de la cubierta forestal, originando una reducción o un aislamiento de los fragmentos originales en un sector que se encuentra cercano a las zonas de avistamiento de huemules, lo cual aumentaría su vulnerabilidad en un futuro.

Al contrario, en la zona oeste de la reserva se puede observar una mejor conectividad y continuidad de la cobertura boscosa, es decir, una menor fragmentación, donde predominan áreas de bosque interior con una superficie

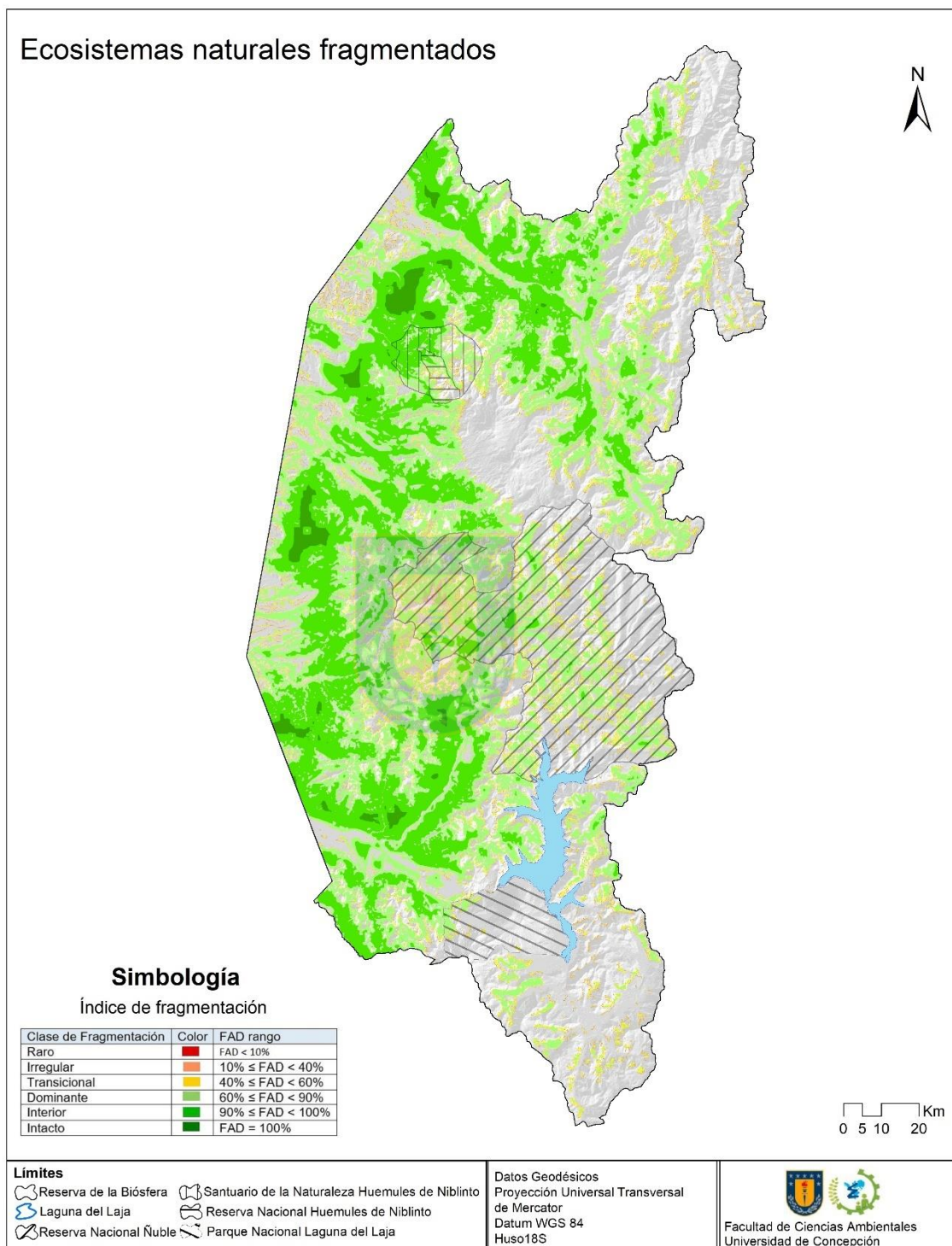
de 108.328 ha. Esta situación podría cambiar al igual que en el caso del huemul, por la construcción del embalse Punilla, la central Ñuble y los parques solares.

**Tabla 11.** Superficie bosque según las clases de fragmentación.

Clases	Área total (ha)	% con respecto a la Superficie de la Reserva
Raro	5	0,001
Irregular	5.510	1
Transicional	24.947	4,3
Dominante	122.739	21,5
Interior	108.328	19
Intacto	6.938	1,2
Total	268.467	47

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

De la Figura 12 se pueden localizar puntos críticos de fragmentación o por el contrario localizar puntos con baja o nula fragmentación, lo que es una información crucial para el conocimiento del estado de transformación de un paisaje y su adecuada planificación, manejo o restauración, ya que indican el grado de integridad o funcionalidad de estos y los principales atributos que requieren ser mantenidos o mejorados para la conservación de la biodiversidad y el bienestar humano (Liu y Taylor, 2002).



**Figura 12.** Mapa Ecosistemas naturales fragmentados.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

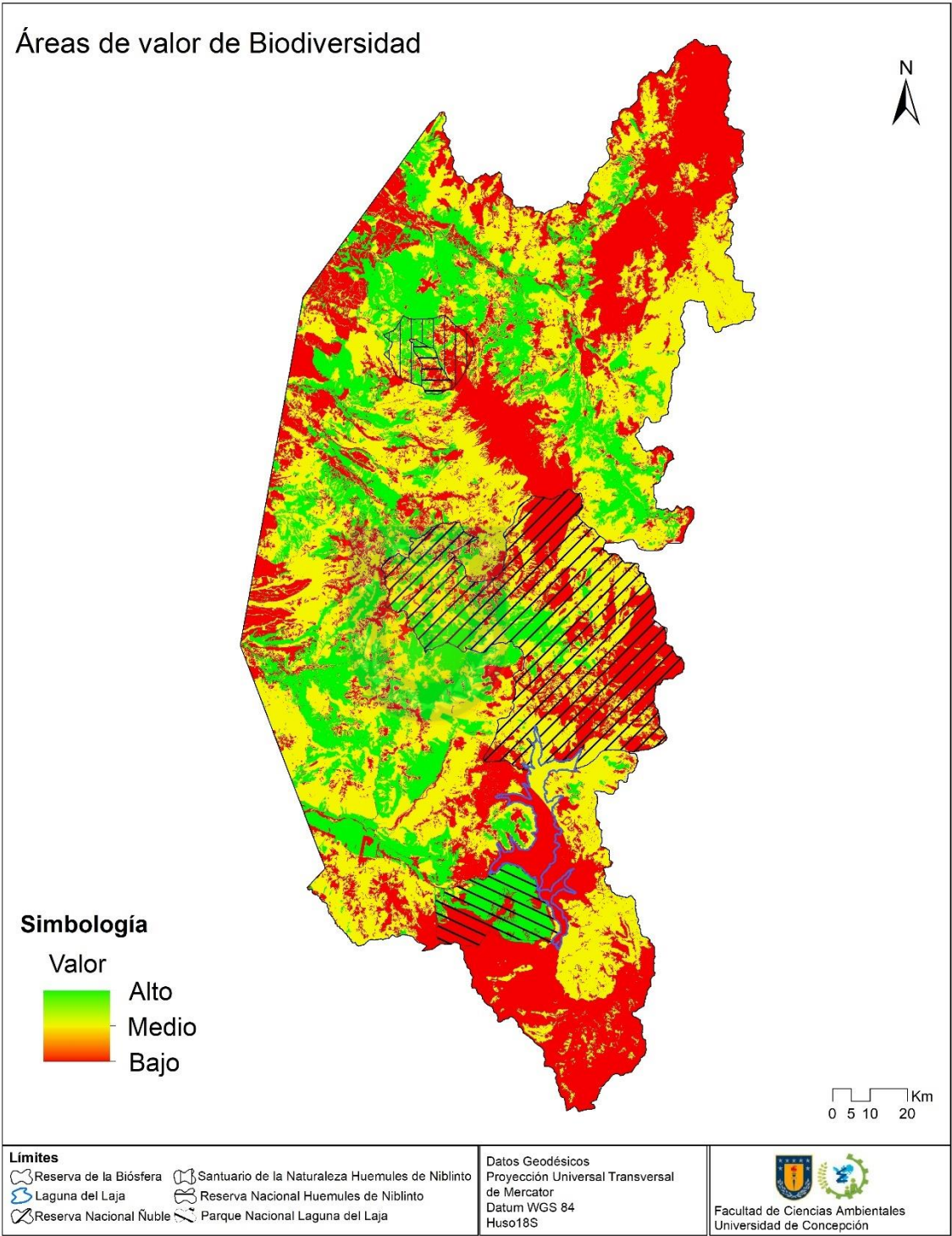
#### 4.1.6 Áreas de valor de biodiversidad

Del análisis de superposición de los mapas de criterios e indicadores (Tabla 2) en ArcGIS, previamente normalizados y considerando sus respectivas ponderaciones (Tabla 3) se obtuvo el mapa de las áreas de valor de biodiversidad de la Reserva de la Biósfera (Figura 13) el cual se reclasificó en 3 rangos, donde las zonas con valor bajo y medio predominan con 37% y 43% (Tabla 12), respectivamente. Por el contrario, las zonas de color “verde” corresponden a las áreas con alto valor de biodiversidad para la conservación y comprende un 20% del área.

**Tabla 12.** Superficie de las áreas de valor de biodiversidad generados de la superposición de los mapas a partir de los criterios e indicadores.

Valor de biodiversidad	Área total (ha)	%
Bajo	209.556	37
Medio	244.823	43
Alto	117.622	20

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13.** Mapa de las áreas de valor de biodiversidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

En la Reserva de la Biósfera un 20% del área posee una valoración de “alto” y se encuentra disperso en diversos sectores. Tanto en el extremo norte y sur de la reserva donde se emplazarán proyectos energéticos o la construcción del nuevo complejo fronterizo en la comuna de Antuco, estos sectores se verán afectados y los harán vulnerables a la fragmentación. Fuller et al. (2006), señala que posponer la conservación puede tener graves consecuencias, en términos de pérdida de hábitat y capacidades para proteger las especies.

En el caso de la zona con valor bajo, esto se debe a que son áreas que se encuentran principalmente en la parte altas, en el sector de la cordillera donde los usos de suelo que predominan son áreas desprovistas de vegetación, praderas y matorrales, nieves eternas y glaciares, por lo que, de acuerdo con la aplicación de los indicadores irremplazabilidad que poseen el mayor peso de acuerdo a los expertos, en estas zonas había baja o nula presencia de especies marginales o endémicas por lo que menor es su valor para la conservación, del mismo modo para los ecosistemas naturales fragmentados, en estas zonas se encuentra la mayor presencia de parches de bosques dispersos.

Con relación a las zonas con valor medio, queda al descubierto que, debido a los diversos procesos antrópicos, tales como la construcción de proyectos de gran tamaño, asentamientos humanos, caminos, incendios, plantaciones forestales han causado la degradación y una amenaza para el hábitat de las especies. Sin embargo, debido a que en estos sectores se encontró la presencia de flora y fauna marginal o endémica amenazadas además de áreas con alta diversidad de ecosistemas terrestres es que aumenta su valor para la conservación.

Ya sea por la relativa abundancia del recurso hídrico, el atractivo del paisaje o el potencial geotérmico, el territorio está siendo explorado para el desarrollo de importantes proyectos, cada uno de los cuales tiene un efecto transformador, directo o indirecto; pero que, en conjunto generan un importante efecto

sinérgico, que hoy es difícil de dimensionar y cuantificar (San Martín, 2014). Cabe destacar que, de los 38 proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 8 han ingresado como Estudio de Impacto Ambiental y 30 como Declaración de Impacto Ambiental lo que impide solicitar planes de mitigación, reparación y/o compensación. Adicionalmente, de la superficie de la Reserva de la Biósfera un 78% corresponde a propiedad privada (López y Figueroa, 2006), lo que podría ocasionar un impedimento para realizar labores de conservaciones en el lugar.

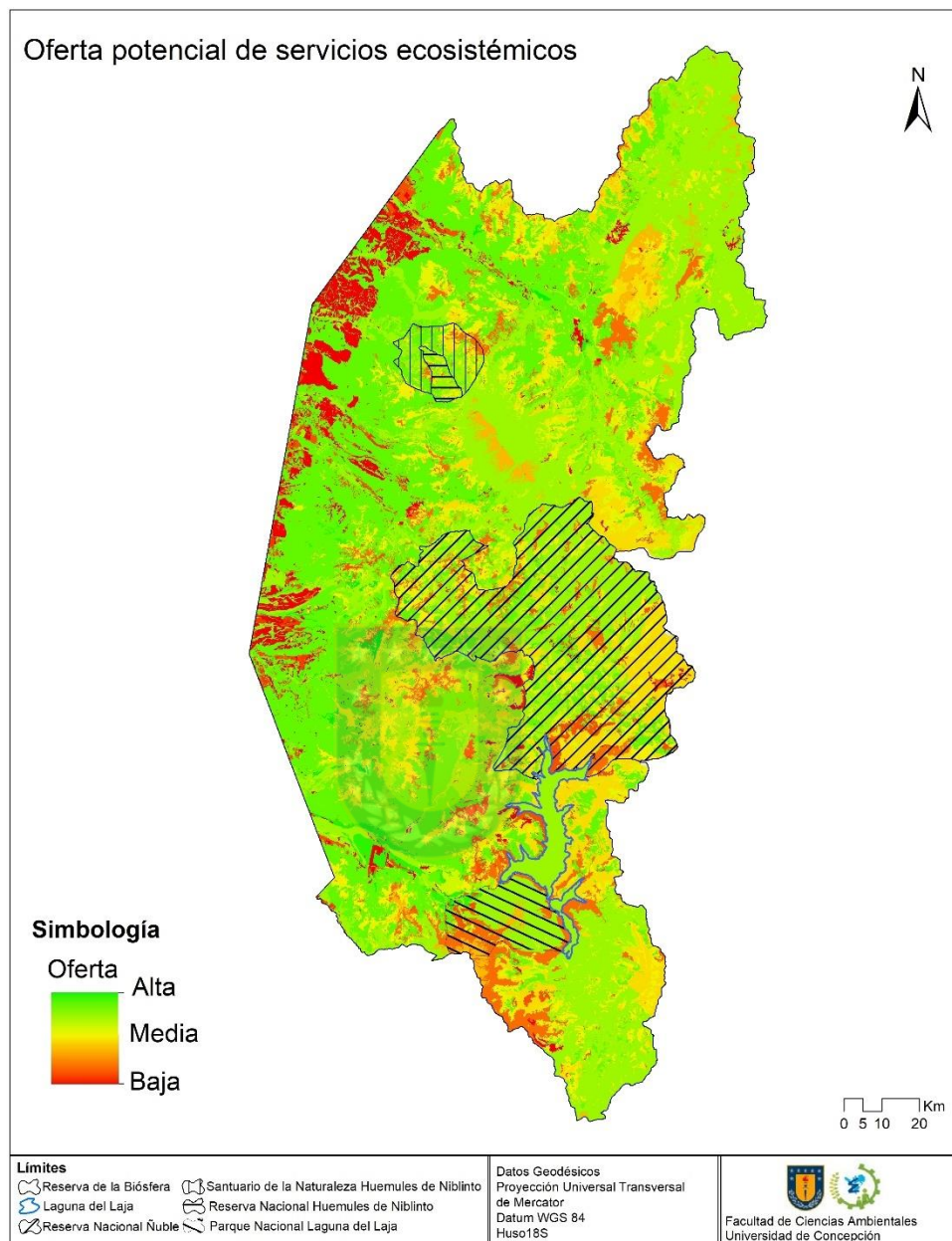
Con respecto a las áreas núcleos de la Reserva de la Biósfera, la Reserva Nacional Ñuble un 47% y 39% de su área posee valoración media y baja respectivamente. De acuerdo con lo señalado por el vocero de Ambiente Sostenible la deforestación en la Reserva Ñuble tiene relación con los visitantes, quienes provocan incendios forestales; pero, además asegura que en la zona sur de la reserva ingresa ganado de manera clandestina, lo cual impacta en la flora y fauna (La Discusión, 2019). Por otra parte, en el área núcleo norte conformado por las Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Huemules de Niblinto, predomina la valoración media con un 37%, esta zona se encuentra afectada principalmente por amenazas antrópicas al presentar menos distancia a los disturbios evaluados. Por último, en el caso del Parque Nacional Laguna del Laja, el 60% de su área posee una valoración alta producto de que en esta zona se localizaron especies de flora y fauna amenazada, siendo el indicador de irremplazabilidad con mayor peso en comparación a los demás.

## **4.2. Identificación espacial de las áreas de oferta potencial de servicios ecosistémicos**

Para la evaluación de la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos se realizó una clasificación de los usos de suelo del Catastro de los recursos vegetacionales nativos (2015), los cuales se asumieron como ecosistemas de acuerdo con lo indicado en la Tabla 5. Del mismo modo, se utilizaron los valores obtenidos de la consulta a expertos realizadas por el estudio de la Universidad de Concepción en la región del Biobío (UDC, 2016; Anexo 2) considerando que las unidades son semejantes en valoración de servicios; el valor obtenido corresponde al promedio de los valores de servicios ecosistémicos entregados por todos los expertos encuestados.

Los servicios ecosistémicos seleccionados y evaluados en el estudio corresponden a:

- Servicios ecosistémicos culturales: 1) Valores religiosos y espirituales, 2) Valores educacionales, 3) Valores estéticos, 4) Valores de herencia cultural y 5) Ecoturismo y recreación.
- Servicios ecosistémicos de regulación: 1) Regulación del aire, 2) Regulación del clima, 3) Regulación hídrica (infiltración), 4) Regulación de la erosión, 5) Purificación del agua y tratamiento de desechos, 6) Polinización y 7) Regulación de eventos naturales.
- Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento: 1) Alimentos, 2) Forraje, 3) Fibras, 4) Combustible, 5) Recursos bioquímicos y farmacéuticos, 6) Recursos ornamentales y 7) Agua fresca.



**Figura 14.** Capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

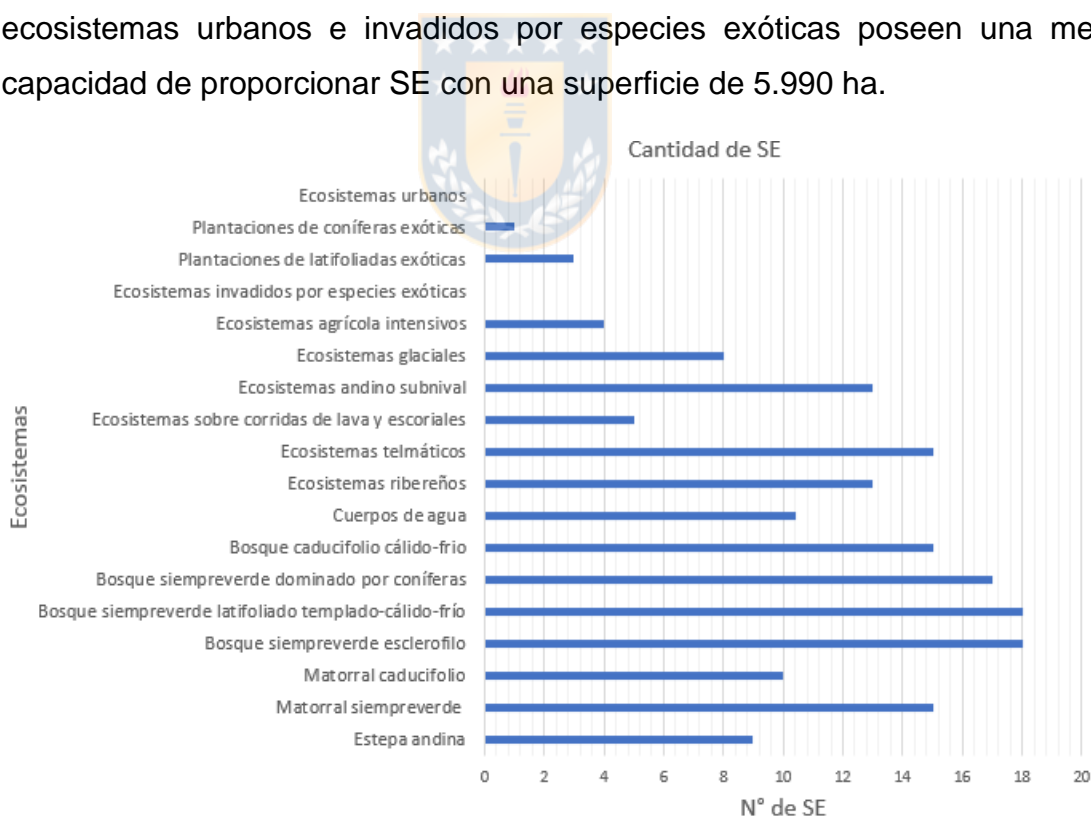
**Tabla 13.** Capacidad u oferta potencial de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera.

Ecosistema	Oferta potencial	Área (ha)
Bosque siempreverde latifoliado templado-cálido/frío	77	1.656
Bosque siempreverde esclerófilo	76	839
Bosque siempreverde dominado por coníferas	75	2.996
Bosque caducifolio cálido/frío	70	177.370
Ecosistemas telmáticos (Turberas, Bofedales, Vegas y Marismas)	65	357
Ecosistemas ribereños (vegetación ribereña y cajas de ríos)	63	183.040
Matorral siempreverde	56	9.090
Ecosistemas andinos subnival	52	39.770
Cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, embalses)	50	797
Matorral caducifolio	50	35.617
Estepa andina	47	43.483
Ecosistemas glaciales	43	9.772
Ecosistemas sobre corridas de lava y escoriales	33	31.387
Ecosistemas agrícola intensivos	30	12.409
Plantaciones de latifoliadas exóticas	27	2.187
Plantaciones de coníferas exóticas	24	15.236
Ecosistemas invadidos por especies exóticas	21	5.789
Ecosistemas urbanos	10	201

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se obtuvo el mapa de la oferta potencial de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos en un rango de 3 (Figura 14), donde el color verde indica una alta capacidad de proveer servicios, esto corresponde al 64% del área. En el caso contrario, el 12% del área presenta una baja capacidad para proveer servicios ecosistémicos.

Para obtener la cantidad o cuantos servicios proporciona cada ecosistema, lo que se hizo fue reclasificar los valores de los promedios obtenidos en valores 0 y 1, clasificando los valores menores a 2 (incluyendo el 2) con el valor 0 y los superiores a 2 con el valor 1 (UDC, 2016). Como se observa en el Figura 15, los ecosistemas que proporcionan más servicios ecosistémicos corresponden a los bosques siempreverde con una superficie de 5.491ha. En el caso contrario, los ecosistemas urbanos e invadidos por especies exóticas poseen una menor capacidad de proporcionar SE con una superficie de 5.990 ha.



**Figura 15.** Cantidad de SE que proporcionan los ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que los altos valores a los SE culturales en la mayoría de los ecosistemas se debe por la presencia de la reserva nacional Ñuble, parque nacional Laguna Laja, reserva nacional y santuario de la naturaleza huemules de Niblinto, también por que la Reserva de la Biósfera cuenta con dos atractivos turísticos de jerarquía Internacional y corresponden al Centro de Esquí Termas de Chillán y al Volcán Nevados de Chillán, ambos asociados al turismo de montaña y a la práctica de deportes invernales (SERNATUR, 2018). En la actualidad, de acuerdo con listado de proyectos nuevos: propuesta de plan de infraestructura MOP de apoyo turístico (MOP et al. 2016) se espera que para el 2022 se desarrolle la construcción de un centro de interpretación y acogida a visitantes en la Reserva de la Biósfera, con un costo de inversión de 105.317 millones de pesos.

En el caso de las comunas del El Carmen y Pinto que cuentan con importante presencia de asentamientos rurales, por lo que poseen una estrecha relación con los recursos naturales ya que forma parte de la configuración sociocultural y económica del territorio, principalmente dedicadas a la actividad agrícola, apicultura, turismo sustentable, producción de leña y carbón (Carrasco, 2017), por lo que cobra más relevancia la gestión adecuada del territorio para la continua provisión de SE, debido a las continuas tensiones por la promoción de la homogeneización de la economía en las comunas, cuando se ve que un rubro, frutícola o forestal, avanza por sobre las otras actividades económicas (Carrasco, 2017) perjudicando entre otros sectores a la actividad turística que depende casi en un 100% de la biodiversidad dado que esta provee servicios de recreación o culturales, de provisión y de regulación, los cuales son relevantes para el bienestar de las comunidades locales y los visitantes (MMA, 2014).

Además, estudios llevados a cabo por Jaque-Castillo et al. (2013), sugieren que los principales efectos del cambio de uso del suelo en el entorno del Parque

Nacional Laguna del Laja para la conservación de sus sistemas naturales en un período de 32 años (1975-2007), están asociados al progresivo aumento de las coberturas de afloramiento rocoso y variaciones en la cubierta de nieve, matorral y bosque nativo circundante. Dichos cambios de cobertura vinculados con la humedad ambiental del área tienen incidencia en las pérdidas de masa vegetal del bosque nativo y de los recursos hídricos debido principalmente al cambio por plantaciones forestales. Por lo que queda en evidencia que las medidas tomadas no han sido efectivas para la gestión del parque y, por ende, es evidente la amenaza que ocasionan para la oferta de SE de regulación y culturales.

De la Barrera et al. (2015), aseguran que para una planificación y gestión integradas del territorio que conserven la biodiversidad a la vez que asegura el bienestar de la población, mediante una adecuada gestión ambiental y planificación territorial, es necesario disponer de conocimientos acerca de la provisión y distribución espacial de los servicios ecosistémicos. Por lo que, en el caso de la Reserva de la Biósfera disponer de un mapa de oferta de SE como insumo para la planificación y conocimiento público para la población de la reserva y aledaña es esencial, debido a las consecuencias que puede traer, por ejemplo, la destrucción de los bosques y la conversión a plantaciones ya que tienen externalidades ambientales significativas, tales como el aumento de la erosión del suelo, el desbalance en la regulación hídrica y la reducción de la calidad del agua (Lara y Veblen, 1993). Lamentablemente, la cantidad y diversidad de servicios que brindan los bosques nativos no son percibidos por la mayoría de la sociedad y muchos de ellos no son evaluables en términos económicos (Costanza et al., 1997; Nahuelhual et al., 2007).

### **4.3. Identificación espacial de las áreas de restauración ecológica**

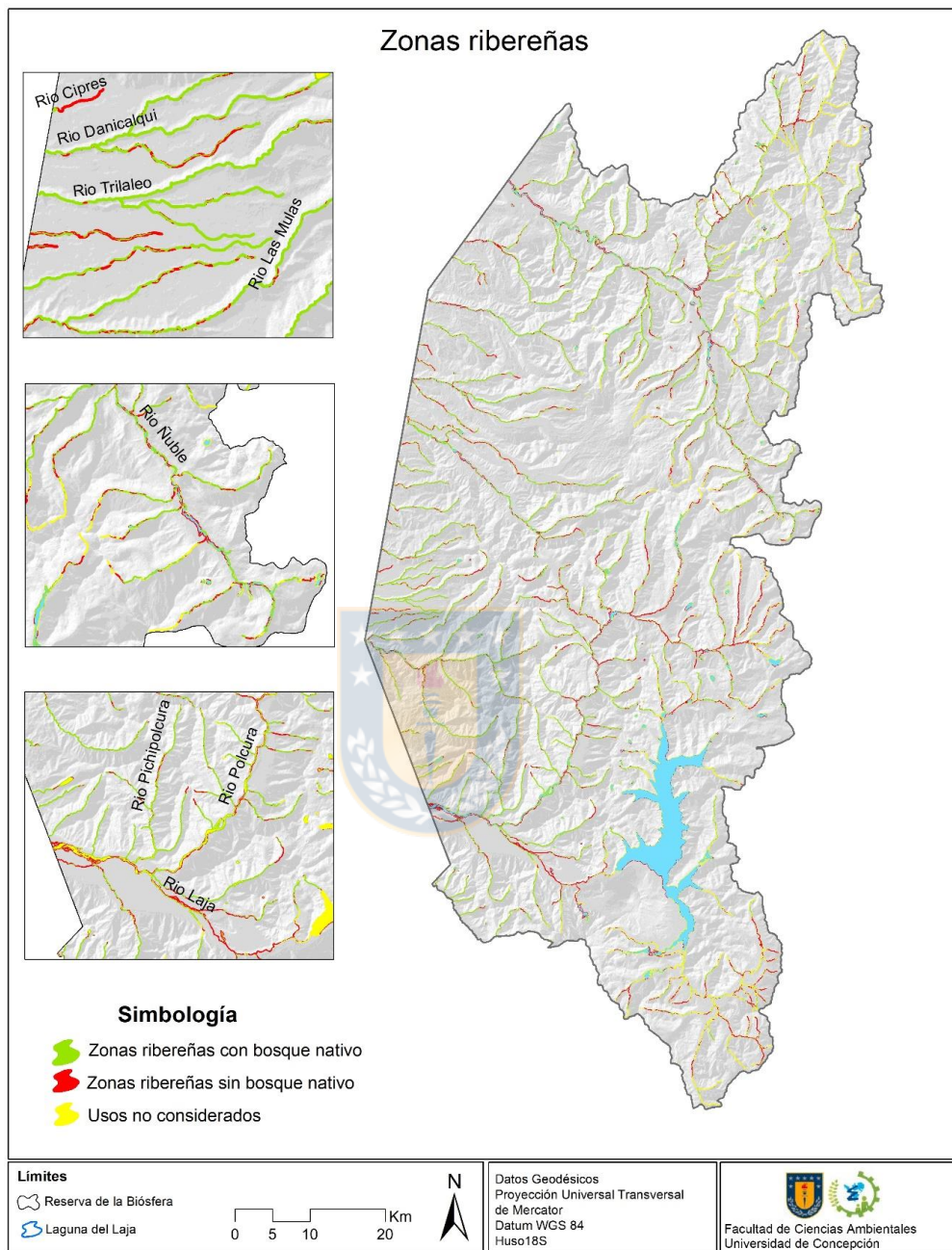
#### **4.3.1. Pérdida de procesos hidrológicos clave**

##### **4.3.1.1. Zonas ribereñas sin vegetación nativa**

La zona ribereña es una estrecha franja que se ubica adyacente a las riberas de los ríos, lagos y embalses, otros humedales y planicies de inundación (Price y Lovett, 2002). Esta zona vincula el ecosistema acuático con su cuenca de drenaje y presenta gradientes de condiciones biofísicas, procesos ecológicos y biota asociada y por su proximidad influye en la estructura de las comunidades tanto acuáticas como terrestres asociadas (Osborne y Kovacic, 1993). Para la Reserva de la Biósfera se identificó la vegetación en las zonas ribereñas, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 6, se realizó un buffer de 60m de todos los cauces y lagunas. Del catastro de los recursos vegetacionales nativos (2015) se identificaron las zonas ribereñas sin vegetación nativa, excluyéndose del análisis todas aquellas superficies carentes de vegetación o cuerpos de agua, por ejemplo: afloramientos rocosos, corridas de lava y escoriales, nieve, glaciares y terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación, entre otros. Como se observa en la Figura 16 estas áreas quedan representadas de color amarillo. Adicionalmente, los bosques dentro de este buffer quedan representados de color verde y es posible observar que varios ríos, esteros y quebradas a lo largo de su cauce están rodeados mayoritariamente de esta cobertura, por ejemplo, los ríos Trilaleo, Santa Gertrudis, Quemazones, las quebradas el Diamante y las Veguillas y, los esteros las Damas y las Piedras por nombrar algunos. En el caso de la laguna del Laja, observan pequeños parches de bosque nativo dispersos que en conjunto poseen una superficie de 2 ha aproximadamente, por

el contrario, predomina la presencia de estepa andina (sobre el 50%) y playa y dunas.

En resumen, del análisis se obtuvo que 52% de las zonas ribereñas poseen vegetación nativa y el 25% no posee, el 23% restante corresponde a las áreas que naturalmente no poseen vegetación como se mencionó previamente. La importancia de la identificación de las zonas ribereñas sin bosque nativo (25%) radica en que los bosques ribereños filtran los sedimentos minerales y orgánicos, purificando el agua y, al ser zonas de transición entre ecosistemas acuático y terrestre, cumplen un rol fundamental en la mitigación de desastres naturales como las inundaciones disminuyendo los riesgos que los cauces se desborden cuando llueve intensamente (Cruz-Tagle y Lara, 2020; PNUD, 2016). Adicionalmente, el bosque ribereño, es un corredor biológico que permite el flujo de semillas, esporas y otras formas de propagación de las plantas, facilita el movimiento y es también el hogar de la fauna silvestre y muchos otros organismos vivos (PNUD, 2016). Por lo que, es necesaria su restauración para evitar la pérdida de procesos hidrológicos clave como lo son tasas de intercepción, infiltración, evapotranspiración, recarga de aguas subterráneas y escorrentía superficial y fluvial (Chandler, 2006; Almeida et al., 2016).



**Figura 16.** Ausencia de bosque nativo en zonas ribereñas.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

#### 4.3.1.2. Cabecera de sub-subcuencas sin cobertura de bosques nativos

En la Reserva de la Biósfera se identificaron 26 sub-subcuencas, encontrándose 13 de ellas completamente dentro de los límites de esta. Al igual que en el indicador anterior, con el propósito de identificar áreas potenciales para su restauración es que se excluyeron del análisis todas aquellas superficies carentes de vegetación y cuerpos de agua.

Como se ha mencionado previamente, el bosque nativo, renoval o mixto se encuentra concentrado en las zonas bajas de la Reserva de la Biósfera y en las zonas más altas se encuentra parches dispersos y aumentan las coberturas excluidas del análisis, por lo que se esperaba los resultados obtenidos en este indicador. Como se observa en la Figura 17, las cabeceras de sub-subcuencas presentan parches dispersos sin bosque nativo con una superficie total de 61.072 ha.

En primer lugar, 27% de las de las cabeceras de sub-subcuencas presentan sobre el 50% de coberturas no consideradas. Como se observa en la Figura 18, la sub-subcuenca del río Polcura hasta bajo del río Vallecito es la única donde la superficie sin bosque nativo es mayor a la del bosque nativo. En 22 de las sub-subcuencas el bosque nativo ha sido reemplazado principalmente por matorrales, siendo las plantaciones forestales la segunda causa de la disminución en las cabeceras. En el caso de la sub-subcuenca del estero Cholguán entre el estero Villagrán y el río Huépil, de la superficie sin bosque nativo (3.024 ha) en la cabecera, el 60% corresponde a plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus radiata*. Lo mismo ocurre con la sub-subcuenca del río Itata entre el estero Trilaleo y río Diguillín, las plantaciones forestales corresponden al 84% de la superficie sin bosque nativo de la cabecera.

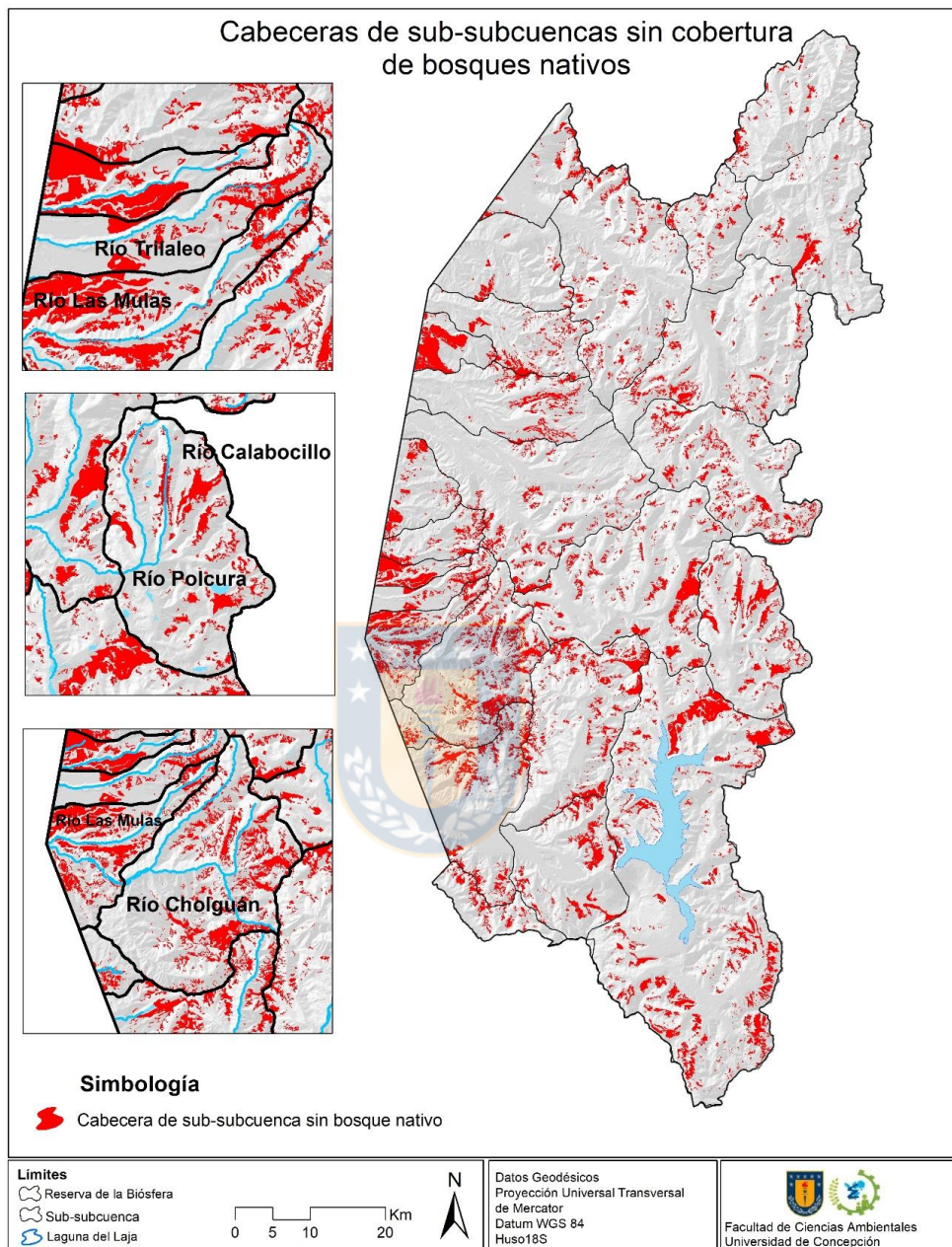
En el estudio “Efecto del uso del suelo sobre la disponibilidad de agua y eficiencia hídrica en cuencas templadas del centro-sur de Chile” (Esse et al. s.f.) concluyeron que las funciones hidrológicas son más eficientes en cuencas con coberturas boscosas, conformadas por especies nativas o exóticas, que en cuencas de cobertura agrícolas con rotaciones anuales de cultivos. De la misma forma, Haigh et al. (2004) demuestran cómo los cambios ambientales causados por razones antrópicas en las cabeceras (colonización por la agricultura, deforestación, urbanización, pastoreo), afectan la cantidad y calidad de los recursos hidráulicos aguas abajo debido a que estas regulan naturalmente los recursos hídricos y controlan los flujos de sedimentos río abajo (Forget et al., 2005). En efecto, una cuenca deforestada transferirá un menor volumen de agua hacia la atmósfera por evapotranspiración, dejando más agua para el caudal. Por lo tanto, en suelos con escasa cubierta vegetal y menor capacidad de infiltración, la lluvia alcanzará los cauces por escurrimientos superficiales rápidos que producirán erosión en las laderas y un flujo violento cargado de sedimentos que aumentará tanto la turbidez del río como las posibilidades de altos picos de descarga e inundaciones (Pinto et al. 2005).

Así mismo, el uso del bosque para refugio y alimentación del ganado tiene un impacto negativo en la regeneración, la riqueza y diversidad de especies, además de erosión, agotamiento de nutrientes, compactación y la acidificación del suelo, constituyendo uno de los principales factores de degradación de los bosques y contribuir en cambios en el régimen hidrológico (Buffum et al., 2009; Moraga y Sartori, 2016; Sharrow et al., 2009; Zamorano et al., 2014).

Finalmente, estas sub-subcuencas drenan o son afluentes de las 2 cuencas mayores que forman parte de la Reserva de la Biósfera, que son las cuencas hidrográficas de los ríos Itata y Biobío, por lo que una gestión adecuada tanto a nivel de sub-subcuenca y cuenca es necesario para mantener y garantizar la seguridad de los ecosistemas y, por ende, mantener la provisión de servicios

ecosistémicos. Para esto, diversos estudios (Benda et al., 2005; Esse et al., s.f.; Gomi et al., 2002) señalan, por ejemplo: 1) el manejo forestal en la cabeceras resulta crucial para determinar la severidad de las afectaciones que podrían percibirse agua abajo, 2) promover el uso de técnicas de manejo de plantaciones forestales que eviten la cosecha a tala rasa y múltiples rotaciones en cabeceras y zonas ribereñas y, 3) debido a que las cabeceras suelen ser soslayadas y manejadas inadecuadamente en comparación con los grandes sistemas hidrográficos, las prácticas de conservación y restauración, deberán ser específicas y diferentes a las aplicadas en el conjunto de los grandes sistemas.





**Figura 17.** Cabecera de sub-subcuencas sin cobertura de bosques nativos.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

**Tabla 14.** Síntesis de los resultados obtenidos del indicador para las cabeceras de sub-subcuencas.

Nombre sub-subcuenca	Área total (ha)	Coberturas en la Cabecera de sub-subcuenca		
		Bosque nativo (ha)	Sin bosque nativo (ha)	Coberturas no consideradas (ha)
Río Los Sauces hasta Cajón González	18.929	26	4	51
Cajón González	30.448	2.352	1.392	20.401
Río Ñuble entre estero Bullileo y bajo junta estero Pangué*	10.173	3.429	2.325	9
Río Los Sauces entre cajón González y río Ñuble	11.491	5.799	859	3.808
Río Cato en junta río Niblinto*	16.289	5.501	536	394
Río Nublinta*	14.297	7.300	1.543	1.702
Río Ñuble entre río Las Minas y río Los Sauces	35.560	9.308	2.217	15.479
Río Chillán hasta bajo junta estero Peladillas*	19.614	6.504	1.889	2.648
Río Ñuble hasta abajo río Las Minas	27.641	6.654	3.248	13.112
Río Diguillín entre río Renegado y bajo junta estero Danquileo*	8.856	5.670	1.157	8
Río Renegado*	40.615	10.583	2.421	8.599
Río Dinguillín entre estero Danguileo y río Itata*	6.751	5.359	1.080	204
Río Itata entre estero Trilaleo y río Diguillín*	3.316	1.782	1.514	19
Río Polcura entre río Vallecito y bajo estero Blanquillo	39.043	7.258	3.991	11.720
Río Polcura hasta bajo río Vallecito (Cuatro Juntas)	23.386	1.645	2.930	12.449
Río Itata entre río Huépil y bajo estero Chillancito	5.684	3.052	1.001	72
Río Cholguán bajo junta estero Villagrán	26.070	13.909	4.468	2.026
Estero Cholguan entre estero Villagrán y río Huepil*	9.951	6.455	3.024	19
Río Polcura entre estero Blanquillo y río Laja	28.782	16.457	3.963	4.295
Desagüe Lago Laja	97.070	15.462	10.086	43.424
Río Huepil*	2.022	1.771	248	2
Río Laja entre desagüe Laja y río Polcura	20.825	3.111	2.340	4.615
Río Rucúe	6.974	2.542	943	983
Río Cato entre arriba río Niblinta y bajo junta estero Coihueco*	5.763	3.429	2.325	9
Río Ñuble entre río Los Sauces y bajo estero Bullileo	37.548	17.717	2.378	6.747
Río Laja entre estero Polcura y río Rucúe*	23.983	8.537	3.192	313

\* Sub-subcuencas que solo una parte de su superficie se encuentra dentro de los límites de la Reserva de la Biosfera.

Fuente: Elaboración propia.

## 4.3.2. Especies en riesgo de extinción

### 4.3.2.1. Especies amenazadas

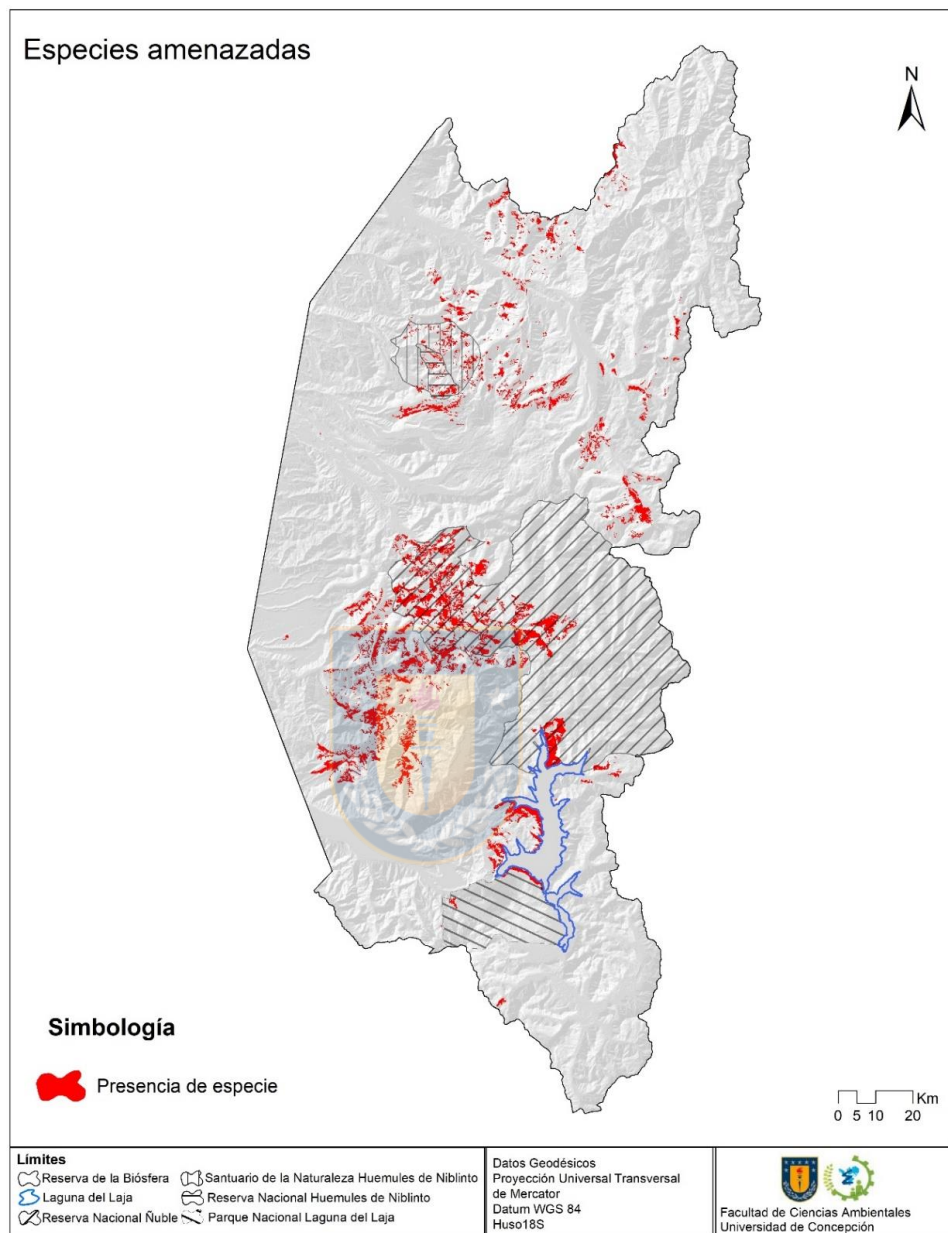
De la información recopilada para el objetivo 1, se seleccionaron las especies de flora y fauna que se encuentran categorizadas como vulnerables, en peligro

y peligro crítico, que corresponden a 12 especies de las cuales 8 corresponden a especies de flora y 4 a fauna. Como se observa en la Tabla 14, 7 especies se encuentran en áreas con uso antrópico, que corresponden a 22.555 ha, de las cuales el 78% corresponde a matorral. Además, el principal afectado por el cambio de uso de suelo por acciones antrópicas es el *Hippocamelus bisulcus*.

**Tabla 15.** Especies amenazadas en la Reserva de la Biósfera. / EN: En Peligro, VU: Vulnerable, CR: En peligro crítico, DD: Datos insuficientes, LC: Preocupación menor.

	Nombre Científico	Estado de Conservación		Uso antrópico donde se encuentran
		IUCN	RCE	
<b>Flora</b>	<i>Bipinnula volkmannii</i>	-	EN	Matorral pradera
	<i>Citronella mucronata</i>	LC	VU	-
	<i>Eucryphia glutinosa</i>	-	VU	Matorral
	<i>Nothofagus glauca</i>	VU	-	Matorral
	<i>Podocarpus salignus</i>	VU	-	-
	<i>Prumnopitys andina</i>	VU	VU	Matorral y pradera
	<i>Legrandia concinna</i>	EN	EN	Matorral
	<i>Araucaria araucana</i>	EN	VU	Matorral
<b>Fauna</b>	<i>Liolaemus hermannunezi</i>	DD	CR	-
	<i>Phymaturus vociferator</i>	VU	CR	Otros sin vegetación
	<i>Pristidactylus torquatus</i>	LC	VU	-
	<i>Hippocamelus bisulcus</i>	-	EN	Matorral, derrumbe sin vegetación, otros sin vegetación, plantación, praderas y terrenos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 18.** Especies en riesgo de extinción presentes en usos antrópicos en la Reserva de la Biósfera.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

### **4.3.3. Fragmentación**

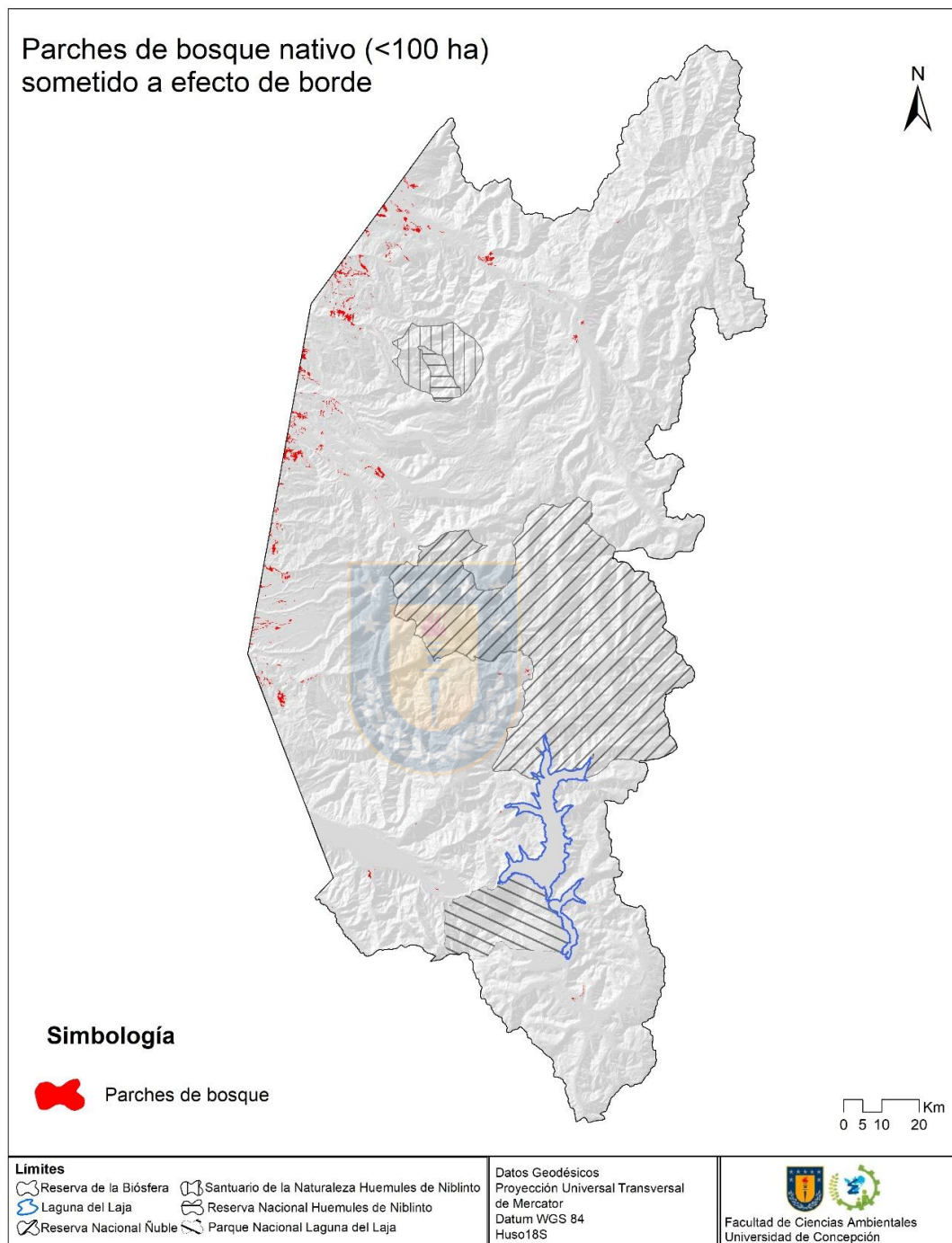
#### **4.3.3.1. Fragmentación de ecosistemas naturales**

Como se ha mencionado previamente, la fragmentación provoca una disminución del tamaño de los parches de hábitat y los aísla. Otra de sus consecuencias es que la reducción de los fragmentos produce un aumento en la relación perímetro-superficie generando mayor efecto borde, exponiendo el interior de los parches o fragmentos a influencia externa (Didham, 2010). El borde se puede definir como la zona de transición entre sistemas ecológicos adyacentes y cuenta con características únicas que son resultado de su interacción, los cuales pueden generar cambios. El gradiente de cambios abióticos y bióticos que ocurre en esta zona de contacto o transición entre comunidades que difieren en estructura vegetal y biota, se define como efecto de borde (Williams-Linera, 1990; Murcia, 1995; Harper et al., 2005; Ruán, 2006). Los cambios que se producirán en el borde dependerán de la magnitud de la diferencia entre parches, es decir, el contraste. La importancia ecológica del contraste radica sobre todo en el efecto borde, por ejemplo, los cambios microclimáticos se extenderían más adentro a lo largo de un borde con contraste mayor (McArthur y Wilson, 1995).

En el caso de la Reserva de la Biosfera, se contabilizaron un total de 408 parches menor a 100 ha ubicados principalmente a lo largo del límite oeste, correspondientes a parches de bosque nativo, renoval o mixto sometidos a efecto de borde de alto contraste, es decir, son parches que se encuentran rodeados por plantaciones forestales, praderas o terrenos agrícolas. El área total que cubren estos parches corresponden a 2.319 ha aproximadamente, de ellos el 45% de los parches posee un área inferior a 1 ha. Estos parches se ven aislados principalmente por plantaciones forestales. Los bordes creados por

actividad antrópica tienen las características típicas de tener mayor temperatura, ser más secos y con mayor ventilación que el interior de los parches, así como también estar expuestos a mayor intensidad lumínica, lo que no siempre va acorde a las dinámicas propias de ecosistemas boscosos en etapas de desarrollo avanzado (Chen et al., 1999). Además, pueden limitar directamente la conectividad, ya que se puede reducir el grado de movimiento de los organismos a través del paisaje (Forman & Godron 1986; Mesquita et al., 1999).





**Figura 19.** Fragmentación de ecosistemas naturales en la Reserva de la Biósfera.

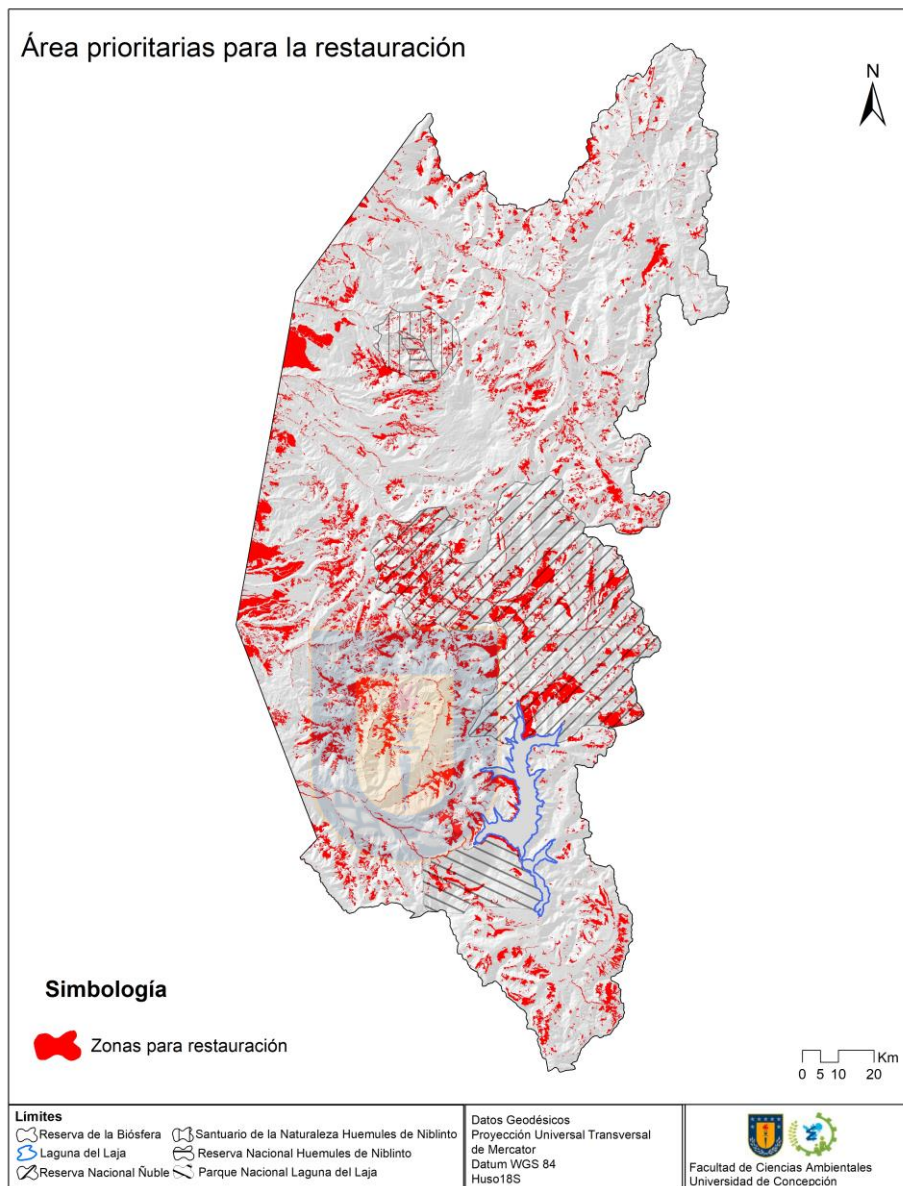
Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

#### **4.3.4. Identificación de zonas para restauración**

De la superposición de mapas de los indicadores se obtuvo las áreas prioritarias para la restauración para la Reserva de la Biósfera (Figura 21), las áreas propuestas para mejorar la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ecosistémicos hídricos alcanzan una superficie aproximada de 65.652 ha y, para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas para proveer hábitat es de 24.826 ha aproximadamente. En algunos sectores estas zonas cumplen ambas funciones por lo que el área total prioritaria para restauración es 73.656 ha aproximadamente, que corresponde al 13% del área de la Reserva de la Biosfera.

En la Reserva Nacional Ñuble se observan diversas zonas con prioridad de restauración, con un área de 12.298 ha que corresponden a 19% del área de la reserva. Además, en este sector nace el principal afluente del río Laja, el río Polcura el cual se ve directamente afectado por la ausencia o mínima cobertura boscosa a lo largo de su curso, lo que puede afectar o alterar procesos hidrológicos como filtración, evapotranspiración, intersección; que determinan la provisión de SE hídricos.

Si bien, estas zonas identificadas que han sido degradadas, dañadas o transformadas como resultado directo o indirecto de las actividades humanas de acuerdo con los indicadores, proporcionando un insumo para evaluar y considerar a la hora de concretar futuras acciones de recuperación. Como señala Sabogal (2008), se sugiere que cualquier planificación para las áreas a recuperar sea bajo un paradigma adaptativo y multidimensional, es decir, integrando aquellos actores que son claves para el territorio y considerando el dinamismo del ecosistema forestal.



**Figura 20.** Áreas prioritarias para la restauración en la Reserva de la Biósfera.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

#### 4.4. Determinar espacialmente la infraestructura ecológica

Los elementos que componen la infraestructura ecológica comprenden la integración de los resultados obtenidos en los procesos anteriores. La

infraestructura ecológica está dada por las áreas de alto valor ecológico y las áreas prioritarias para la restauración.

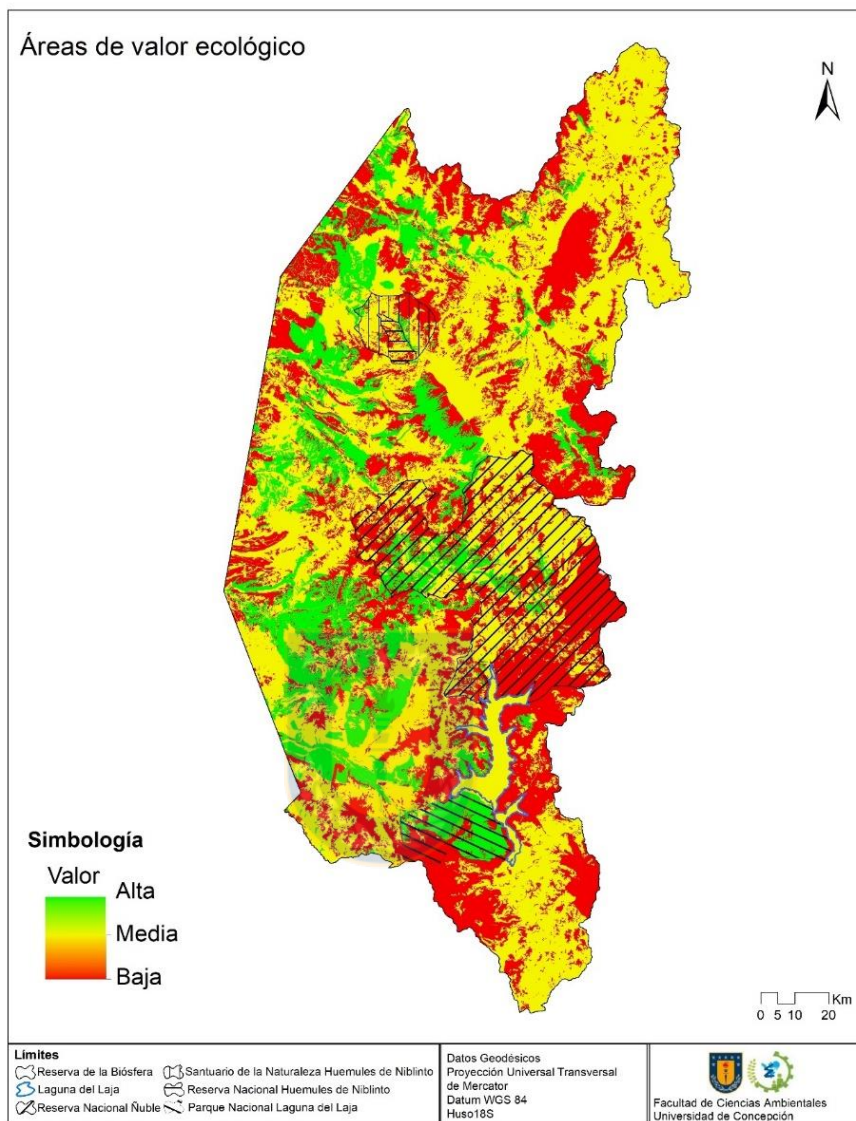
#### 4.4.1. Identificación de las áreas de valor ecológico

Corresponde a la superposición de los rangos más altos de las capas de áreas de valor de biodiversidad y servicios ecosistémicos, reclasificado en un rango de 3 (Figura 22, Tabla 15). Para identificar las zonas de valor ecológico, se realizó la suma de los rangos más altos de las capas de áreas de valor de biodiversidad y de oferta potencial de servicios ecosistémicos. El mapa resultante fue reclasificado en un rango de 3 valores. El color verde indica las áreas con mayor valor ecológico y corresponde a un 22% de la superficie de la Reserva de la Biósfera, encontrándose se forma dispersa y presente en todas las comunas, estas áreas corresponden a bosque nativo y renoval, que conforman los ecosistemas que ofrecen mayor cantidad de servicios ecosistémicos. En el caso del color amarillo, indican las áreas con rango “medio” e valor ecológico y corresponden al 42% de la superficie de la reserva.

**Tabla 16.** Superficie de las áreas de valor de ecológico.

Valor de biodiversidad	Área total (ha)	%
Bajo	205.722	36
Medio	239.691	42
Alto	126.589	22

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 21.** Áreas de valor ecológico.

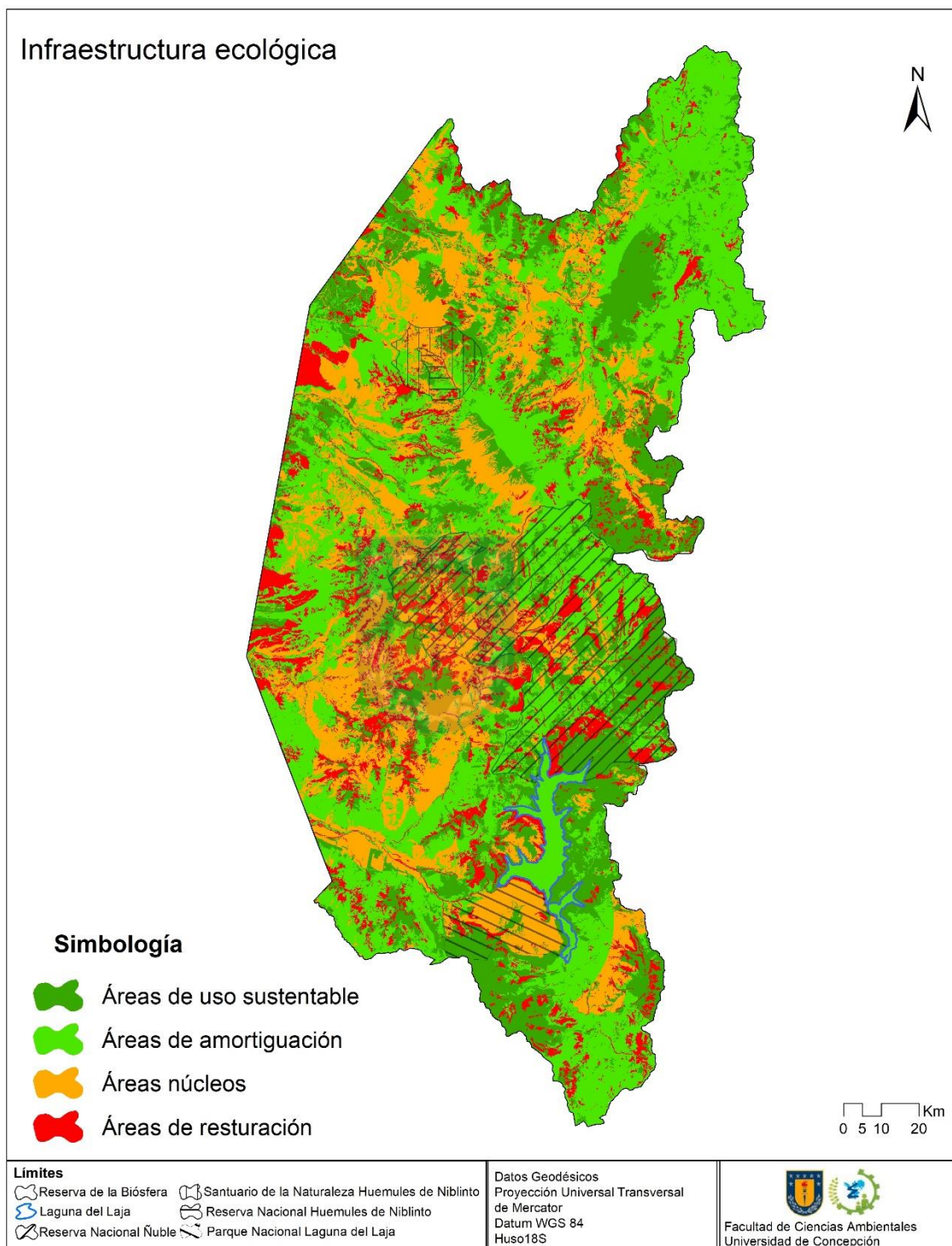
Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

#### 4.4.2. Componentes de la Infraestructura ecológica

Finalmente, el mapa de áreas de valor ecológico se integra junto al mapa de áreas prioritarias para la restauración y de esta forma identificar las áreas que conformaran la infraestructura ecológica para la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados Chillán- Laguna del Laja. (Figura 23).

A continuación, se definen las zonas de la Infraestructura ecológica:

- **Áreas núcleos:** Zonas de alto valor de ecológico, es decir, estas zonas son las capaces de ofrecer la mayor cantidad de servicios ecosistémicos y con mayor valor para la conservación de la biodiversidad.
- **Áreas de amortiguación:** Zonas adyacentes a las áreas núcleos, capaces de proveer servicios ecosistémicos y mantener la conectividad dentro del área.
- **Áreas de uso sustentable:** Zonas que no están consideradas en las otras categorías. Áreas con menor oferta de servicios ecosistémicos donde se desarrollan en algunos sectores actividades antrópicas o se ven afectadas por disturbios antrópicos. Áreas con escasa cobertura arbórea.
- **Áreas de Restauración:** zonas dañadas o degradadas necesarias para mejorar la capacidad de los ecosistemas para proveer hábitats y servicios ecosistémicos.



**Figura 22.** Infraestructura Ecológica para la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.

Fuente: Elaboración propia a partir de ArcGIS.

**Tabla 17.** Superficie de los elementos de la Infraestructura ecológica.

Infraestructura ecológica	Área total (ha)	% de la Reserva de la Biosfera
Área núcleo	145.264	25
Área de amortiguación	229.108	40
Área de uso sustentable	145.264	22
Área de restauración	73.733	13

Fuente: Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de la Reserva de la Biósfera a través de los años se han desarrollado múltiples actividades que han generado impacto a los ecosistemas y han ocasionado la perdida y fragmentación de hábitats por lo que el diseño de una infraestructura ecológica es de gran relevancia para una futura planificación, al ser un instrumento indicativo, es decir, una hoja de ruta para la toma de decisiones, ya que permite resolver las preguntas: ¿Dónde proteger o qué es lo que se debe conservar? y ¿Dónde restaurar?, por lo que se puede tomar medidas preventivas para evitar que se desarrollen actividades que no estén acordes con estas directrices.

Como se identificó en el estudio, en la Reserva de la Biosfera un 20% del área posee un alto valor para la conservación de la biodiversidad; pero altamente vulnerable debido a las presiones antrópicas, como la construcción de caminos y proyectos energéticos. Asimismo, si bien, en el sector norte la Reserva posee áreas con alta diversidad de ecosistemas, presencia de especies marginales o endémicas amenazadas, el valor de estas áreas “disminuyeron” debido a la

cercanía de disturbios antrópicos como zonas afectadas por incendios, centros poblados, proyectos ingresados al SEIA o caminos, traducándose en un 37% del área con bajo valor de conservación.

Además, en el caso de los servicios ecosistémicos los ecosistemas ribereños y bosque caducifolios poseen la mayor superficie dentro de la reserva, 32% y 31% respectivamente, sin embargo, de la evaluación de restauración se identificó la ausencia de bosque nativo en los principales ríos la Reserva como, por ejemplo, el río Laja, Polcura, Ñuble o Diguillin por lo que los Servicios ecosistémicos de regulación se pueden ver deteriorados. Lo mismo ocurre en las cabeceras de sub-subcuencas que son zonas primordiales para mantener la “salud” de las aguas abajo.

Por otra parte, 126.589 ha que corresponden al 22% del área de la Reserva fueron consideradas como áreas de alto valor ecológico, es decir, áreas de mayor importancia para la conservación de biodiversidad y que poseen la mayor capacidad de proveer servicios; pero solo el 4% de esa superficie está actualmente protegida por el Estado.

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

- Contar con una base de datos georreferenciada de especies endémicas amenazadas.
- Realizar un mapeo participativo para identificar las necesidades de SE de la comunidad.
- Integrar otros criterios que la comunidad crea necesario o importante para evaluar en los componentes de biodiversidad y restauración.
- Considerar el emplazamiento de los proyectos ingresados al SEIA para captar el grado de afectación dentro de la Reserva de la Biósfera, ya que en el presente trabajo se utilizó solo la localización.

- Evaluar los incendios ocurridos a la fecha, ya que solo se consideraron de acuerdo al criterio de Vulnerabilidad, los incendios de baja y media severidad identificados por De La Barrera et al. 2018.

Finalmente, y acorde a las Naciones Unidas (2020), se reconoce que la tesis desarrollada contribuye específicamente a dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- **Objetivo 13: Acción por el clima.** La IE puede ayudar a enfrentar el cambio climático a través, del mantenimiento de los ecosistemas que proveen de SE que permitan enfrentar aspectos específicos relacionados con el cambio climático, por ejemplo, los SE de regulación de gases, climas, fertilización del suelo o el almacenamiento de carbono, proteger contra fenómenos naturales.
- **Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestre.** Mediante la IE se puede informar sobre los procesos y componentes de la biodiversidad y los SE que deberían preservarse o restaurarse para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos, por lo que resulta un input para la toma de decisiones para frenar la pérdida de biodiversidad y la degradación de las tierras.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A., Smethurst, P., Siggins, A., Cavalcante, R., y Borges, N., (2016). Quantifying the effects of Eucalyptus plantations and management on water resources at plot and catchment scales. *Hydrol. Process.* 30, 4687–4703.
- Araneda, C., Premoli, A., Echeverría, C., Thomas, P., y Hechenleitner, P. (2011). Restricted gene flow across fragmented populations of *Legrandia concinna*, a threatened Myrtaceae endemic to south-central Chile. *Bosque*, 32(1), 30-3.
- Armesto, J., Rozz, R., Smith-Ramírez, C., y Arroyo, M. (1998). Conservation targets in South American temperate forests. *Science* 282: 1271-1272.
- Arroyo, M., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., y Rozzi, T. (2004). Chilean winter rainfall-Valdivian forests. In (Mittermeier, R.A., P.R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreux, G.A.B. da Fonseca, eds.), “Hotspots Revisited: Earth’s Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems”, pp. 99-103. CEMEX, México D.F.
- Arroyo, M., Riveros, M., Peñaloza, A., Cavieres, L., y Faggi, A. (1996). Phytogeographic relationships and regional richness patterns of the cool temperate rainforest flora of southern South America. In: R.G. LAWFORD, P.B. ALABACK & E. FUENTES. (eds.) *HighLatitude Rainforests and Associated Ecosystems of the West Coasts of the Americas. Climate, Hydrology, Ecology and Conservation*. Springer Verlag, New York, pp. 134-172.
- Avilés, R., Garín, C., Núñez, H., Núñez, J., Ortiz, J., Sallabery, N., Victoriano, P. y Vidal, M. (2017). *Phymaturus vociferator*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T56251982A56252030. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T56251982A56252030.en>
- Balvanera, P., y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*, (84-85).
- Barrera, E., y Meza, I. (1993). Características de la epidermis foliar de árboles chilenos. III Subclase *Dilleniidae*. *Bol. Mus. Nac. Historia Nat. Chile*, 46, 33-43.
- Barros, R., Jaramillo, A., y Schmitt., F. (2015). Lista de las Aves de Chile 2014. *La Chiricoca* 20: 79-100.
- Barstow, M., Rivers, M., y Baldwin, H. (2017). *Nothofagus glauca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T32034A2809142. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T32034A2809142.en>

Benda, L.; Hassan, M., Church, M., y May, C. (2005). Geomorphology of steepland headwaters: The transition from hillslopes to channels. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 41 (4): 835-851.

Benedetti, S. (2012). Programa de investigación de productos forestales no madereros: Monografía de Espino *Acacia caven (Mol.) Mol.* Instituto Forestal (INFOR).

Benedict, M., y McMahon, E. (2002) Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal (Autumn Edition)*. pp. 12-17.

Benedict, M., y McMahon, E. (2006). *Green Infrastructure, linking landscapes and communities* Island press, Washington, pp. 299.

BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. (2016). *Muscisaxicola cinereus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1.

Black-Decima, P., Corti, P., Díaz, N., Fernández, R., Geist, V., Gill, R., Gizejewski, Z., Jiménez, J., Pastore, H., Saucedo, C., y Wittmer, H. (2016). *Hippocamelus bisulcus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T10054A22158895. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T10054A22158895.en>

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.

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.

Botanic Gardens Conservation International (BGCI) y IUCN SSC Global Tree Specialist Group (GTSG). (2018). *Acacia caven*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T131400014A135697877.

Botanic Gardens Conservation International (BGCI) y UICN SSC Global Tree Specialist Group (GTSG). (2018). *Azara petiolaris*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2018: e.T131396078A135697058.

Buffum, B., Gratzner, G., y Tenzin, Y. (2009). Forest Grazing and Natural Regeneration in a Late Successional Broadleaved Community Forest in Bhutan.

Mountain Research and Development 29 (1): 30-35.  
<https://doi.org/10.1659/mrd.991>

Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., y Muller, F. (2014). Ecosystem service potentials, flows and demands—concepts for spatial localization, indication and quantification. *Landscape Online* 34:1–32.

Burkhard, B., y Maes, J. (2017). Mapping Ecosystem Services. pp228. Obtenido de:  
[https://www.researchgate.net/publication/315066978\\_Mapping\\_Ecosystem\\_Services](https://www.researchgate.net/publication/315066978_Mapping_Ecosystem_Services)

Cameron, S., y Peña, L. (1982). “Cerambycidae Associated with the Host Genus *Nothofagus* in Chile and Argentina”, *Turrialba* 32 (4): 481-487.

Carrasco, N. (2017). Estudio de variables socio ecológicas de grupos de interés vinculados al bosque nativo de las comunas de El Carmen y Pinto, Región del Biobío, Informe final.

Carrillo, R. (2017). Ficha de especies clasificadas: *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch. Ministerio de Medio Ambiente.

Castillo, H., Olivares, A., y Polzenius, G. (1990). Variaciones de la humedad aprovechable del suelo y su efecto en rendimiento de la pradera desarrollada bajo la influencia del espino *Acacia caven* (Mol.) Mol. *Avances en Producción Animal*. 15 (1-2):19-28.

Catalán, C. (2018). Valoración social de humedales del área urbana de la comuna de Pichilemu, Región del Libertador General Bernardo O’Higgins, Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170975>

Celis, J., Droguett, M., Penas, M., y Olivares, P. (2017). Planificación ecológica y propuesta de infraestructura ecológica, incluyendo objetivos ambientales zonificados para protección, restauración y uso sustentable de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Cerda, C., Tironi, A., y de la Maza, C. (2015). El enfoque de servicios ecosistémicos. Elaboración de informes técnicos como apoyo para el eje de biodiversidad y servicios ecosistémicos del departamento de economía ambiental del Ministerio del Medio Ambiente. Consultoría. Universidad de Chile.

Cerda, M. (1973). Nueva tribu de Cerambycinae (Coleóptera: Cerambycidae). *Revista Chilena de Entomología* 7: 115-122.

Cerda, M. (1986). Lista sistemática de los cerambícidos chilenos (Coleóptera: Cerambycidae). *Rev. Chilena Ent.* 14: 29-39.

Chandler, D. (2006). Reversibilidad de los impactos de la conversión forestal en los presupuestos hídricos en terrenos kársticos tropicales. *Manejo y ecología forestal*, 224 (1-2), 95-103.

Chen J, Saunders S., Crow, T., Naiman, R., Brosofske, K., Mroz, G., Brookshire, B., Franklin, J. (1999). Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *BioScience* 49, 288–297.

Comisión Europea. (2014). Construir una infraestructura verde para Europa.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2009). Convenio sobre diversidad biológica. Cuarto Informe Nacional de Biodiversidad. Chile.

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 ChillánLaguna del Laja.

CONAF. (2015). Chile Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja.

Cortés-Donoso E., Podvin, K., y Casteller, A. (2017). Reporte final. Ecosistemas para la Protección de la Infraestructura y Comunidades en Chile. Quito, Ecuador: UICN. X+53pp.

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., Suttonk, P. y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.

Couve, E., Vidal, C., y Ruiz., J. (2016). Aves de Chile, sus Islas Oceánicas y Península Antártica. FS Editorial. Punta Arenas, Chile. 551 pp.

Cruz, I., Muñoz, A., y Caracotche, M. (2010). Un Artefacto en Asta de Huemul (*Hippocamelus Bisulcus*) en Depósitos Arqueológicos de la Costa Atlántica: Implicaciones para la Movilidad Humana y la Distribución de la Especie. *Magallánica* (Punta Arenas), 38(1), 287-294.

Cruz-Tagle, E., y Lara, A. (2020). Documento técnico de Recomendaciones a la Ley 20.283 de Bosque Nativo y Fomento Forestal y Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales. Fundación Centro de los Bosques Nativos Forecos. Informe del Proyecto Impacto de la ganadería y la tala sobre los bosques nativos de conservación y el servicio ecosistémico de calidad de agua a escala de cuencas financiado por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo 020/2016, de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Daily, G. (1997). Nature's services.

Dawson, T., Jackson, S., House, J., Prentice, I., y Mace, G. (2011). Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025), 53–58.

de Bello, F., Lavorel, S., Díaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J., Bardgett, R., Berg, M., Cipriotti, P., Feld, C., Hering, D., da Silva, P., Potts, S., Sandin, L., Sousa, J., Storkey, J., Wardle, D., y Harrison, P. (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19(10), 2873-2893.

De Groot, R., Wilson, M., y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem function, goods, and services. *Ecological Economics*. Vol. 41: 393-408.

De Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., y Willemen, L. (2010.a). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7(3): 260-272.

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*.

De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., ..., y Van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services*, 1(1), 50-61.

De la Barrera, F., Bachmann-Vargas, P., y Tironi, A. (2015). La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas*, (50), 3-18.

De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, F., Ruiz, V., y Quense, J (2018). Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of The Total Environment*. 1526-1536.

Del Fierro, P., Pancel, L., Rivera, H., y Castillo, I. (1998). Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile: recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales.

Demangel D. (2016). Reptiles de Chile. Fauna Nativa Ediciones: 619pp.

Diario Oficial. (1990). Declara Monumento Natural a la *Araucaria araucana*. Decreto Supremo 43. Santiago, Chile.

Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F.S. y Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLOS Biology*, 4(8), e227. Recuperado de: <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0040277>

- Didham, R. (2010). Ecological consequences of habitat fragmentation. eLS. John Wiley y Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net> [doi: 10.1002/9780470015902.a0021904]
- Donoso, C. (1993). Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 484 p.
- Eastman, J. (1999). Guide to GIS and Image processing. Idrisi 32. Clarck Labs.Worcester, MA.
- Elbakidze, M., Hahn, T., Mauerhofer, V., Angelstam, P., y Axelsson, R. (2013). Legal framework for biosphere reserves as learning sites for sustainable development: A comparative analysis of Ukraine and Sweden. *Ambio*, 42(2), 174-187.
- Esse, C., Correa-Araneda, F., Saavedra, P., y Santander-Massa, R. (s.f.). Efecto del uso del suelo sobre la disponibilidad de agua y eficiencia hídrica en cuencas templadas del centro-sur de Chile.
- FAO-CONAF. (2008). Manual de plagas y enfermedades del bosque nativo en Chile. Editora e Imprenta Maval Ltda.
- Forget, G., Carreau, C., Le Coeur, D., y Bernez, I. (2013). Ecological Restoration of headwaters in a rural landscape (Normandy, France): a passive approach taking hedge networks into account for riparian tree recruitment. *Restoration Ecology* 21(1): 96-104.
- Forman, R., y Godron, M. (1986). Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons.
- Fuller, T., Munguía, M., Mayfield, M., Sánchez-Cordero, V., y Sarkar, S. (2006). Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation* 133: 131-142.
- Gajardo, R. (1994). La vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Chile. 165 pp.
- Gallo, L., Marchelli, P., Pastorino, M., Izquierdo, F., y Azpilicueta, M. (2005). Programa de conservación y utilización de los recursos genéticos. especies forestales nativas patagónicas. *Idia XXI. revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario.*, 5(8), 157-163.
- Giganti, H. (1986). Daños causados por insectos en fustes de especies maderables en los bosques de Moquehue. *Turrialba*, 36 (1): 111-116.

- Gómez, J., y Cabrera, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et Technica*, 2(39).
- Gomi, T., Sidle, R., y Richardson, J. (2002). Understanding processes and downstream linkages of headwaters systems. *BioScience*, 52: 905 – 916.
- González, G., Ossa, G., Sánchez, L., y Silva, R. (2014). Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos (p. 83). Servicio Agrícola y Ganadero. Recuperado a partir de [http://www.sag.gov.cl/sites/default/files/producto\\_iii\\_v\\_f.pdf](http://www.sag.gov.cl/sites/default/files/producto_iii_v_f.pdf)
- Habit, E., y Ortiz, J. (1996). Ciclo reproductivo de *Phymaturus flagellifer* (reptilia, Tropicuridae). *Boletín de la Sociedad Biológica de Concepción*, 67, 7-14.
- Haigh, M., Jansky, L., y Hellin, J. (2004). Headwater deforestation: a challenge for environmental management. *Global Environmental Change*, 14. Elsevier. Pp 51-61.
- 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.
- 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.
- Haines-Young, R. y Potschin, M. (2013). *Common International Classification of Ecosystems Services (CICES): Consultation on Version 4*, Center for Environmental Management, University of Nottingham, UK, 34 pp.
- Hansson, L., Fahrig, L. y Merriam, G. 1995 (eds.). *Mosaic landscapes and ecological processes*. Chapman & Hall.
- Harper, K., Macdonald, S., Burton, P., Chen, J., Brososke, K., Saunders, S., Euskirchen, Roberts, D., Jaiteh, M., y Esseen, P. (2005). Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. *Conservation Biology* 19:768-782.
- Heal, G. (2000). Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 3(1), 24-30.
- Hechenleitner V., Gardner, M., Thomas, P., Echeverría, C., Escobar, B., Brownless, P., y Martínez, C. (2005). *Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación*. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 pp.

Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., y Lambin, E. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile, *Applied Geography*, Volume 75, 2016, Pages 71-82, ISSN 0143-6228.

Hinojosa, A., Necul, S., Herrera, A., Roman, S., Espinoza, E., y Vega, M. (2018). Antecedentes ecológicos de *Phymaturus vociferator* (*Squamata: Liolaemidae*) en el Parque Nacional Laguna del Laja (*Sauria, Liolaemidae*).

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2002). Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos. Subdirección Técnica, Departamento de Geografía y Censos, Subdepartamento de Geografía y SIG, Departamento Atención al Usuario y Difusión.

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.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany: S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. VisserenHamakers, K. J. Willis, & C. N. Zayas (Eds.).

IUCN-The World Conservation Union, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, de los Recursos Naturales, Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN., & IUCN Species Survival Commission. (2001). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN, versión 3.1*. IUCN.

Jacobs, S., Dendoncker, N., y Keune, H. (Eds.). (2013). *Ecosystem services: global issues, local practices*. Elsevier.

Jaque-Castillo, E., Huiliñir, V., y Fernández, A. (2013). Presiones de borde en los Sistemas Naturales Protegidos: efectos sobre su conservación. Parque Nacional Laguna del Laja, Chile.

Laboratorio de Ecología de Paisaje. (2018). Planificación ecológica de la infraestructura ecológica de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y programa regional de prioridades de restauración ecológica en el contexto de los incendios de la temporada 2016-2017: aplicación en Región del Maule. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Lancheros, F. (2017). Los corredores ecológicos, como estrategia de conservación en espacios diferentes de ordenamiento político administrativo en Colombia.

Lara, A., y T. Veblen. (1993). Forest plantations in Chile: a successful model? In: Mather, A. (Ed.), *Afforestation: policies, planning and progress*. Belhaven Press, London. Pp 119-137.

La Discusión. (2019). Ñuble concentra tala ilegal de bosque nativo a nivel nacional. <http://www.ladiscusion.cl/ñuble-concentra-tala-ilegal-de-bosque-nativo-a-nivel-nacional/>

Liu, J., y Taylor, W. (2002). *Integrating landscape ecology into natural resource management* Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.

López, R., y Figueroa, R. (2006). Corredor biológico Nevado de Chillán-Laguna del Laja, región del Bío Bío para la conservación de la biodiversidad y el huemul en los Andes del centro-sur de Chile. Fauna y flora terrestre con prioridad de conservación del corredor biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja. CODEFF-SZF-CONAMA, 174, 25-33.

Luebert, F., y Pliscoff, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Editorial universitaria.

MacArthur, R., y Wilson, E. (1967), *The theory of island biogeography*, Princeton University Press, New Jersey.

Mander, Ü., Kull, A., Uuemaa, E., Mõisja, K., Kylvik, M., Kikas, T., Raet, J., Tournebize, J., y Sepp, K. (2018). Green and brown infrastructures support a landscape-level implementation of ecological engineering. *Ecological engineering*, 120, 23-35.

Márquez, G., y Valenzuela, E. (2008). Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental: aproximación conceptual y metodológica a partir del proceso de ordenación de cuencas. *Gestión y ambiente*, 11(2).

Martínez-Piña, D., y González-Cifuentes., G. (2017). *Las Aves de Chile: Guía de Campo y Breve Historia Natural*. Ediciones del Naturalista. Santiago, Chile. 539 pp.

Medrano, F., Barros, R., Norambuena, H., Matus, R., y Schmitt, F. (2018). *Atlas de las aves nidificantes de Chile*. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. Santiago, Chile. 670 pp.

Mella, J., y Simonetti, J. (1994). Conservación de mamíferos en las áreas protegidas de Chile. *Ambiente y Desarrollo* 10(3): 72-78.

Mesquita, R., Delamonica, P., y Laurance, W. (1999). Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation*, 91:129- 134. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00086-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00086-5)

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, World Resources Institute.

Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Economía Fomento y Turismo, a través de la Dirección de Planeamiento y la Subsecretaría de Turismo, respectivamente, desarrollado mediante una consultoría con Ingenieros y Economistas Consultores S.A (2016). Análisis requerimientos de Infraestructura MOP de apoyo al turismo. Informe final región del Biobío. Obtenido de: [http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/Estudios/Desarrollado/s/2018/Turismo/9 Informe Final Biobio.pdf](http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/Estudios/Desarrollado/s/2018/Turismo/9%20Informe%20Final%20Biobio.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2014). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio de Diversidad Biológica (CBD). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2018). Estrategia Nacional de Biodiversidad periodo 2017-2030. Elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) & el Fondo para el Medio Ambiente (GEF) en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Santiago, Chile.

Ministerio Secretaria General de la Presidencia (MINSEGPRES). (24 de abril de 2008). Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 51/2008. Diario Oficial de la República de Chile N°39.100. Chile.

Mittermeier, R., Turner, W., Larsen, F., Brooks, T., y Gascon, C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. F.E. Zachos, J.C. Habel (Eds.), *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*, Springer, Berlin, Heidelberg (2011), pp. 3-23.

Mondaca, M., y Vera, A. (2002). Fauna de Coleópteros (Insecta: Coleóptera) del Parque Nacional Laguna San Rafael, Aisén-Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 51:103-115.

Moraga, J., y Sartori, A., editores. (2016). *Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales ENCCRV Chile 2017-2025*. Segunda edición. 239 p.

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: 146–160.

Muñoz, M., y Serra, M. (2006). Ficha de especies clasificadas: *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Ministerio de Medio Ambiente.

Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10:58-62.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

Naciones Unidas. (2020). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Recuperado en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>.

Nahuelhual, L., Donoso, P., Lara, A., Nuñez, D., Oyarzun, C. y Neira, E. (2007). Valorar los servicios ecosistémicos de las selvas templadas chilenas. *Medio ambiente, desarrollo y sostenibilidad*, 9 (4), 481-499.

Olivares, A., Johnston, M., y Gutiérrez, C. (2006). Crecimiento y desarrollo de *Bromus berteroi* Colla sometido a diferentes regímenes pluviométricos. *Agricultura Técnica* 66(2):166-173.

Ormazabal, C. (1993) The conservation of biodiversity in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 383-402.

Ortiz, J., Troncoso, J., Ibarra-Vidal, H., y Núñez, H. (1990). Lista sistemática, distribución, estados de conservación y clave para los herpetozoos de la VIII Región, Chile. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción*, 4, 31-43.

Osborne, L., y Kovacic, D. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29, 243-258.

Oyarzún, C., Nahuelhual, L., y Núñez, D. (2005). Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. *Ambiente y Desarrollo*, 20(3), 88-95.

Pauchard, A. (1999). SNASPE: nuevos desafíos para la conservación biológica. *Bosque Nativo*. Junio: 5-10.

Pauchard, A., y Villarroel, P. (2002). Protected areas in Chile: history, current status and challenges. *Natural Areas Journal* 22:318-330.

Peralta, M. (1980). Geomorfología, clima y suelos del tipo forestal Araucaria en Lonquimay. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Boletín Técnico N°57: pp. 1-35.

Pinto, C., Espezúa, R., y Bermúdez, L. (2007). Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas. *Debate agrario*, 42, 79-110.

Pliscoff, P. (2015). Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.

Pliscoff, P., y Fuentes, T. (2008). Análisis de representatividad ecosistémica de las áreas protegidas públicas y privadas en Chile. Informe final, GEF, CONAMA y PNUD, Santiago de Chile.

Potschin, M., y Haines-Young, R. (2011). Ecosystem services Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, 35(5), 5975-5994.

Povilitis, A. (2002). El estado actual del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) en Chile central. *Gayana (Concepción)*, 66(1), 59-68.

Premoli, A., Quiroga, P., y Gardner, M. (2013). *Araucaria araucana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T31355A2805113. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T31355A2805113.en>

Price, P., y Lovett, S. (2002). Maintaining riparian land, Fact Sheet 1, Land & Water Australia, 106 Möller Canberra. Obtenido de: [https://www.ceachile.cl/revista/cdn/GA\\_21\\_2011\\_Moller.pdf](https://www.ceachile.cl/revista/cdn/GA_21_2011_Moller.pdf)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2016). Manejo sustentable del bosque nativo. Guía práctica campesina. Obtenido de: [http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/library/environment\\_energy/guias-campesinas/manejo-sustentable-del-bosque-nativo.html](http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/library/environment_energy/guias-campesinas/manejo-sustentable-del-bosque-nativo.html)

Rodríguez, R., Matthei, O., y Quezada, M. (1983). Flora arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. Chile. 408 pp.

Ruán, I. (2006). Efectos de la fragmentación sobre las comunidades de pequeños mamíferos en remanentes de bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. Xalapa, Veracruz, México: Insitute de Ecología A.C. 76 páginas.

Rukke, B. (2000). Effects of habitat fragmentation: increased isolation and reduced habitat size reduces the incidence of dead wood fungi beetles in a fragmented forest landscape. *Ecography* 23:492-502.

Sabogal, C. (2008). Manejo forestal comunitario en América Latina. Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal (CIFOR).

Saaty, Thomas (1980). *The Analytic Hierarchy Poces*. Ed. McGrawHill.

San Martín, P. (2014). Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja: de la amenaza de la extinción al desarrollo sustentable. En: A MoreiraMuñoz & 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: 146–160.

Serra, M. (1987). Dendrología de coníferas y otras gimnospermas. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Apuntes docentes N° 2. 263 p.

Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR). (2018). Plan de acción de la Región del Biobío, sector turismo 2014-2018. Obtenido de: <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2018/10/Plan-de-Accio%CC%81n-Biobi%CC%81o.pdf>

Sharrow, S., Brauer, O., y Clason, T. (2009). Silvopastoral Practices. Páginas 105-130 en H. Garrett, editor. North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice. Segunda edición. American Society of Agronomy, Madison, USA. [Online] URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/41186/PDF>

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.

Suárez, A., Camarena, P., Herrera, I., y Lot, A. (2011). Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México.

Toledo, A. (1998). Economía de la biodiversidad. México D.F. Serie textos Básicos para la Formación Ambiental, No. 2, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América latina y el Caribe, 1998.

TEEB. (2010). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad. Fundamentos ecológicos y económicos TEEB.

Tommasino, H., Foladori, G., y Taks, J. (2001). La crisis ambiental contemporánea. Foladori G. y Pierri N. Sustentabilidad, 9-26.

Universidad de Concepción-GORE Bio Bio-SEREMI de Medio Ambiente Región del Bio Bio (2016). "Metodología base para la revisión de Sitios Prioritarios (SP) y otras áreas de valor ecológico (AVE), y propuesta de áreas con potencial de restauración para el desarrollo de una Infraestructura Ecológica, con aplicación en una región piloto".

- Vila, A., López, R., Pastore, H., Faúndez, R., y Serret, A. (2006). Current distribution and conservation of the huemul (*Hippocamelus bisulcus*) in Argentina and Chile. *Mastozoología neotropical*, 13(2), 263-269.
- Vila, A., Saucedo, C., Aldridge, D., Ramilo, E., y Corti, P. (2010). South Andean huemul *Hippocamelus bisulcus* (Molina 1782). *Neotropical cervidology: Biology and medicine of Latin American deer*, 89-100.
- Villagrán, C., Hinojosa, L., Llorente-Bousquets, J., y Morrone, J. (2005). Esquema biogeográfico de Chile. Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y Tópicos Afines: Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. Las Prensas de Ciencias, UNAM, Mexico City, 551-557.
- Villagrán, C. (2018). Biogeografía de los bosques subtropical-templados del sur de sudamérica. Hipótesis históricas. *Magallania (Punta Arenas)*, 46(1), 27-48.
- Williams-Linera, G., Domínguez-Gastelu, V. y García-Zurita, M. (1998). Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest. *Conservation Biology* 12: 1091-1102.
- Wilson, E. (1997) Introduction. En Reaka M et al. (Eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry Press. Washington DC, EEUU. pp. 1-3.
- Yu, K. (2012). Ecological infrastructure leads the way: the negative approach and landscape urbanism for Smart preservation and Smart growth. *Applied urban ecology: A global framework*, 152-169.
- Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., Benayas, R., Donoso, P. Geneletti, D., y Hobbs, R. (2014). The differential influences of human-induced disturbances on tree regeneration community: a landscape approach. *Ecosphere* 5 (90): 1-17. <https://doi.org/10.1890/ES14-00003.1>

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1

Proyectos ingresados al SEIA ubicados dentro de la Reserva de la Biosfera.

Nombre proyecto	Forma ingreso	Comunas	Año calificación	Año modificación
Exploración geotérmica profunda nevados de Chillán, sector valle de las Nieblas	EIA	Pinto	2007	2018
Central Nuble de Pasada	EIA	San Fabián-Coihueco	2007	2018
Centro de Convenciones y Casino Termas de Chillán	DIA	Pinto	2007	2018
Centro de reproducción del Huemul	DIA	Pinto	2010	2017
Conjunto Habitacional Termas de Chillán	DIA	Pinto	2012	2013
Construcción de Guardería y Baños Exteriores del Santuario de la Naturaleza Los Huemules de Niblinto	DIA	Coihueco	2001	2018
Edificios Monte Blanco	DIA	Pinto	2018	2018
Edificios Termas de Chillán	DIA	Pinto	2015	2017
Embalse Punilla	EIA	San Fabián-Coihueco	2011	2012
Estación de Servicio YPF San Fabian de Alico	DIA	San Fabián	2000	2018
Línea alta tensión 2x220 kV San Fabián - Ancoa y obras asociadas	EIA	Linares-Colbún-Longaví-Parral-San Fabián-Coihueco	2009	2012
Línea de transmisión 1x220 kV Punilla - San Fabián	EIA	San Fabián-Coihueco	2018	2018
Piscicultura Frionatur Chillán	DIA	Pinto	2001	2018
Piscicultura Los Saltos del Chillán-Coihueco	DIA	Coihueco	2004	2018
Construcción Tramo El Trumao - Río Polcura, en Reserva Nacional Nuble	DIA	Pinto	2004	2018
Red de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas Villa Alico	DIA	San Fabián	2001	2018
Piscicultura de Chillán	DIA	Talcahuano	2006	2018
Red de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas Villa Trabuncura	DIA	San Fabián	2001	
Piscicultura Polcura I	DIA	Tucapel	2019	
Piscicultura Polcura II	DIA	Tucapel	2001	
Central Hidroeléctrica de Pasada Trupan	DIA	Tucapel	2007	
Construcción complejo fronterizo Pichachén	DIA	Antuco	2008	
Construcción Guardería Parque Nacional Laguna Laja	DIA	Antuco	1998	

<b>Construcción Sendero de Chile Tramo Los Pangues - Los Barros Parque Nacional Laguna del Laja</b>	DIA	Antuco	2002	
<b>Construcción Servicios Sanitarios en Parque Nacional Laguna Laja</b>	DIA	Antuco	1999	
<b>Instalación Torre de Telecomunicaciones Sitio NEWPOLI051F1 Antuco Canchas de Ski</b>	DIA	Antuco	2017	
<b>Construcción de Pista de Esquí y Andarivel para el Regimiento de Infantería N°17 Los Angeles</b>	DIA	Antuco	2001	
<b>Memorial Mártires de Antuco</b>	DIA	Antuco	2009	
<b>Piscicultura Campamento Viejo, El Peumo y Kudiñam</b>	DIA	Tucapel	2017	
<b>Pequeña central hidroeléctrica de pasada Halcones</b>	EIA	Pinto	2018	2018
<b>Pequeña central hidroeléctrica de pasada El Pinar</b>	EIA	Yungay	2013	
<b>Gasoducto Trasandino y Distribución de Gas Natural en Chile</b>	EIA	Frontera Pinto y Concepción	1997	
<b>Construcción y Equipamiento de Cabañas para el Desarrollo del Ecoturismo en la Comuna de Antuco Agroturismo Las Rosas Limitada</b>	DIA	Antuco	2001	
<b>Reparación Mayor Refugio Volcán Antuco</b>	DIA	Antuco	2002	
<b>Complejo Ecoturístico Antucalhue</b>	DIA	Antuco	2013	
<b>Parque Solar Peumo</b>	DIA	Yungay	2021	
<b>Parque Solar Raulí</b>	DIA	Yungay	2021	
<b>Parque Solar Ciprés</b>	DIA	Yungay	2021	

Fuente. Elaboración propia.

## 7.2. Anexo 2

Servicios ecosistémicos	Ecosistemas																	
	Estepa andina	Matorral siempreverde	Matorral caducifolio	Bosque siempreverde esclerófilo	Bosque siempreverde latifoliado templado-cálido-frío	Bosque siempreverde dominado por coníferas	Bosque caducifolio cálido-frío	Cuerpos de agua (ríos, Lagos, Lagunas, Embalses)	Ecosistemas ribereños (vegetación ribereña y cajas de ríos)	Ecosistemas telmáticos (Turberas, Bofedales, VEGAS y Marismas)	Ecosistemas andinos subnivales	Ecosistemas glaciales	Ecosistemas sobre corridas de lava y escoriales	Ecosistemas agrícola intensivos	Ecosistemas invadidos por especies exóticas	Plantaciones de latifoliadas exóticas	Plantaciones de coníferas exóticas	Ecosistemas urbanos
Alimentos	1,6	1,6	1,6	2,6	2,5	2,9	2,0	3,1	2,1	1,4	0,6	0,3	0,3	5	1,3	1	1	1
Forraje	3,6	3	2,4	2,9	2,2	2,4	2,1	0,1	1,6	2,1	1,3	0,3	0,3	4,6	1,7	0,6	0,6	0
Fibras	0,7	1,6	1,4	1,9	2,8	2	1,7	0,7	1,6	1,9	1	0,3	0,4	3,6	1	3,7	3,1	0
Combustible	0,6	2,4	2,3	4,3	4,2	4	4,1	0,4	2,1	1,9	1,4	0,3	0,3	1,1	2,3	3,1	2,4	1
Recursos Bioquímicos y Farmacéuticos	1,6	2,6	2,3	3,4	3,7	3,6	2,4	1,6	2	2,6	1,7	0,3	0,7	1	1,1	1,4	1,3	1
Recursos Ornamentales	1,3	2,6	1,7	3,4	3,7	3,3	2,7	1	1,7	2,6	1,6	0,4	0,8	0,6	0,4	1,6	1,3	0
Agua Fresca	2	2,7	2,1	4	4,0	4,3	3,5	5	4	4	2,9	4,3	1,1	0,6	0,4	0,4	0,4	0
Regulación de la calidad del aire	3,4	4,3	3,7	4,6	4,7	4,4	4,4	3,4	2,9	3,1	3,3	2,1	1,6	1,1	1,4	2,6	2,4	0
Regulación del clima	3,4	3,4	3,1	4,3	4,6	4,3	4,4	3,9	3,6	3,9	3,9	4	2,8	1	1,3	1,7	1,6	0
Regulación hídrica (infiltración)	2,6	3,9	3	4,7	4,7	4,6	4,5	1,3	4,7	4,6	3,6	1,9	2,1	0,9	1,6	1,6	1,6	0
Regulación de la erosión	2,4	3,4	3	4,9	4,7	4,7	4,7	1	4,7	4,1	3,1	1,3	1	0,4	2	2,3	2,1	0
Purificación del agua y tratamiento de desechos	2,3	3,7	3,6	3,7	3,8	3,7	3,2	2,7	4,3	4,6	2,6	1,7	1,8	0,3	1	0,9	0,9	0
Polinización	3,1	4,4	4	4,9	4,5	4,6	4,5	0,6	4,3	3,7	3,4	0,3	0,7	2,6	2	1,3	0,9	0
Regulación de eventos naturales	2,3	3	3,3	4,6	4,2	4,1	3,9	1,9	4,6	4,9	3,1	3	1,9	0,1	1,9	1,4	1,4	0
Valores religiosos y espirituales	2,3	1,7	1,4	4,3	4,5	4,4	4,4	4,1	3,4	3,6	3,3	4,1	2,2	0,4	0,6	0,4	0,3	1
Valores educacionales	2,7	2,7	2,6	4,3	3,9	3,7	3,9	4,4	4	4,4	2,7	4,1	3	1,9	0,4	1	0,9	2
Valores estéticos	4,1	2,7	2,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	3,6	4,3	4,9	4,3	1,3	0,3	1,3	0,9	1
Valores de herencia cultural	2,9	2,9	2,9	4,6	4,6	4,4	4,4	4,6	3	4,1	3,4	4,6	3,1	2,3	0,3	0,3	0,3	1
Ecoturismo y recreación	4,4	3,1	2,7	4,6	4,7	4,7	4,6	5	3,9	4,1	4,4	4,9	4,7	1	0,1	0,1	0,3	1
Suma	47	56	50	76	77	75	70	50	63	65	52	43	33	30	21	27	24	10

Figura 1. Promedio de la evaluación de los expertos para los Servicios Ecosistémicos de la Región del Biobío, modificado para el presente estudio.

Fuente. Modificado a partir de Universidad de Concepción-GORE Bio Bio-SEREMI de Medio Ambiente Región del Biobío (2016). "Metodología base para la revisión de Sitios Prioritarios (SP) y otras áreas de valor ecológico (AVE), y propuesta de áreas con potencial de restauración para el desarrollo de una Infraestructura Ecológica, con aplicación en una región piloto"