



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA ECOLÓGICA PARA EL PAISAJE DE CONSERVACIÓN NONGUÉN

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniera Ambiental

PILAR HENRÍQUEZ SEPÚLVEDA

Profesor Guía: Dr. Mauricio Aguayo Arias

Profesor Comisión: M.Cs. Jorge Fález

Profesora Comisión: Da. María Elisa Díaz

Concepción, Chile

2022



“PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA ECOLÓGICA PARA EL PAISAJE DE CONSERVACIÓN NONGUÉN”

PROFESOR GUÍA: Dr. MAURICIO AGUAYO ARIAS

PROFESOR COMISIÓN: Ms. JORGE FÉLZ BERNAL

PROFESOR COMISIÓN: Dra. Ma. ELISA DÍAZ BURGOS

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

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

Concepción, abril 2022

DEDICATORIA

... A mi familia

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque gracias a sus decisiones en la vida, me dieron la oportunidad y regalo de crecer rodeada de naturaleza, en un lugar al que muchos le llaman “el mejor lugar del mundo”, dándome la libertad de recorrer y conocer.

A la escuelita de Las Trancas, que marcó mi corazón con tan bella enseñanza en mis primeros años de escolaridad, destacando siempre la participación en comunidad y la importancia de proteger el medio ambiente a través de vivencias prácticas que fomentaron la responsabilidad y el respeto por el entorno.

A los profesores de la facultad que siempre fueron cercanos, resaltando su calidez humana (difícil de encontrar en un mundo de competencia como es la universidad). En especial al profe Aguayo, por soportar mis desaparecidas durante la tesis y mis inquietudes repentinas.

A los distintos jefes que he tenido en trabajos esporádicos, por ser fuente constante de nuevas visiones y conocimientos, descubriendo habilidades y mejorando debilidades.

Obviamente a mis amigas y amigos, que hicieron tan especial esta etapa, sin su apoyo, risas, salidas, conversaciones, almuerzos, relajos y la buena vida, no hubiera sido lo mismo y es lo que más valoro de todo esto. Gracias, por tanto.

En fin, a todas las personas que se han cruzado en mi camino. Incluso a las fugaces.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. <i>Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos</i>	2
2.2. <i>Áreas Protegidas como mecanismo de conservación</i>	4
2.2.1. Contexto nacional: Breve historia legislativa	5
2.2.2. Áreas protegidas en Chile.....	6
2.2.3. Principales problemáticas administrativas y financieras dentro de las AP	9
2.3. <i>Paisaje de Conservación</i>	11
2.4. <i>Infraestructura Ecológica</i>	12
2.5. <i>Parque Nacional Nonguén</i>	14
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
4. OBJETIVOS	17
4.1. <i>Objetivo general</i>	17

4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	17
5.	METODOLOGÍA	18
5.1.	<i>Área de estudio</i>	18
5.2.	<i>Evaluación de SSEE</i>	21
5.3.	<i>Identificación de áreas de alto valor ecológico</i>	25
5.4.	<i>Identificación de áreas de recuperación</i>	29
5.5.	<i>Definición de Infraestructura ecológica</i>	31
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
6.1.	<i>Evaluación de SSEE</i>	32
6.2.	<i>Identificación de áreas de alto valor ecológico</i>	35
6.3.	<i>Identificación de áreas de recuperación</i>	40
6.4.	<i>Definición de Infraestructura ecológica</i>	44
7.	CONCLUSIÓN	47
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
9.	ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de AP por subsistema, institución encargada de la administración y categorías de AP por institución.....	7
Tabla 2.	Superficie para cada uso de suelo en el área de estudio.	19

Tabla 3.	Indicadores sociales y demográficos por comuna.	21
Tabla 4.	Ecosistemas utilizados para construcción de Matriz de Burkhard.	22
Tabla 5.	Servicios Ecosistémicos utilizados para construcción de Matriz de Burkhard.	23
Tabla 6.	Escala para evaluación de Servicios ecosistémicos.	25
Tabla 7.	Criterios evaluados para zona intangible y primitiva.	26
Tabla 8.	Criterios evaluados para identificar zonas de recuperación.	29
Tabla 9.	Participación en respuesta de matriz de Burkhard	32
Tabla 10.	Valoración de SSEE por uso de suelo en matriz de Burkhard normalizada.	34
Tabla 11.	Valores obtenidos para ponderación de criterios zona intangible.	36
Tabla 12.	Valores obtenidos para ponderación de criterios zona primitiva.	36
Tabla 13.	Valores de ponderación de criterios para zona de recuperación.	40
Tabla 14.	Superficie correspondiente a corredores biológicos según uso de suelo asumiendo el buffer general de 100 metros.	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura jerárquica de la clasificación CICES.	4
Figura 2.	Área de estudio.	18
Figura 3.	Distribución de usos de suelo en área de estudio.	20

Figura 4.	Esquema de matriz de valoración de SSEE de Burkhard.	24
Figura 5.	Pasos utilizados para la definición de Zona AVE.	28
Figura 6.	Distribución de la cantidad de SSEE en el área de estudio.	35
Figura 7.	Definición de Zona de Alto Valor Ecológico.	38
Figura 8.	Zona de Alto Valor Ecológico afectada por incendio del año 2017.	40
Figura 9.	Zona de Recuperación según criterios evaluados.	41
Figura 10.	Zona de recuperación considerando las zonas AVE afectadas por incendio, 2017.	43
Figura 11.	Propuesta de Infraestructura Ecológica con zonas de alto valor ecológico y recuperación identificadas.	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Matriz de Burkhard utilizada en el estudio para la evaluación de SSEE.	56
Anexo 2.	Referencia para valoración del criterio Intensidad de Procesos Dinámicos.	57
Anexo 3.	Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona intangible.	57
Anexo 4.	Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona primitiva.	58
Anexo 5.	Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona de recuperación.	58

RESUMEN

En respuesta a la disminución constante de biodiversidad, los países han optado por la creación de áreas protegidas como mecanismo de conservación in situ. Sin embargo, estas presentan diversas falencias en su desempeño, por lo que es necesario implementar áreas complementarias de amortiguación, siendo un ejemplo de ellas los Paisajes de Conservación.

Utilizando la evaluación de servicios ecosistémicos (SSEE) realizada por una mesa de expertos mediante la matriz de Burkhard y una adaptación de la metodología descrita por Núñez, 2010 en el manual técnico N° 23 de CONAF, se identificó la Infraestructura Ecológica mínima que debería considerar el proyecto de Paisaje de Conservación Nonguén, abarcando como área de estudio las comunas de Concepción, Chiguayante y Hualqui, todas pertenecientes a la región del Biobío, Chile.

En primer lugar, se obtuvo que los 3 principales ecosistemas proveedores de SSEE corresponden a Bosque nativo, lagos y lagunas con 16 SSEE, y humedales con 14 SSEE. Para la siguiente obtención de resultados se definieron zonas de alto valor ecológico (AVE), entregando 7266.654 ha y zonas de recuperación, resultando en 6230.368 ha, la fusión de las cartografías de ambas zonas entregó la Infraestructura Ecológica con 13497.022 ha totales, siendo esto el 16,19% del área total de estudio. Para entregar conexión entre las zonas se representaron corredores biológicos a través de la red hídrica que cumpliera con un orden de Strahler mínimo de 3, estableciendo un buffer genérico de 100 metros en los arroyos, lo que en la práctica podría variar desde los 15 metros si es que no son de caudal permanente.

1. INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Nonguén, ubicado en la región del Bío-Bío, es un refugio de Bosque Caducifolio mediterráneo-templado costero de *Nothofagus obliqua* y *Gomortega Keule*, que presenta diversas amenazas para su conservación, siendo las más críticas la expansión urbana y el riesgo de incendio por cercanía con monocultivos forestales. (CONAF, 2019; Pauchard et al., 2006). La principal problemática que aquí se aborda es la de ver las Áreas Protegidas como islas dentro del territorio, presentándose la necesidad de generar zonas de amortiguación y conexión con otras áreas verdes que mantengan los procesos ecológicos naturales. Esto último se entiende como Infraestructura Ecológica (IE), la cual, contribuye a la salud y calidad de vida de las comunidades por mantener la provisión de servicios ecosistémicos (Benedict & McMahon, 2002), identificar una IE corresponde al primer paso para crear un Paisaje de Conservación, siendo este instrumento, la propuesta para crear una gestión colaborativa del territorio, enfocándose en la conservación del patrimonio natural y cultural. (MMA, 2019a). Además, este mecanismo forma parte de las estrategias de adaptación al cambio climático, reforzando el bienestar humano.

La temática abordada puede orientar a qué tipo de esfuerzo debe realizarse en las zonas, ya sea conservación o recuperación, aportando a una conservación territorial efectiva de biodiversidad. En los capítulos siguientes, se presenta en más detalle antecedentes de la problemática planteada, los objetivos específicos de investigación, la metodología utilizada para identificar la IE para una propuesta de Paisaje de Conservación Nonguén, los resultados y conclusiones.

2. ANTECEDENTES

2.1. Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Según el convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica (CDB), se entiende por biodiversidad a la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. Lo que en otras palabras se refiere a la totalidad de genes, especies y ecosistemas de una región. (Naciones Unidas, 1992; WRI et al., 1992). Este concepto se relaciona con el ser humano mediante los servicios ecosistémicos. Estos, cuentan con variadas definiciones (Fisher et al., 2009) siendo las tres más comunes, las siguientes:

- 1) Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los componen sostienen y satisfacen la vida humana. (Daily et al., 1997).
- 2) Los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema (Costanza et al., 1997).
- 3) Los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En la publicación de Millennium Ecosystem Assessment se identifican cuatro tipos principales de servicios:

Servicios de aprovisionamiento: se refiere a los productos materiales tangibles o energéticos que las personas obtienen de los ecosistemas. Por ejemplo: agua, alimentos, materias primas, combustibles, etc.

Servicios de regulación: corresponden a los beneficios que obtienen las personas a través de la regulación de procesos de los ecosistemas. Por ejemplo: mantenimiento de la calidad del aire, control de plagas y enfermedades, regulación en la calidad del suelo, regulación climática, etc.

Servicios culturales: son beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través de la recreación, reflexión, espiritualidad, etc.

Servicios de soporte: son aquellos que son necesarios para producir todo el resto de servicios ecosistémicos, como por ejemplo la producción primaria, formación de suelo, producción de oxígeno, ciclos biogeoquímicos, entre otros.

Sin embargo, debido a la complejidad que presenta la conexión entre personas y ecosistemas, y lo variado que pueden llegar a ser los enfoques para trabajar el concepto de Servicio Ecosistémico, nace la clasificación CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) con el objetivo de sistematizar y estandarizar las descripciones de los SSEE. Esta clasificación presenta una estructura jerarquizada, como se muestra en la figura 1, donde en el nivel más alto reconoce como posible “sección” a tres categorías: aprovisionamiento, regulación y mantenimiento, y cultural. Los SSEE específicos corresponden a la subdivisión

“clase” (Haines-Young & Potschin, 2012), llegando estos a un número de 83 en la versión actualizada 2018.

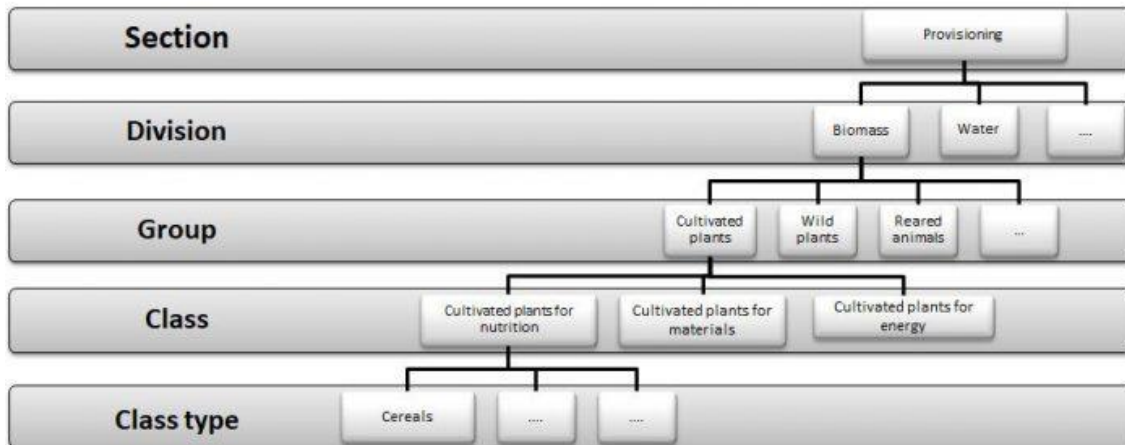


Figura 1. Estructura jerárquica de la clasificación CICES.

Fuente: Obtenida de <https://cices.eu/cices-structure/>.

2.2. Áreas Protegidas como mecanismo de conservación

Desde la revolución industrial el aumento de la población y la intensificación de actividades humanas ha dado como resultado una intervención casi total de la superficie terrestre, degradando y disminuyendo la diversidad biológica con una gran lista de especies amenazadas, siendo el principal impulsor el cambio de uso de suelo para sistemas agrícolas, registrándose una caída promedio del 68% de vertebrados entre los años 1970 y 2016. Además, de estar abusando de la biocapacidad al menos en un 56% (WWF, 2020). Frente a este problema de disminución constante de biodiversidad los países han optado por fomentar mediante convenios internacionales la creación y gestión de áreas protegidas (AP) las cuales, según la UICN se definen como: “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la

conservación a largo plazo de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008), convirtiéndose en el principal mecanismo de conservación in situ, teniendo como objetivo al finalizar el año 2020 (según la meta de Aichi número 11), tener conservado al menos el 17% de las zonas terrestres, con representatividad de los variados ecosistemas y de manera equitativa. (MMA, 2015). Si bien, el número de hectáreas protegidas ha ido en aumento, la gestión y administración de estas no ha sido eficiente, principalmente por deficiencias en legislaciones, gobernanza, diseño y dotación de recursos mínimos. A pesar de las fallas se ha concluido que en general se ha logrado un sistema de áreas protegidas que ayuda a la conservación y al bienestar de la comunidad. (Leverington et al., 2010).

2.2.1. Contexto nacional: Breve historia legislativa

La gestión de áreas protegidas en Chile registra sus inicios en el año 1907 con la creación de la primera unidad de área protegida terrestre, la Reserva Forestal Malleco. Años más tarde, en 1925 se promulga la Ley de Bosques, renovándola en 1931. Luego, en 1940 se firma la Convención de Washington para la protección de la flora y fauna y las bellezas escénicas de América. En 1970 se crea la Corporación de Reforestación COREF, la cual dos años más tarde cambiaría de nombre a Corporación Nacional Forestal CONAF, órgano de derecho privado con el objetivo de fomentar el desarrollo forestal, la prevención de incendios forestales y la administración de las áreas silvestres protegidas terrestres, bajo el mando del Ministerio de Agricultura. En 1994 la Ley de Bases Generales del Medio

Ambiente N° 19.300 crea la Comisión Nacional de Medio Ambiente, entidad pública encargada de la política ambiental, en esta ley se le asigna al estado la administración de un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas y fomenta las áreas protegidas de propiedad privada. El mismo año Chile ratifica el Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, comprometiéndose a metas internacionales de conservación. En los años 2003 y 2005 la CONAMA aprueba la Estrategia Nacional de Biodiversidad y la Política Nacional de Áreas Protegidas, respectivamente, esta última con el objetivo de establecer un Sistema Nacional de Áreas protegidas terrestres y marinas, integrando esfuerzos públicos y privados. En 2010 entra en vigencia la ley 20.417 creando el Ministerio de Medio Ambiente y estableciendo que se debe crear un proyecto de ley para crear el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, reestableciendo a CONAF como entidad pública. Al año siguiente, se envía al congreso nacional el proyecto de ley para la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas el cual se encuentra en proceso de tramitación (Sierralta et al., 2011). Finalmente, en 2014 se crea el Comité Nacional de Áreas Protegidas como apoyo técnico y de consulta. (MMA, 2015).

2.2.2. Áreas protegidas en Chile

En el país, a diciembre del 2018 un 21% del territorio nacional cuenta con alguna de las designaciones de protección consideradas en el Registro Nacional de Áreas Protegidas. (MMA, 2019b). Según la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N°19.300, la conservación del patrimonio ambiental incluye componentes culturales y biológicos del medio ambiente. Con esto la lista de áreas consideradas bajo protección

oficial del patrimonio ambiental llega a un total de 32 categorías. De ese total, solo 8 se reconocen como áreas de protección in situ de la biodiversidad, con base en la definición de área protegida entregada por la UICN. Estas corresponden a las 3 categorías que forman el SNASPE (Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural), junto con los Santuarios de la Naturaleza, las que conservan hábitat marino (Parque Marino, Reserva Marina y Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos), y Reservas de regiones vírgenes, siendo estas últimas inexistentes en el país. (Sierralta et al., 2011). En la tabla 1 se pueden ver las instituciones administradoras de estas categorías y la cantidad de unidades conformadas.

Figuroa B. et al., 2010, estimaron la valoración que entregan los servicios ecosistémicos de las áreas protegidas considerando todas las categorías de conservación, resultando un monto de 2.049 millones de dólares anuales. Así, se puede concluir que las AP del país contribuyen significativamente al bienestar de la población y que es rentable socialmente invertir en ellas. (Simonetti-Grez et al., 2015).

Aunque el número de áreas protegidas es alto, no se cumple satisfactoriamente la meta 11 de Aichi, ya que, de las 11 ecorregiones terrestres, 6 no tienen un 17% de representatividad de territorio protegido. Esto se ve reflejado en que la mayor parte de AP reconocidas se encuentran en los extremos del país, quedando la zona central con menos presencia de éstas.

Tabla 1. Número de AP por subsistema, institución encargada de la administración y categorías de AP por institución.

Institución	Categorías de AP	Unidades
-------------	------------------	----------

SNASPE- CONAF	Parque Nacional	42
	Reserva Nacional	27
	Monumento Natural	18
SERNAPESCA	Parque Marino	11
	Reserva Marina	5
	Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos	13
MMA	Santuarios de la Naturaleza	64

Fuente: Adaptación de Ladrón de Guevara, 2015. Actualizada con Registro Nacional de Áreas Protegidas <http://bdrnap.mma.gob.cl/app-reportes/#/repAreasProtegidasBI>.

Las iniciativas de conservación privada (ICP) cumplen un rol importante en la protección de la biodiversidad nacional a pesar de la falencia de no existir un marco regulatorio que las reconozca oficialmente como parte del sistema de las AP. Se han identificado 310 ICP en todo el país, de las cuales solo 246 han sido caracterizadas, siendo equivalentes a un 1,7% del territorio nacional. Es importante mencionar que existen 2 categorías de estas iniciativas: las Áreas Protegidas Privadas (APP) donde las áreas son administradas por individuos particulares u organizaciones privadas y las Áreas de Protección Comunitarias (APC) donde la administración está a cargo de pueblos originarios o comunidades locales. Al igual que las áreas protegidas reconocidas, presentan deficiencia en representatividad territorial ya que un 82% se concentra en cuatro regiones de la zona sur del país (Magallanes y la Antártica Chilena, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, Los Lagos y Los Ríos) (Fundación Senda Darwin, 2016).

Además, existen otros instrumentos de conservación in situ, como, por ejemplo, las designaciones internacionales de protección, donde se incluyen las Reservas de la

Biosfera, los humedales de relevancia internacional (RAMSAR) y los sitios de Patrimonio Mundial. (MMA, 2015).

2.2.3. Principales problemáticas administrativas y financieras dentro de las AP

En el país el principal financiamiento de las AP es a través de asignación directa de recursos públicos o fondos ambientales ya sean nacionales o internacionales, representando el 82% del total de presupuesto el año 2010, siendo el otro 18% generado por las propias AP mediante el cobro de entradas y concesiones (Figueroa B., 2012). Hay que resaltar que entre los años 2006 y 2015 se ha registrado un incremento significativo en el presupuesto anual, esto debido a que en el año 2009 el Ministerio de Hacienda mediante la Dirección de Presupuestos DIPRES, estableció por primera vez una glosa presupuestaria para el SNASPE (Programa 04 de CONAF), teniendo mayor información del presupuesto anual relacionado a las áreas protegidas (Valenzuela Viale & Moya Ramírez, 2011). Además, en este periodo se aprobó y puso en marcha el Proyecto GEF SNAP el cual es financiado con aportes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial y ejecutado por el ministerio del Medio Ambiente, sumado al crecimiento del aporte monetario creado por las propias unidades de AP. Sin embargo, si el presupuesto del año 2012 es dividido por las hectáreas terrestres y marinas consideradas como áreas protegidas da un resultado promedio de gasto de US\$1,6/ha. (Ladrón de Guevara, 2015), siendo uno de los más bajos de América del Sur (OCDE, 2016).

En cuanto a administración la principal deficiencia en la gestión de áreas protegidas en Chile es la ausencia de un órgano institucional coherente y sistemático a cargo de todas las AP. Esto con el antecedente que en 1984 mediante la ley 18.362 del Ministerio de Agricultura quedara establecido el Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), sin embargo, dicho cuerpo legal nunca entró en vigencia y en la actualidad aún se encuentra en trámite el proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Con esta falta de jurisdicción institucional se ha obtenido una administración segmentada entre diversos organismos públicos como el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), el Ministerio de Bienes Nacionales, el Consejo de Monumentos Nacionales, Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Subsecretaría de Marina, y privados como CONAF, siendo este último el principal administrador en áreas terrestres, presentando la barrera que al ser corporación de derecho privado, no forma parte de administradores del Estado, además de tener objetivos contradictorios como lo es fomentar la producción forestal y conservar ecosistemas nativos (Praus et al., 2011).

En las AP creadas, una falencia registrada en cuanto a títulos de dominio es que las inscripciones de algunas áreas no se encuentran consolidadas completamente por parte del Fisco de Chile, lo que las deja vulnerables a posibles reclamaciones de terceros. Además, en ciertas unidades no existe claridad de los límites o deslindes con propietarios colindantes, aumentando la incertidumbre jurídica y lo que se encuentra ligado a dificultades de cartografía con heterogeneidad de los planos, desencadenando la problemática de no concordar la superficie señalada en los decretos de creación con la superficie efectiva de algunas AP. (Praus et al., 2011).

Petit et al., 2018, demostraron que el manejo de las AP es ineficiente, debido a que no todas las unidades cuentan con planes de manejo y solo el 12% de estas se considera que es manejada de forma eficaz, principalmente por la falta de actualización de los planes de manejo existentes, siendo más crítica la situación de las áreas marinas protegidas ya que el porcentaje de eficiencia es nulo.

En el caso de las áreas de conservación privadas la principal falencia es la ausencia de regulaciones reglamentarias que incorporen formalmente esta categoría al Sistema Nacional de AP. Si bien en la Ley 19.300 se incentiva la creación de áreas protegidas privadas, esta solo las nombra de forma conceptual y hasta la fecha no existe el reglamento que deje operativo este sistema. Además, en el país no se cuenta con una definición común que establezca qué es un área de conservación privada, superficie mínima de protección y actividades compatibles con los objetivos (Praus et al., 2011).

2.3. Paisaje de Conservación

Fuera del territorio de las áreas protegidas, los instrumentos de conservación son: las zonas de amortiguación, los sitios prioritarios para la conservación, los corredores biológicos y los paisajes de conservación. Este último es reconocido por el Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (MMA, 2019a) donde se define como: “área que posee un patrimonio natural y valores culturales y paisajísticos asociados de especial interés regional o local para su conservación y que, en el marco de un acuerdo promovido por uno o más municipios, es gestionado a través de un acuerdo de adhesión voluntaria entre los miembros de la comunidad local”. En el acuerdo de adhesión se establecen objetivos concretos para el desarrollo,

la calidad de vida de las personas y la conservación. A pesar de no estar reconocidos legalmente aún, estos territorios se han implementado, por ejemplo, en el Proyecto de Paisaje de Conservación Valle Río San Pedro, en la región de Los Ríos y en el Paisaje de Conservación de Alhué de la región Metropolitana, el cual además está incorporado en el Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) (MMA, 2015). Este instrumento, se categoriza principalmente como zona de amortiguación alrededor de un núcleo de áreas protegidas reconocidas, para garantizar que no se vea amenazada su integridad, sirviendo de nexo entre AP o como contribución a la conservación de especies y hábitats que han evolucionado asociados a sistemas culturales. La gestión de un territorio con estas características aporta al desarrollo local elementos como la valoración y protección de ecosistemas en territorios de usos productivos, la disminución de los efectos negativos de la fragmentación sobre los ecosistemas y la incorporación de la biodiversidad como un componente de las actividades productivas. Socialmente hablando, toma relevancia debido a la colaboración entre los diferentes grupos de interés, existiendo un apoyo entre el sector público y privado a favor del desarrollo sustentable vinculando a la comunidad. Además, se incrementa la participación ciudadana lo que fomenta el sentido de pertenencia, vinculando a la población en tareas de fiscalización y bienestar humano. (CED, 2014).

2.4. Infraestructura Ecológica

El concepto de Infraestructura ecológica (IE) según Benedict & McMahon, 2002, se refiere al 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.

Sin embargo, existen otras definiciones que cambian el enfoque sobre qué es la IE. (Wright, 2011). Por ejemplo (Roe & Mell, 2013) menciona que corresponde a 'paisajes intencionales' altamente modificados o diseñados y no aquellos que se caracterizan por remanentes naturales con vegetación o espacios sobrantes ocupados por vegetación espontánea. Ejemplos que se entregan como IE dan cuenta de las diferentes interpretaciones sobre el concepto, tales como: techos verdes, calles verdes, parques públicos, jardines comunitarios e infraestructura de aguas pluviales ecológicamente restaurada (Byrne et al., 2015) lo que genera confusión con estructuras de ingeniería. (Benedict & McMahon, 2002). Otra definición corresponde a (ILPE, 2014) donde se entiende como IE a una red integrada de construcción y gestión de ecosistemas urbanos que provee múltiples y complementarias funciones culturales, ecológicas e infraestructura en apoyo de la sostenibilidad urbana.

Aunque exista el debate sobre lo ambiguo y flexible de las definiciones, tienen en común un ensamblaje socio-natural, el cual está destinado a cumplir objetivos de usos múltiples y beneficios públicos. (Byrne et al., 2015; Matthews et al., 2015).

Emplear una IE en sistemas urbanos forma parte de las adaptaciones al cambio climático, ya que, los beneficios incluyen la capacidad de los árboles para reducir los gases de efecto invernadero mediante el almacenamiento de carbono, disminuir el escurrimiento de aguas pluviales mediante la interceptación y absorción del agua de

lluvia, atenuando inundaciones y mitigar el efecto de isla de calor urbano mediante reducciones en la temperatura de la superficie y del aire a nivel local, reduciendo el consumo de energía. (Wolf et al., 2020). Además de brindar oportunidades recreativas, aumentando la actividad física y contribuyendo a mejorar la salud mental reduciendo la ansiedad y estrés, reconociendo, por supuesto, que los beneficios dependen de la escala, la forma y la función del enverdecimiento urbano. (Matthews et al., 2015).

2.5. Parque Nacional Nonguén

La propiedad conocida como Fundo Nonguén o Fundo El Fiscal, ubicado en el sector del Valle de Nonguén, comuna y provincia de Concepción, Chile, fue formada mediante un proceso de expropiación iniciado en 1911, quedando bajo propiedad del Fisco de Chile. Esto hasta 1986, cuando es traspasado al Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS) para las instalaciones de captación de agua potable para Concepción. En 1992, la propiedad es transferida a la Empresa de Servicios Sanitarios del Bío-Bío (ESSBIO S.A). Luego, a mediados del año 2000, ESSBIO S.A le entrega en dación de pago el Fundo Nonguén a la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), señalando que contiene 3.055,92 hectáreas aproximadamente. (EULA, 2003).

Con el fin de preservar y aprovechar racionalmente los recursos naturales que se encuentran en el Fundo Nonguén, específicamente por tener el uso histórico de cuenca abastecedora de agua potable y por contar con una muestra significativa del Bosque Caducifolio de Concepción, el cual no se encuentra representado totalmente

en el SNASPE, finalizando el año 2009 se crea la Reserva Nacional Nonguén, de 3.036,9 ha. quedando bajo la administración de CONAF (MBN, 2009). Sin embargo, debido a su potencial para fines de preservación de diversidad biológica, a mediados del año 2020, fue recategorizada como Parque Nacional, siendo el objetivo general: “Preservar una muestra del Bosque caducifolio mediterráneo-templado costero de *Nothofagus obliqua* y *Gomortega Keule*, resguardando su biodiversidad, provisión de servicios ambientales y sus procesos evolutivos”, según norma general N° 43042 del Ministerio de Bienes Nacionales.

El Bosque Caducifolio de Concepción se caracteriza por la presencia de la especie arbórea caducifolia *Nothofagus obliqua* coexistiendo con especies arbóreas siempreverdes características del Bosque Esclerófilo, tales como *Cryptocarya alba*, *Lithrea caustica*, *Persea lingue* y especies arbóreas siempreverdes del Bosque Laurifolio o Valdiviano, tales como *Gevuina avellana* y *Aextoxicon punctatum*, *Weinmannia trichosperma*, entre otros. Los bosques de fondo de quebrada están dominados por la especie arbórea siempreverde de *Nothofagus dombeyi* coexistiendo con especies arbóreas hidrófilas tales como *Laurelia sempervirens*, *Podocarpus saligna* y *Amomyrtus luma*, todos elementos del Bosque Valdiviano. Esta mezcla de elementos del Bosque Caducifolio y Bosque Valdiviano genera una transición florística, la que se caracteriza por una alta diversidad, donde resaltan especies en categoría de conservación como *Berberis negeriana* (Michay araucano; En Peligro), *Citronella mucronata* (Naranjillo; Vulnerable) y *P. punctata* (Pitao; En Peligro) (CONAF, 2019; Echeverría et al., 2021).

En cuanto a fauna, existe un registro de 107 especies entre artrópodos, peces, anfibios, reptiles y mamíferos. Donde, se destacan *Aegla conceptionensis*, *Rhinoderma darwini* y *R. ruffum* (anfibios), *Abrothrix longipillis* y *Olygorizomis longicaudatus* (micromamíferos), *Pseudalopex culpeus*, *Pseudalopex griseus*, *Pudu puda* y *Leopardus guigna* (meso mamíferos) (CONAF, 2019; Echeverría et al., 2021).

A pesar que actualmente se encuentre como Parque Nacional Nonguén, siendo el mayor esfuerzo en conservación, no está exento de riesgos. Esto radica en la falencia, aplicable a todas la AP, de considerar estas zonas protegidas como islas dentro del territorio, despreocupándose de las zonas de amortiguación o territorios colindantes. Así, dentro de las principales amenazas de Nonguén se encuentran la expansión urbana, una causa importante de impactos en los ecosistemas periurbanos (Pauchard et al., 2006), el cambio de uso de suelo para habilitar terrenos con fines productivos como agricultura y/o ganadería, y la cercanía a predios forestales entregándole vulnerabilidad frente a las especies exóticas e incendios. Frente a estas problemáticas, se presenta la necesidad de considerar una gestión colaborativa como la que entrega la categoría de Paisaje de Conservación. Esto ya que es preciso generar una conectividad de los elementos naturales y culturales que integran el territorio y así contribuir a la conservación del área núcleo, disminuyendo la potencialidad de las amenazas.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la infraestructura ecológica mínima que permite incrementar la conectividad en el Paisaje de Conservación Nonguén?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Proponer una infraestructura ecológica que permita incrementar la conectividad y mantener la provisión de servicios ecosistémicos en el Paisaje de Conservación Nonguén.

4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar y mapear los principales ecosistemas proveedores de servicios ecosistémicos en el Paisaje de Conservación Nonguén.
- b. Identificar, caracterizar y mapear las principales áreas de alto valor ecológico en Paisaje de Conservación Nonguén.
- c. Identificar y mapear áreas de recuperación en el Paisaje de Conservación Nonguén.
- d. Definir una infraestructura ecológica mínima que permita incrementar la conectividad y mantener la provisión de servicios ecosistémicos en el Paisaje de Conservación Nonguén.

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

El Parque Nacional Nonguén tiene presencia en 3 comunas que forman parte de la conurbación urbana conocida como Concepción Metropolitano, todas ellas en la provincia de Concepción, región del Bío-Bío, Chile. De las 3.036 hectáreas que componen el PN Nonguén, 600 forman parte de la comuna de Concepción, 2.331 de la comuna de Chiguayante y un pequeño porcentaje en la comuna de Hualqui. Por esto, el área de estudio consiste en las tres comunas mencionadas ya que componen parte de la zona de influencia directa sobre el Parque. (CONAF, 2019).

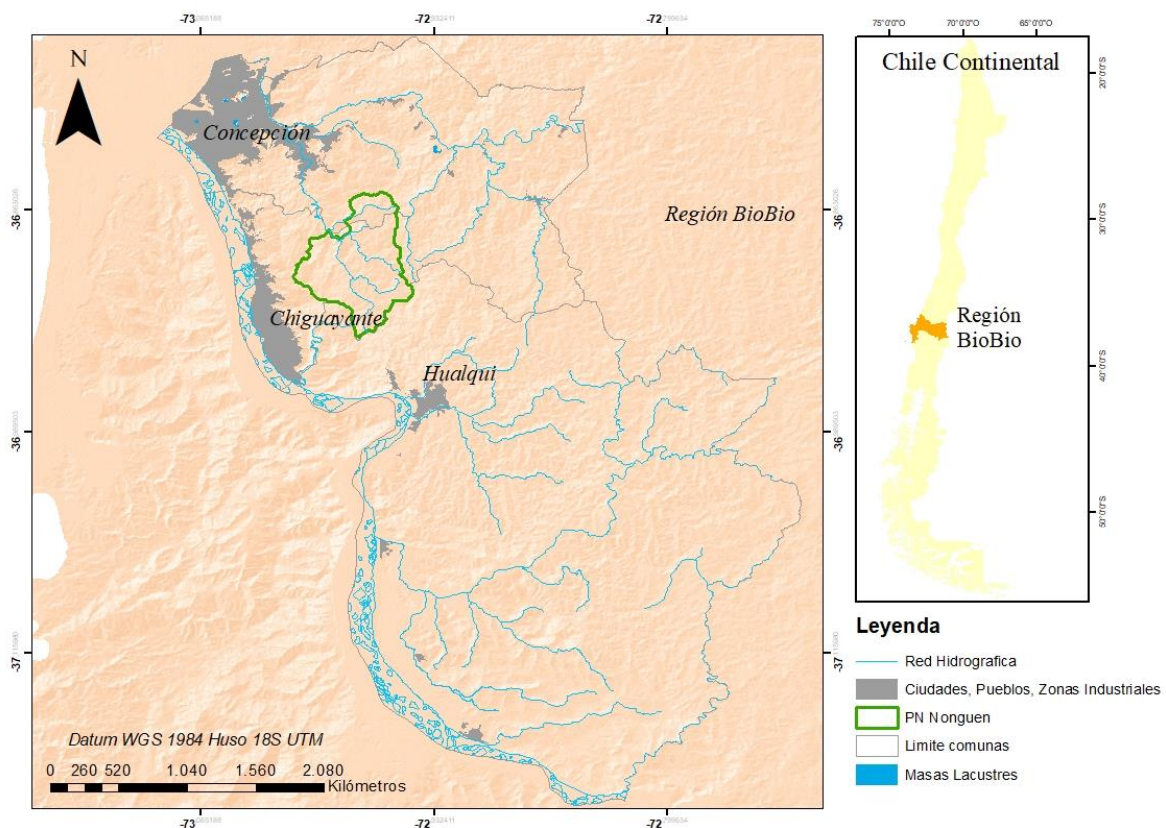


Figura 2. Área de estudio.
Elaborado según CONAF, 2017 y BCN, 2019.

El área de estudio total contempla una superficie de 83.367 hectáreas aproximadamente. En la tabla N° 2 se puede observar el número de hectáreas correspondiente a cada uso de suelo por comuna y total de la superficie estudio, donde hay que hacer énfasis que la categoría “bosque” incluye a plantaciones forestales, las cuales ocupan 44.508,5 ha (77,9%) del total de la categoría. En la figura 3, se puede observar la distribución espacial de usos de suelo en el área. (CONAF,2017).

Tabla 2. Superficie para cada uso de suelo en el área de estudio.

Uso de suelo	Concepción	Chiguayante	Hualqui	Total (ha)
Áreas urbanas e industriales	3.033 ha	1.229,4 ha	476,6 ha	4.739
Terrenos Agrícolas	457,3 ha	38,9 ha	2.694,6 ha	3.190,8
Praderas y Matorrales	2.985,8 ha	652,8 ha	9.418,5 ha	13.057,1
Bosques	14.777,3 ha	4.473,4 ha	37.818,9 ha	57.069,6
Humedales	141,7 ha	0,0 ha	132,5 ha	274,2
Áreas sin Vegetación	55,2 ha	14,2 ha	562,1 ha	631,5
Nieves y Glaciares	0,0 ha	0,0 ha	0,0 ha	0,0
Cuerpos de Agua	441,3 ha	1.085,9 ha	2.877,2 ha	4.404,4
Áreas no Reconocidas	0,0 ha	0,0 ha	0,0 ha	0,0

Fuente: Catastro y Evaluación del Recurso Vegetacional Nativo de Chile. (CONAF,2017).

La Región del Bío-Bío cuenta con un clima templado cálido, con lluvias invernales y una estación seca de 4 a 5 meses. Las precipitaciones aumentan proporcionalmente con la altitud, presentando registros en la zona litoral que varían entre 700 y 1200 mm. El régimen térmico es suavizado por la acción moderadora que ejerce el mar, siendo

el mes más cálido febrero con temperaturas máximas que rondan los 22 °C y mínimas de 10 °C y el mes más frío julio, con una máxima de 13 °C y una mínima cercana a los 6 °C. (DMC, 2001).

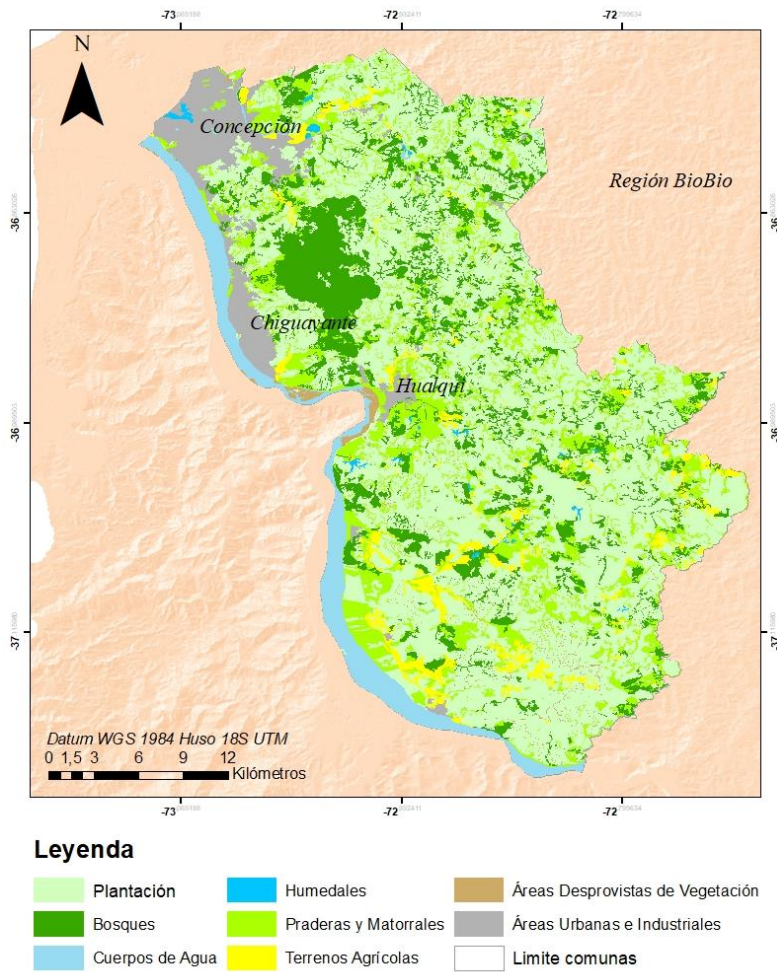


Figura 3. Distribución de usos de suelo en área de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAF, 2017 y BCN, 2019.

Demográficamente, el área de estudio cuenta con una población de 333.845 habitantes, donde el 67% se concentra en la comuna de Concepción, 26% en la

comuna de Chiguayante y un 7% en la comuna de Hualqui (BCN, 2020). En la tabla 3, se pueden ver datos adicionales.

Tabla 3. Indicadores sociales y demográficos por comuna.

Indicador	Comuna		
	Concepción	Chiguayante	Hualqui
Rango etario con mayor representatividad (% de la población)	15-29 años (28,9%)	45-65 años (26,2%)	45-65 años (25,4%)
Porcentaje de la población que habita en zona urbana	98%	100%	85,9%
Áreas verdes con mantenimiento por habitante	4,7 m2/habitante	4,0 m2/habitante	12,1 m2/habitante
Porcentaje de Población en Pobreza multidimensional	13,43%	12,65%	22,15%

Fuente: BCN, 2017; BCN, 2020.

5.2. Evaluación de SSEE

La identificación de servicios ecosistémicos se basó en la cuantificación y mapeo de la capacidad de proveer servicios por parte de ecosistemas, para lo cual se utilizó el enfoque de conocimiento de expertos para cuantificar la oferta potencial de cada ecosistema presente en el área de estudio.

La primera etapa consistió en seleccionar unidades espaciales geobiofísicas similares a ecosistemas, para esto se manejó la clasificación de usos y coberturas de suelo realizada por CONAF en el catastro vegetacional, año 2017. En la tabla 4 se entregan los nombres de ecosistemas que fueron utilizados y los subusos del catastro vegetacional que estos incluyen.

Tabla 4. Ecosistemas utilizados para construcción de Matriz de Burkhard.

Ecosistema para matriz	Subuso en catastro vegetal que incluye el ecosistema	Descripción
Áreas Desprovistas de Vegetación	- Otros sin Vegetación	Ecosistemas que no cuentan con vegetación y que no están identificados como playas o dunas
Áreas Urbano-Industrial	- Ciudades, Pueblos, Zonas Industriales - Minería Industrial	Centros poblados con infraestructura e industrias, incluyendo minería
Bosque nativo	- Bosque mixto - Bosque Nativo - Matorral - Matorral arborescente - Matorral-pradera	Ecosistemas de bosque y matorral con presencia de especies nativas
Humedales	- Otros terrenos húmedos - Vegas	Ecosistemas acuáticos y semi-acuáticos terrestres con vegetación
Lagos y Lagunas	- Lagos, Lagunas, Embalses, Tranques	Cuerpos de agua terrestres permanentes
Matorral con Especies Exóticas	- Matorral - Matorral arborescente - Matorral-pradera	Ecosistema de matorral que tiene presencia de al menos una especie exótica
Plantaciones	- Plantación	Plantaciones dominadas por especies del género Eucalyptus, Populus, Acacia, Pinus, Cupressus, etc
Playas y Dunas	- Playas y Dunas	Ecosistemas costeros dominados por suelos arenosos
Praderas	- Praderas	Praderas localizadas en valles y sin uso agrícola intensivo
Ríos	- Cajas de Ríos - Ríos	Cuerpos de agua terrestres permanentes y ecosistemas con vegetación localizados a menos de 15m desde el borde de la caja río
Terrenos de Uso Agrícola	- Terreno de Uso Agrícola - Rotación Cultivo-Pradera	Ecosistemas destinados a fines agrícolas de manera permanente y rotaciones cultivo-pradera

Fuente: Adaptación de LEP, 2018 según usos de suelo CONAF, 2017.

En segundo lugar, se revisó la clasificación internacional de SSEE, CICES V5.1 donde se encuentran definidos y que para caso práctico del trabajo se agruparon, disminuyendo la extensión. (Véase tabla 5).

Tabla 5. Servicios Ecosistémicos utilizados para construcción de Matriz de Burkhard.

Clasificación	Servicio Agrupado Utilizado	Código de SE en CICES versión 5.1
PROVISIÓN	Alimento ¹	1.1.1.1 / 1.1.2.1/ 1.1.3.1/ 1.1.4.1/ 1.1.5.1/ 1.1.6.1/ 4.3.1.1/ 4.3.2.1/
	Materia prima de origen biológico ²	1.1.1.2/ 1.1.2.2/ 1.1.3.2 / 1.1.4.2/ 1.1.5.2/ 1.1.6.2/ 1.2.1.1/ 1.2.1.2/ 1.2.1.3/ 1.2.2.1/ 1.2.2.2/ 1.2.2.3
	Materia prima de origen abiótico ³	4.2.1.2/ 4.2.2.2/ 4.3.1.2/ 4.3.2.2
	Agua para consumo	4.2.1.1/ 4.2.2.1
	Agua para generación de energía ⁴	4.2.1.3/ 4.2.1.4/ 4.2.2.3
	Energía en base plantas, animales ⁵	1.1.1.3/ 1.1.2.3/ 1.1.3.3/ 1.1.4.3/ 1.1.5.3/ 1.1.6.3
	Energía en base a minerales	4.3.1.3
	Energías renovables ⁶	4.3.2.3/ 4.3.2.4/ 4.3.2.5
REGULACIÓN Y MANTENCIÓN	Reducción de la contaminación ⁷	2.1.1.1/ 2.1.1.2/ 2.1.2.1/ 2.1.2.2/ 2.1.2.3/ 5.1.1.1/ 5.1.1.2/ 5.1.1.3/ 5.1.2.1
	Amortiguación y protección de desastres naturales	2.2.1.2/ 2.2.1.4/ 2.2.1.5/ 5.2.1.1/ 5.2.1.2/ 5.2.1.3
	Polinización y dispersión de semillas	2.2.2.1/ 2.2.2.2
	Control de pestes y enfermedades	2.2.3.1/ 2.2.3.2
	Regulación de la calidad del agua	2.2.1.3/ 2.2.5.1/ 2.2.5.2
	Regulación climática	2.2.6.1/ 2.2.6.2/ 5.2.2.1
	Regulación calidad del suelo ⁸	2.2.1.1/ 2.2.4.1 /2.2.4.2
CULTURALES	Turismo y recreación	3.1.1.1/ 3.1.1.2/ 6.1.1.1
	Investigación y educación	3.1.2.1/ 3.1.2.2/ 3.1.2.4/ 6.1.2.1
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	3.1.2.3
	Espiritual, simbólicos y/o religioso	3.2.1.1/ 3.2.1.2/ 3.2.1.3/ 3.2.2.1/ 3.2.2.2/ 6.2.1.1/ 6.2.2.1

Notas: 1 considera flora y fauna terrestre/acuática, reino fungi, mineral y no mineral; 2 considera flora y fauna; 3 considera minerales, no minerales y agua no destinada para consumo; 4 considera agua dulce y marina; 5 incluye energía mecánica; 6 considera energía eólica, geotermal y solar; 7 incluye

todo tipo de contaminación (visual, ruido, olores, atmosférica, etc); **8** incluye tasas de erosión y fertilidad del suelo.

Con estos datos se creó la matriz de Burkhard, esta consiste en una matriz de doble entrada, la cual en su eje “y” contiene las coberturas de suelo (ecosistemas) y en el eje “x” los distintos SSEE, se puede observar de forma gráfica en la figura 2.

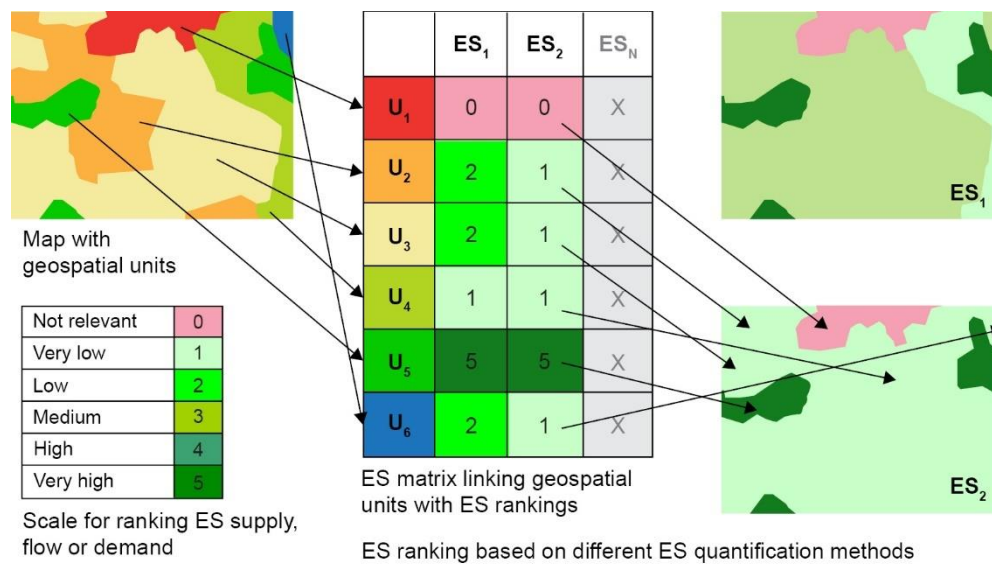


Figura 4. Esquema de matriz de valoración de SSEE de Burkhard.

Fuente: Mapeo de Servicios Ecosistémicos (Burkhard, 2017).

La matriz que se puede ver en el anexo N° 1, se envió vía correo electrónico en formato Excel a la comisión de expertos conformada por representantes de instituciones públicas y del área académica, los cuales evaluaron la capacidad de los ecosistemas en el área de estudio para proveer los SSEE clasificados. Esta evaluación se realizó completando las intersecciones de la matriz, según la escala que se presenta en la tabla N°6, donde el valor representa la capacidad del ecosistema (uso de suelo) de proveer el SE. (Burkhard et al., 2009).

Tabla 6. Escala para evaluación de Servicios ecosistémicos.

Valor	Potencial o Capacidad de proveer SE
0	Nula capacidad
1	Muy baja capacidad
2	Baja capacidad
3	Mediana capacidad
4	Alta capacidad
5	Muy alta o máxima capacidad

Fuente: (Burkhard et al., 2009).

Una vez obtenidas las valoraciones entregadas por la comisión de expertos, las respuestas se integraron en una matriz final donde se consideró la moda aritmética de los valores. Luego, para estimar la capacidad de entregar SSEE de cada ecosistema, se realizó una estandarización de los datos, donde a los valores entre 0 y 2 se les asignó el valor 0 y, a los valores entre 3 y 5 se le asignó el valor 1. El 0 representó nula capacidad de provisión de servicios y el valor 1 representó capacidad relevante de provisión, destacándose así los ecosistemas que proveen mayor cantidad de SSEE mediante la suma de estos servicios en cada ecosistema. (LEP, 2018). Posteriormente, a partir de la distribución espacial de los ecosistemas y la capacidad de entregar servicios de cada uno, se generó un mapa de capacidad de provisión de SSEE, donde se pudo visualizar la cantidad de servicios según la distribución de los usos de suelo.

5.3. Identificación de áreas de alto valor ecológico

En primer lugar, se identificaron las áreas de alto valor para la conservación (AVC), según la metodología propuesta por Nuñez, E., 2010 en el manual técnico N°23 de

CONAF, el cual lleva por título: “Método de planificación del manejo de áreas protegidas”. Para este objetivo se consideraron las zonas “primitivas” e “intangibles”, donde los criterios evaluados se pueden ver en la tabla N° 7.

Tabla 7. Criterios evaluados para zona intangible y primitiva.

Criterio	Descripción	Zona que incluye el criterio	Perspectiva para evaluar
Unicidad de ecosistemas (UE)	Criterio que implica el nivel de presencia de una comunidad en una determinada unidad biogeográfica (local, regional, u otra) siendo la calificación más alta, la presencia solo local.	Intangible y Primitiva	Según clasificación de Ecosistemas de Plisscof
Fragilidad de ecosistemas (FE)	Criterio de carácter intrínseco y esencial, cuya susceptibilidad no se atribuye a agentes externos, sino a la propia condición de zonal, azonal e intrazonal del ecosistema	Intangible	Según clasificación de Ecosistemas de Plisscof (CR) o (EN)
Grado de naturalidad de las comunidades vegetales (GNCV)	Grado de independencia de actuaciones humanas en una comunidad vegetal, o la escasa intervención o acción transformadora del ser humano.	Intangible y Primitiva	Según predominancia de especies nativas en el catastro vegetacional de CONAF, 2017
Interés científico de comunidades vegetales (ICCV)	Indica los valores científicos o de investigación que presentan las comunidades vegetales	Intangible y Primitiva	Según predominancia de especies nativas en el catastro vegetacional de CONAF, 2017
Interés científico de biotopos faunísticos (ICBF)	Indica los valores científicos o de investigación que presentan los biotopos faunísticos	Intangible y Primitiva	Según predominancia de especies nativas en el catastro vegetacional de CONAF, 2017

Interés geomorfológico (IG)	Condición de singularidad de la unidad geomorfológica en el contexto nacional, local o a nivel del área de estudio.	Intangible y Primitiva	Se designó el valor mínimo para toda el área de estudio
Valor paisajístico (VP)	Establece el valor de la unidad de paisaje para el uso público, a partir de la combinación de la calidad y fragilidad del paisaje	Primitiva	Adaptación de la evaluación de SE turismo y recreación en matriz de Burkhard

Fuente: Elaboración propia según Nuñez, E, 2010

Las principales bases de datos que se utilizaron fueron el catastro Vegetacional, 2017 de CONAF y el estudio de Pliscoff, 2015 donde se identifican los ecosistemas según pisos vegetacionales. De los ecosistemas utilizados, las Áreas urbano-Industrial, áreas desprovistas de vegetación, plantaciones y terrenos de uso agrícola tuvieron evaluación nula para los criterios. La designación de valores para cada criterio se realizó según las escalas entregadas por Nuñez, E., 2010 en el manual de CONAF.

Los criterios tabulados anteriormente debieron ser ponderados por la comisión de expertos según su importancia relativa en cada zona. Para ser ponderados se utilizó el método de ordenación por rangos, donde cada participante debió ordenar jerárquicamente los criterios, en este caso con valores de 0 a 5, sucesivamente, donde 0 es el valor de menor jerarquía y 5 el de mayor jerarquía.

Una vez que se obtuvieron las valoraciones se traspasaron los datos al software ArcMap 10.4 donde cada criterio resultó ser una capa ráster. Para obtener las zonas Primitiva e Intangible, se sumaron los criterios que definen cada zona utilizando la herramienta “suma ponderada” donde a cada criterio se le entregó la ponderación

obtenida de la comisión de expertos. Luego, cada capa obtenida como zona primitiva y zona intangible fue normalizada mediante la siguiente expresión:

$$VNP = VP - \text{MIN PC} / \text{MAX PC} - \text{MIN PC} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

VNP: Valor normalizado del Píxel P

VP: Valor del Píxel P

MINPC: Valor Mínimo de Píxel P presentado en la Capa de la zona

MAXPC: Valor Máximo de Píxel P presentado en la Capa de la zona

Finalmente, con los valores ya normalizados se volvió a utilizar la herramienta de suma ponderada, esta vez con la zona primitiva, intangible y la capa obtenida en el objetivo 1 de cantidad de SSEE normalizada, teniendo las 3 capas igual peso. La sumatoria de estas 3 capas entregó como resultado las Áreas de Alto Valor Ecológico. Para dar énfasis a las zonas se seleccionó las que obtuvieron mayor valoración utilizando una condicional de visualizar en la cartografía aquellas que presentaran valor mayor o igual a 0,7.

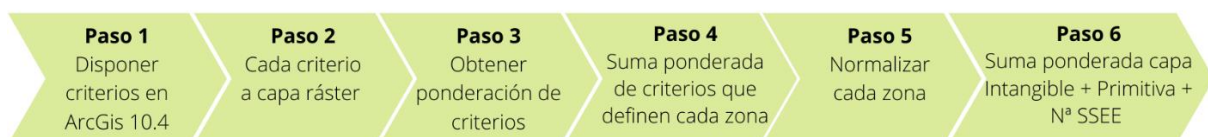


Figura 5. Pasos utilizados para la definición de Zona AVE.

Fuente: Adaptación de Nuñez,E, 2010.

5.4. Identificación de áreas de recuperación

Para identificar las áreas de recuperación se utilizó la misma metodología que el objetivo anterior; evaluando, ponderando y cartografiando los criterios tabulados a continuación:

Tabla 8. Criterios evaluados para identificar zonas de recuperación.

Criterio	Descripción	Zona que lo incluye	Perspectiva para evaluar
Grado de artificialización de las comunidades vegetales (GACV)	Indica los grados de alteración de la vegetación natural, en función de la presencia de flora alóctona.	Recuperación	Según predominancia de especies exóticas en el catastro vegetacional de CONAF, 2017
Intensidad de procesos dinámicos (IPD)	Nivel de degradación de la superficie según la susceptibilidad a la erosión, inundabilidad y estabilidad de taludes	Recuperación	Según Anexo 2
Nivel de degradación de las comunidades vegetales (NDCV)	Grado de empobrecimiento de la comunidad vegetal por influencia humana o natural	Recuperación	Imágenes Sentinel 2

Fuente: Elaboración propia según Nuñez, E, 2010.

Sin embargo, la evaluación de los criterios, Nivel de Degradación de las Comunidades Vegetales e Intensidad de Procesos Dinámicos, requirieron procesos adicionales que se detallan a continuación.

Para lograr evaluar el criterio Nivel de degradación de las comunidades vegetales se decidió identificar solo las áreas afectadas por incendio, esto se llevó a cabo mediante

el cálculo del índice NBR (Normalised burn ratio), con imágenes del programa Sentinel 2, Sensor MSI (instrumento multiespectral), específicamente con productos BOA (Bottom of atmosphere), nivel 2A, obtenidas de la página Copernicus Data Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). La ventaja de utilizar este tipo de imágenes es que ya cuentan con la eliminación del efecto atmosférico y con la normalización del efecto relieve (ESA, 2015). Para poder utilizar este índice es necesario contar con imágenes pre y post incendio, por lo que se seleccionaron imágenes con fecha 04 de enero, 2020 y 14 de marzo, 2020, para abordar la época más afectada en el último año, según el registro de incendios de CONAF.

Para obtener el índice NBR capaz de cartografiar las áreas afectadas por incendio, se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{NBR} = (\text{NIR (L4_S8A)} - \text{SWIR(L5_S12)}) / (\text{NIR (L4_S8A)} + \text{SWIR (L5_S12)}) \quad (\text{Ec.2})$$

Donde las variables S8A y S12 son información contenidas por las imágenes, por lo que se utilizó la herramienta “Calculadora ráster” en ArcMap.

El cálculo del índice se realizó para la imagen pre y post incendio y luego, se realizó una diferencia entre ellas. Una vez, identificadas las áreas incendiadas, se seleccionaron aquellas que presentaron el valor más crítico (mayor o igual a 0,44) y se les designó el máximo valor de degradación, convirtiéndolo así en una capa ráster.

En el caso del criterio Intensidad de procesos dinámicos, fue necesario calcular la pendiente del terreno en grados y clasificar según el uso de suelo, teniendo como referencia los valores que entrega el anexo 2.

De los ecosistemas utilizados en la matriz de SSEE, las áreas Urbano-Industrial, plantaciones, lagos y lagunas y, ríos tuvieron evaluación nula para los criterios de recuperación, estos dos últimos debido a que el catastro no entrega información para evaluar el estado de los cuerpos de agua, lo cual necesita estudios extra.

Finalmente, obtenidas las valoraciones de los 3 criterios y con las ponderaciones entregadas por la comisión de expertos, se obtuvo la capa de zona de recuperación con la herramienta “suma ponderada” y fue normalizada con la Ec. 1, entregada en el objetivo anterior.

5.5. Definición de Infraestructura ecológica

La determinación de una infraestructura ecológica mínima a conservar en el área de estudio, se realizó mediante la complementación de las cartografías obtenidas en los pasos anteriores (Zona de Alto Valor Ecológico más la zona de Recuperación). Además, para presentar una conectividad entre zonas, se decidió crear corredores naturales sobre la red hídrica. Para esto se obtuvo la red hídrica según el modelo de elevación digital de la zona (tamaño de celda 12,5 x 12,5 y profundidad de pixel de 16 bit) y se seleccionaron los caudales que tuvieran un orden de Strahler mayor o igual a 3. Seleccionados los arroyos, se les aplicó un buffer general de 100 metros, siendo estos los propuestos como corredor.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Evaluación de SSEE

De la invitación a participar en el desarrollo de la matriz de Burkhard, se obtuvo un total de 8 respuestas, representando estas el 42% de participación del total de correos electrónicos enviados. Las instituciones que fueron representadas por los participantes se pueden observar a continuación en la tabla 9.

Tabla 9. Participación en respuesta de matriz de Burkhard

Institución	N° de representantes	Tipo de Participación
Asociación de municipalidades	1	Público
Facultad Ciencias Forestales, UdeC	1	Académico
Facultad de Ciencias Ambientales, Udec	2	Académico
SEREMI MA	1	Público
Estudiantes UdeC (Geografía e Ing ambiental)	3	Ciudadana

En comparación a otros estudios realizados de percepción de SSEE, dónde las encuestas se realizan mediante talleres participativos presenciales (F. de la Barrera, et al., 2018; LEP, 2018), la cantidad de respuestas obtenidas es mínima, esto se ve justificado por la modalidad en la cual se realizó debido al contexto pandemia y el colapso de teletrabajo en el que se encontraban los participantes. Sin embargo, las respuestas poseen relevancia debido a que provienen de actores principales en la conservación del territorio.

Desde la evaluación de matriz por parte de la comisión de expertos, se obtuvo la valoración de SSEE, la cual se muestra ya normalizada en la tabla 10, donde se pudo

observar que las capas de uso de suelo que proveen mayor cantidad de SSEE son “Bosque nativo” y “lagos y lagunas”, con un total de 16 SSEE, los cuales cuentan con superficies de 13.063,221 ha y 50,741 ha, respectivamente. En segundo lugar, se encuentran los “humedales” entregando 14 SSEE con 274,231 ha de superficie. El tercer lugar pertenece a “ríos” con 13 SSEE y 4.376,575 ha de superficie. Siguen los “terrenos de uso agrícola” y “matorral con especies exóticas” con 9 SSEE, correspondiendo sus superficies a 3.190,785 ha y 10.335,719 ha, respectivamente. Más abajo en la evaluación, se encontraron “playas y dunas” con 6 SSEE, siendo su superficie de 285,118 ha. El penúltimo lugar correspondió a “praderas” con 5 SSEE y una superficie de 2.219,328 ha. El valor más bajo de valoración lo obtuvieron “plantaciones”, “áreas sin vegetación” y “áreas urbano-industrial” con 2 SSEE, siendo sus superficies 44.508,484 ha, 323,510 ha y 4739,024 ha, respectivamente.

En la figura 6 se puede observar la provisión de SSEE según la distribución de usos de suelo en el área de estudio.

Tabla 10. Valoración de SSEE por uso de suelo en matriz de Burkhard normalizada.

ECOSISTEMAS/ SE	PROVISIÓN								REGULACIÓN Y MANTENCIÓN						CULTURAL				Cantidad de SE	
	Alimento1	Materia prima de origen biológico2	Materia prima de origen abiótico3	Agua para consumo	Agua para generación de energía4	Energía en base plantas, animales5	Energía en base a minerales	Energías renovables6	Reducción de la contaminación7	Amortiguación y protección de desastres naturales	Polinización y dispersión de semillas	Control de plagas y enfermedades	Regulación de la calidad del agua	Regulación calidad del suelo8	Regulación climática	Turismo y recreación	Investigación y educación	Identidad cultural y sentido de pertenencia		Espiritual, simbólicos y/o religioso
Áreas sin vegetación	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Áreas Urbano-Industrial	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Bosque nativo	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Matorral con especies exóticas	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	9
Humedales	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Lagos y lagunas	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Plantaciones	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Playas y dunas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Praderas	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Ríos	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	13
Terrenos de uso agrícola	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	9

Dentro de las desventajas que se presentan en los resultados con la metodología empleada es que no se sabe de forma directa cuales son los reales SSEE que provee cada ecosistema (códigos individuales presentes en la tabla 5), debido a la agrupación general que se utilizó y con esto se pone en duda la cantidad de SSEE, ya que, no se

utilizó el nivel “clase” que sugiere la propuesta CICES para información contable. (Haines-Young & Potschin, 2012).

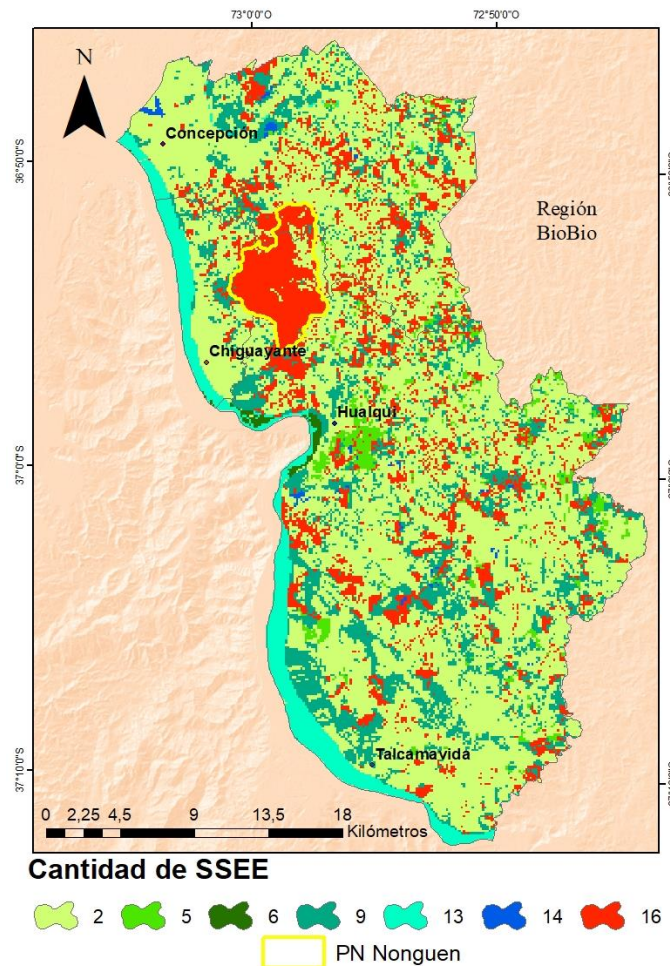


Figura 6. Distribución de la cantidad de SSEE en el área de estudio.

6.2. Identificación de áreas de alto valor ecológico

Desde la evaluación de la mesa de expertos se obtuvo que los criterios con mayor ponderación para la definición de zona intangible corresponden a Unicidad de ecosistemas (0,27), Fragilidad de ecosistemas (0,25) y Grado de naturalidad de

comunidades vegetales (0,25). En cambio, el criterio con menor ponderación fue Interés geomorfológico (0,03).

Tabla 11. Valores obtenidos para ponderación de criterios zona intangible.

Criterios	Ponderador criterio
Unicidad de ecosistemas	0,27
Fragilidad de ecosistemas	0,25
Grado de naturalidad de comunidades vegetales	0,25
Interés científico comunidades vegetales	0,13
Interés científico biotopos faunísticos	0,08
Interés geomorfológico	0,03

Para el caso de la zona primitiva los criterios mejor valorados fueron Unicidad de ecosistemas (0,29), Grado de naturalidad de comunidades vegetales (0,25) e Interés científico de comunidades vegetales (0,19). Se puede observar en la tabla 12 que la valoración menor se repite para el criterio de interés geomorfológico (0,03).

Tabla 12. Valores obtenidos para ponderación de criterios zona primitiva.

Criterios	Ponderador criterio
Unicidad de ecosistemas	0,29
Grado de naturalidad de comunidades vegetales	0,25
Interés científico comunidades vegetales	0,19
Interés científico biotopos faunísticos	0,13
Interés geomorfológico	0,03
Valor Paisajístico	0,11

Se obtuvo la definición de las zonas de alto valor ecológico (AVE) que se puede observar en la figura 7, representada en color verde. La superficie total de zona AVE corresponde a 9004,867 ha, siendo este un 10,8% de la superficie total del área de estudio.

La superficie de zona AVE dentro del Parque Nonguén es igual a 2498,586 ha, que representa el 27,75% de la zona AVE total, quedando el 72,25% restante fuera del área de protección oficial.

De la superficie total definida como zona AVE, 8224,728 ha son de bosque nativo, representando un 91,34% de la zona. En segundo lugar, se encuentra matorral con especies exóticas con 454,130 ha, siendo estas el 5,04%. En tercer lugar, con 120,34 ha están las praderas representando el 1,34% de la zona. Con valores más bajos se encuentran terrenos de uso agrícola con 84 ha (0,93%), áreas urbano industrial con 50,621 ha (0,56%), lagos y lagunas con 36,053 ha (0,40%), ríos con 22,509 ha (0,24%), humedales con 7,399 ha (0,08%) y finalmente las áreas desprovistas de vegetación con 5,078 ha (0,05%).

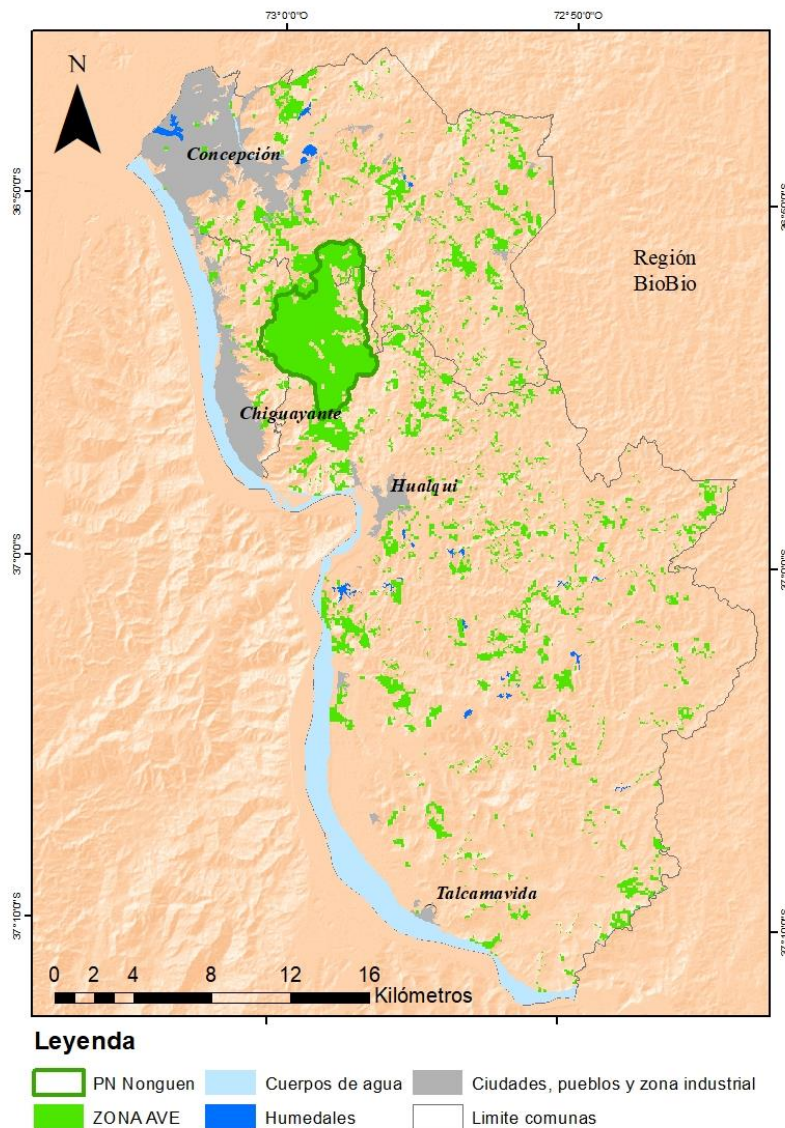


Figura 7. Definición de Zona de Alto Valor Ecológico.

Sin embargo, dentro de la zona AVE identificada según la base de datos del catastro vegetacional, se encuentran zonas que fueron afectadas por incendios el año 2017, se realizó una superposición con polígonos de incendios disponibles en la página IDE Chile y se obtuvo que aproximadamente 1738,213 ha (19,3%) de la zona AVE definida corresponde a áreas afectadas por la tormenta de fuego del 2017 (representadas en

color naranja en la figura 8), traspasando estas áreas a la categoría siguiente de recuperación y resultando una zona AVE final de 7266,654 ha. De la zona afectada, 1570,23 ha corresponden a bosque nativo (90,33%), 103,565 ha a matorrales con especies exóticas (5,96%), 28,158 ha a praderas (1,62%), 22,805 ha a terrenos de uso agrícola (1,31%), 4,456 ha a áreas urbano industrial (0,26%), 3,776 ha a humedales (0,22%), 2,210 ha a Áreas desprovistas de vegetación (0,13%), 1,653 ha a lagos y lagunas (0,09%), y 1,350 ha a ríos (0,07%).

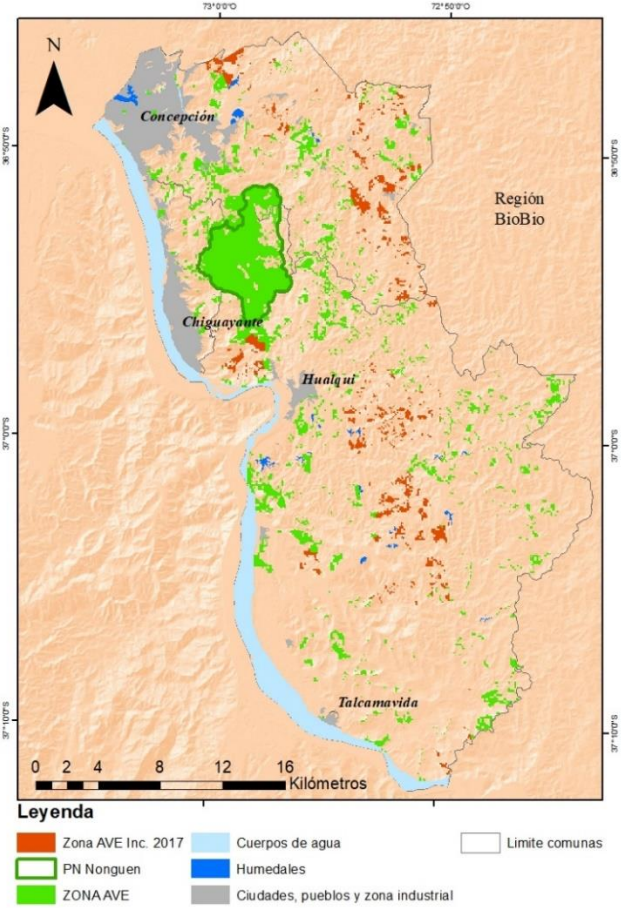


Figura 8. Zona de Alto Valor Ecológico afectada por incendio del año 2017.

6.3. Identificación de áreas de recuperación

En el caso de la zona de recuperación, el valor más alto de ponderación entregado por la mesa de expertos, fue al criterio nivel de degradación de la comunidad vegetal (0,58) y el menor valor a Intensidad de procesos dinámicos (0,08), como se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13. Valores de ponderación de criterios para zona de recuperación.

Criterios	Ponderador criterio
Nivel de degradación comunidad vegetal	0,58
Grado de artificialización de comunidad vegetal	0,33
Intensidad de procesos dinámicos	0,08

Se obtuvo la definición de zonas de recuperación que se pueden ver en la figura 9, representadas en color naranja, con una superficie de 6635,746 ha. Sin embargo, se decidió depurar la zona, eliminando los polígonos que tenían la clasificación de Terrenos de uso agrícola, correspondiendo a 2120,78 ha. Así, el número total de hectáreas de zona de recuperación fue igual a 4514,96. Del total de superficie para recuperación, 37,916 ha se encuentran dentro del Parque Nonguén, siendo estas un 0,84 % del área.

De la superficie total de zona de recuperación, se encuentra la clasificación de matorral con especies exóticas con 2342,079 ha, lo que conforma el 51,87%, praderas con 1275,314 ha (28,25%), bosque nativo con 587,703 ha (13,02%), humedales con 149,257 ha (3,31%), Áreas urbano industrial con 118,704 ha (2,63%), ríos con 21,855

ha (0,48%), áreas desprovistas de vegetación con 13,459 ha (0,29%), lagos y lagunas con 4,357 ha (0,09%), playas y dunas con 2,233 ha (0,05%).

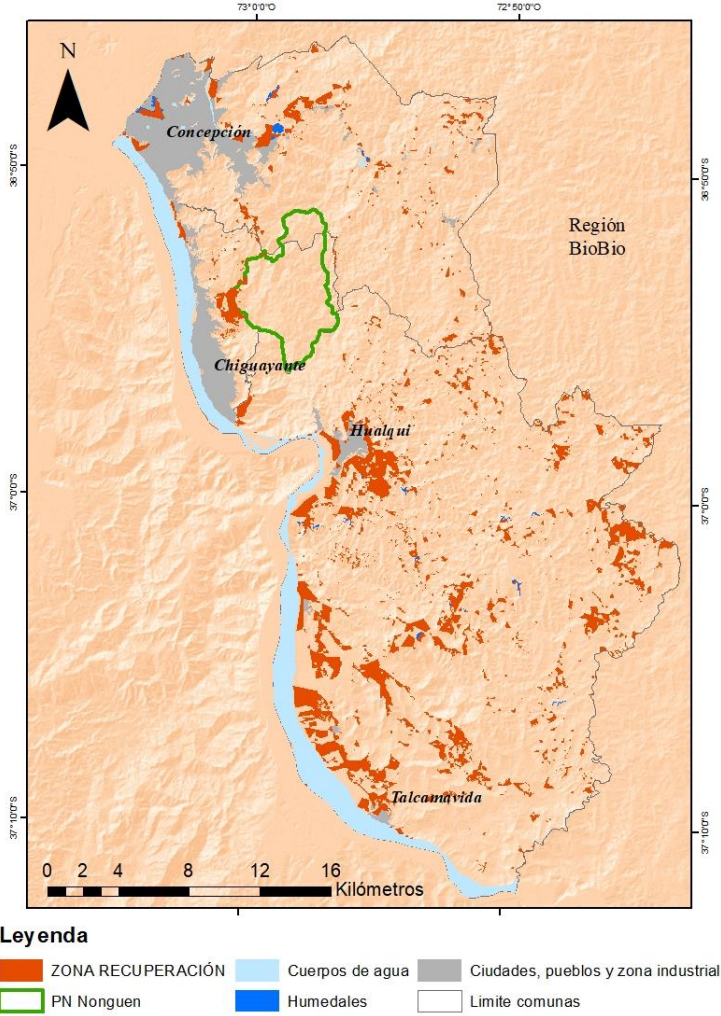


Figura 9. Zona de Recuperación según criterios evaluados.

Como se mencionó en el apartado anterior, las áreas AVE que fueron afectadas por incendios se agregaron a esta categoría de recuperación. Así, el total de hectáreas sumadas corresponde a 6230,368. De esta manera, los nuevos porcentajes de representatividad por uso de suelo quedaron en el orden siguiente: Matorral con

especies exóticas con 2445,644 ha, lo que conforma el 39,25%, bosque nativo con 2157,933 ha (34,63%), praderas con 1303,472 ha (20,92%), humedales con 153,033 ha (2,46%), Áreas urbano industrial con 123,16 ha (1,97%), ríos con 23,205 ha (0,37%), áreas desprovistas de vegetación con 15,669 ha (0,25%), lagos y lagunas con 6,01 ha (0,09%), playas y dunas con 2,233 ha (0,04%). Esta zona de recuperación final se observa en la figura 10.

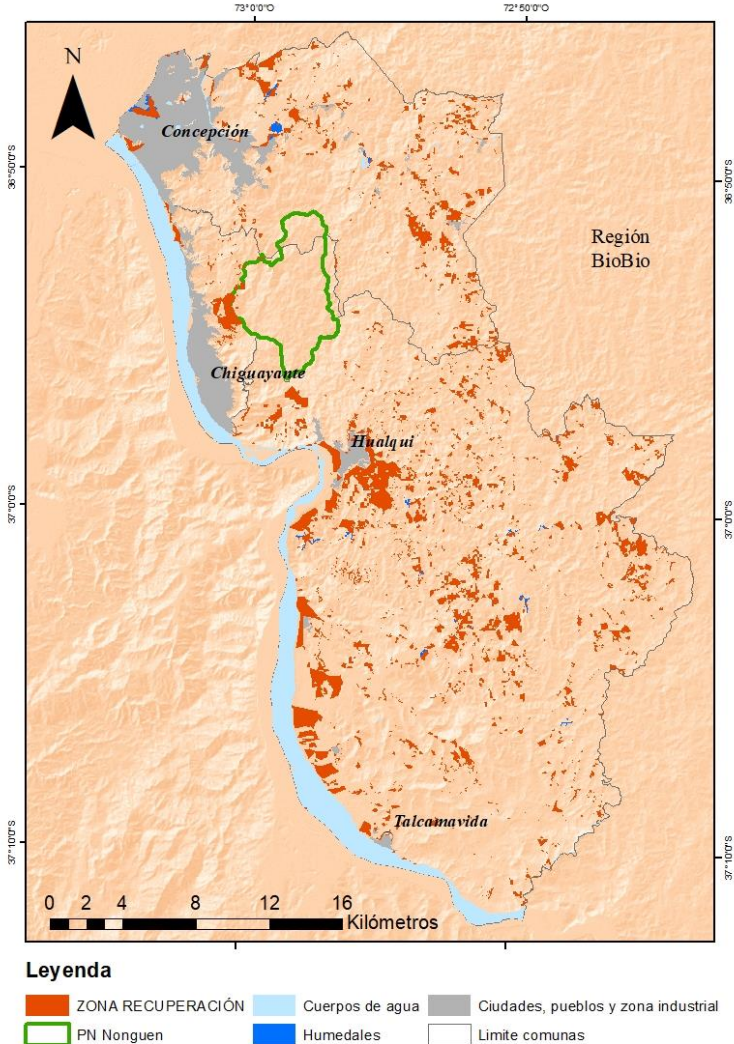


Figura 10. Zona de recuperación considerando las zonas AVE afectadas por incendio, 2017.

Este resultado es la idea base para identificar las verdaderas zonas de recuperación, ya que, para llevar a cabo el proceso es necesario realizar una evaluación de los sitios y una caracterización del modelo de referencia según atributos ecosistémicos, entre ellos: ausencia de amenazas, condiciones físicas, composición de especies, diversidad estructural, función ecosistémica e intercambios externos. (Echeverría et al, 2021). Hay que destacar que la Municipalidad de Chiguayante ya ha llevado a cabo etapas de restauración en el área afectada por incendio en el Cerro Manquimávida. Estas etapas se realizaron por donación de CONAF de 15000 árboles nativos, junto a la comunidad local, donde hay que resaltar la participación de la organización Restauración Mankimawiza, la cual nace de una idea en asambleas del sector. Este grupo ha llevado a cabo donaciones de ejemplares de flora nativa con su respectiva plantación en la zona, uniéndose al trabajo de la municipalidad y siendo contactados por el consejo de la asociación de municipalidades para el proyecto de Paisaje de Conservación Nonguén.

Se recomienda observar el trabajo realizado en los últimos años por la organización BOSKO en su página web bosko.cl, donde, se ejemplifica que es posible la integración de pequeños núcleos de bosque nativo dentro del área urbana, en diferentes zonas del país, lo que marca un antecedente importante sobre la acogida que está teniendo la temática, tanto en propietarios particulares como establecimientos públicos.

6.4. Definición de Infraestructura ecológica

Se obtuvo la definición de infraestructura ecológica mínima a conservar superponiendo las cartografías anteriores de zonas de alto valor ecológico y zonas de recuperación, teniendo una superficie total de 13497,022 hectáreas, representando estas un 16,19% respecto al área total de estudio.

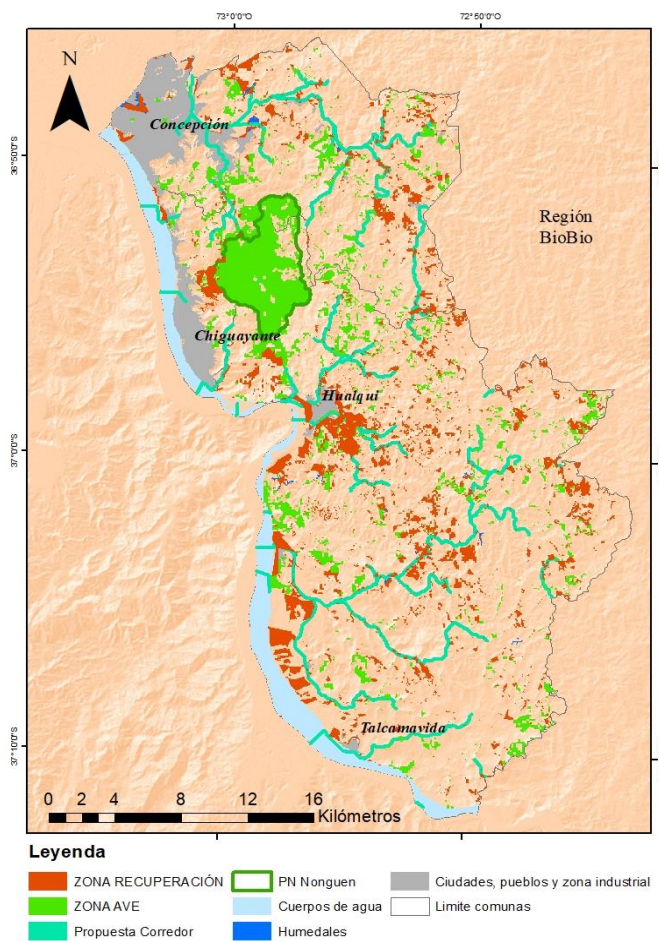


Figura 11. Propuesta de Infraestructura Ecológica con zonas de alto valor ecológico y recuperación identificadas.

En comparación con ejemplos de definición de infraestructura ecológica, la adaptación de metodología utilizada en este caso es simplificada, entregando como resultado la

red natural mínima que se debe conservar y restaurar. Por las definiciones de IE en los antecedentes, fue necesario trazar la conexión entre zonas y se decidió usar las vías naturales que representa la red hídrica como corredores riparianos, disminuyendo así el efecto isla. (PUCV, 2017). Es preciso aclarar que la superficie total entregada como IE no considera los corredores, si bien, se realizaron todos con un buffer de 100 m de ancho a partir del caudal, estos pueden variar desde los 15 m, dependiendo si son cursos de agua permanentes o no (Romero F. et al., 2014), por lo que se debe decidir en terreno el área de cada tramo del corredor, aterrizando así los valores que si se podrían implementar, ya que los 100 m de influencia no es factible cuando el sistema urbano ya se encuentra construido, siendo este valor exagerado para el área de estudio.

Suponiendo que, en teoría, se considerara el área de corredores correspondientes al buffer general de 100 metros, estos tendrían una superficie total de 5096,52 ha, que formarían parte de la IE, sumando un total de 18593,54 ha, aumentando el porcentaje a 22,30% respecto al área total de estudio. En la tabla número 14 es posible ver la superficie de corredor que correspondería a cada uso de suelo y se entrega el porcentaje de cada ecosistema para el caso del área total del corredor.

Tabla 14. Superficie correspondiente a corredores biológicos según uso de suelo asumiendo el buffer general de 100 metros.

Ecosistema (uso de suelo)	Superficie (ha)	% respecto al área total de corredor
Bosque nativo	720,275	14,13
Lagos y lagunas	0,874	0,017
Humedales	39,993	0,78
Ríos	348,993	6,85
Matorral con especies exóticas	744,175	14,60
Terrenos de uso agrícola	708,691	13,90
Playas y dunas	45,678	0,89
Praderas	232,102	4,55
Plantaciones monocultivo	1907,847	37,43
Áreas Urbano-Industrial	334,775	6,57
Áreas sin vegetación	13,118	0,26

Dentro de las ventajas que posee restaurar estos corredores se encuentran la diversificación de hábitat para vida silvestre terrestre y acuática, un incremento de materia orgánica sobre el sustrato, regulación de temperatura, mejora en la calidad visual y las oportunidades de recreación a través del paisaje. Sin embargo, el porcentaje que representa el uso de suelo de plantaciones de monocultivos respecto al área del corredor visualiza la problemática del dominio que estas poseen sobre el territorio, dificultando las actividades y tomas de decisiones, por ejemplo, para recuperación.

7. CONCLUSIÓN

A partir del primer objetivo se concluye que los tres principales ecosistemas proveedores de servicios ecosistémicos son bosque nativo, lagos y lagunas y, humedales. Estos corresponden al 10,81% de la superficie total del área de estudio y al 66,75% de la identificación de infraestructura ecológica. Dentro del Parque Nacional Nonguén se encuentran 2536,502 hectáreas correspondientes a la Infraestructura ecológica lo que dio un 18,79% del total, quedando las 10960,52 hectáreas restantes (81,21%) fuera de protección oficial.

Los resultados aquí descritos son la idea base de las áreas donde se necesita concentrar la atención de conservación y restauración. Sin embargo, estos deben pasar por una etapa de purificación de datos y contraste en terreno. Si bien, la metodología utilizada fue una adaptación, se puede concluir que cumple con entregar las cartografías con la información necesaria para comenzar un proyecto de Paisaje de Conservación. No obstante, el manejo de otras herramientas, como imágenes satelitales y/o teledetección entregarían resultados más apropiados debido a la actualización constante de información. Además, la utilización, por ejemplo, de Google Earth Engine generaría optimización de recursos. Por otro lado, una participación activa de la comunidad aumentaría el sentido de pertenencia y bienestar humano, siendo esto uno de los ejes principales en la definición de un Paisaje de Conservación.

Se recomienda analizar la posibilidad de abarcar la comuna de Penco, ya que, es receptor directo de servicios ecosistémicos, principalmente agua. Así, se llevaría a

cabo una interconexión más completa. Además, es imprescindible agregar la zona de amortiguación definida para el parque Nonguén en su plan de manejo, 2019.

Finalmente, la temática abordada contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: Ciudades y comunidades sostenibles (11), Acción por el clima (13) y Vida de ecosistemas terrestres (15).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., & Müller, F. (2014). Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 34(1), 1–32. <https://doi.org/10.3097/LO.201434>
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>
- Benedict, M., & McMahon, E. (2002). *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. 36.
- BCN. Biblioteca del Congreso Nacional. (2017). Estadísticas territoriales: Estimación de Pobreza. Consulta en línea: <https://www.bcn.cl/siit/estadisticasterritoriales//resultados-consulta?id=102727>
- BCN. Biblioteca del Congreso Nacional. (2020). Reportes comunales. Consulta en línea: <https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/index.html>
- Byrne, J. A., Lo, A. Y., & Jianjun, Y. (2015). Residents' understanding of the role of green infrastructure for climate change adaptation in Hangzhou, China. *Landscape and Urban Planning*, 138, 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.013>
- CED. (2014). “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN INICIAL DEL PAISAJE DE CONSERVACIÓN DE LA COMUNA DE ALHUÉ, REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO.” *Consultoría*. *Informe Final*, 450.
- CMS. (2020). *Acuerdo N°6/2020 PROPONAE S.E.E L PRESIDENDTE LA REPÚBLICA LA RECATEGORIZACIÓN DE LA RESERVA NACIONAL NONGUEN A PARQUE NACIONAL*. 2.
- CONAF. (2019). *Plan de manejo Reserva Nacional Nonguén*.

Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. v., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. LK - <https://royalroads.on.worldcat.org/oclc/4592801201>. *Nature* TA - TT - , 387(6630), 253–260. <https://www-nature-com.ezproxy.royalroads.ca/articles/387253a0.pdf>

Daily, G., Matson, P. A., Costanza, R., Nabhan, G. P., & Lubchenco, J. (1997). Nature ' s Services Nature ' s Services : Societal Dependence On Natural Ecosystems : Gretch ... *Scientist*, January, 11.

de la Barrera, F., Henríquez, C., Coulombié, F., & Dobbs, C. (2019). Presiones de periurbanización y conservación sobre remanentes de vegetación nativa: impacto en los servicios ecosistémicos para una capital latinoamericana. *Cambio y Adaptación En Sistemas Socioecológicos*, 4((1)), 21–32.

Dirección Meteorológica de Chile. (2001). Climatología regional Chile. Departamento de Climatología y Meteorología, 1–46. <http://www.meteochile.gob.cl/climatologia.php>

Dudley, N. (Editor). (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. UICN: Gland, Suiza. <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/PAPS-016-Es.pdf>

Echeverría, C., Gatica, P., Román, S., Bordeu, A., & Espinoza, C. (2021). *Más allá de la deforestación: Restauración ecológica de bosques nativos en el Parque Nacional Nonguén, Chile*.

(ESA), E. S. A. (2015). *SENTINEL-2 User Handbook* (Issue 1).

Figueroa B., E. (2012). *Diseño operativo de una estrategia de financiamiento de mediano y largo plazo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile [Operational design of a medium- and long-term financing strategy for Chile's National System of Protected Areas]*. 231.

- Figuerola B., E., Valdés de F., S., Pastén C., R., Aguilar, R. M., Piñeiros G., M. L., Reyes V., P., Rojas V., J., & Joignant P, N. (2010). Valoración económica detallada de las Áreas Protegidas de Chile [Detailed economic valuation of Chile's Protected Areas]. *Proyecto GEF-MMA-PNUD, Creación de Un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas Para Chile*, 233. http://bdrnap.mma.gob.cl/recursos/privados/Recursos/CNAP/GEF-SNAP/Figuerola_2010.pdf
- Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Fundación Senda Darwin. (2016). *Diagnóstico y caracterización de las iniciativas de conservación privada en Chile*. Proyecto MMA/GEF-PNUD. http://bdrnap.mma.gob.cl/recursos/privados/Recursos/CNAP/GEF-SNAP/DT_Diagnóstico_ICP_Web.pdf
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2012). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, Version 4.1). *Report to the European Environment Agency, September*, 1–17. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/09/CICES-V4_Final_26092012.pdf
- ILPE. (2014). Estrategia de infraestructura ecológica para Lima. *Institute of Landscape Planning and Ecology*, 48.
- Ladrón de Guevara, J. (2015). *Propuesta de estrategia financiera 2015-2030: Sistema nacional de Áreas Protegidas de Chile [Financial Strategy Proposal 2015-2030: Chile's National System of Protected Areas]*. 134.
- LEP. (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 Maul. 131.

Leverington, F., Costa, K. L., Pavese, H., Lisle, A., & Hockings, M. (2010). A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685–698. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9564-5>

Luebert, F., & Plischoff, P. (2004). CLASIFICACIÓN DE PISOS DE VEGETACIÓN Y ANÁLISIS DE REPRESENTATIVIDAD ECOLÓGICA DE ÁREAS PROPUESTAS PARA LA PROTECCIÓN EN LA ECORREGIÓN VALDIVIANA. WWF, Chile, 178

Matthews, T., Lo, A. Y., & Byrne, J. A. (2015). Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: Barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners. *Landscape and Urban Planning*, 138, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010>

MBN. (2009). *Decreto 132 CREA RESERVA NACIONAL NONGUÉN EN LA REGIÓN DEL BÍO-BÍO.* 4.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: synthesis.*

Municipalidad de Chiguayante. (13 de abril de 2021). Iniciamos la segunda etapa de la reforestación del Manquimávida. *Sala de Prensa Municipalidad.* <https://www.chiguayante.cl/index.php/sala-de-prensa/641-reforestacion-manquimavida>

Municipalidad de Chiguayante. (26 de mayo de 2021). Junto a vecinos reiniciamos la reforestación del cerro Manquimávida. *Sala de Prensa Municipalidad.* <https://www.chiguayante.cl/index.php/sala-de-prensa/665-reforestacion-cerro-manquimavida>

MMA. (2015). Las áreas protegidas de Chile. *Ministerio Del Medio Ambiente*, 68.

MMA. (2019a). Proyecto de Ley SNBAP. *Boletín N° 9.404-12*, 71.

MMA. (2019b). Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente. *Ministerio Del Medio Ambiente*, 269.

Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. 32.

OCDE. (2016). *Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile, aspectos destacados 2016*. <http://oe.cd/epr>

Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E., & Urrutia, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation*, 127(3), 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.015>

Petit, I. J., Campoy, A. N., Hevia, M. J., Gaymer, C. F., & Squeo, F. A. (2018). Protected areas in Chile: Are we managing them? *Revista Chilena de Historia Natural*, 91(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40693-018-0071-z>

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). (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. 120.

Praus, S., Palma, M., & Domínguez, R. (2011). La situación jurídica de las actuales áreas protegidas de Chile. In *Andros Impresores, Santiago de Chile*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:La+situaci+n+jur+dica+de+las+actuales+reas+protegidas+de+chile#0>

Redacción Sabes. (12 de agosto de 2020). Conaf entregó 15 mil plantas nativas para restauración del cerro Manquimávida en Chiguayante. SABES. <https://sabes.cl/2020/08/12/conaf-entrego-15-mil-plantas-nativas-para-restauracion-del-cerro-manquimavida-en-chiguayante/>

- Roe, M., & Mell, I. (2013). Negotiating value and priorities: Evaluating the demands of green infrastructure development. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(5), 650–673. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.693454>
- Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). *Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile*. 35(1), 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Sierralta, L., Serrano, R., Rovira, J., & Cortés, C. (2011). Las áreas protegidas de Chile. Antecedentes, Institucionalidad, Estadísticas y Desafíos. *Ministerio Del Medio Ambiente*, 35.
- Simonetti-Grez, Gabriela., Simonetti, J. A., & Espinoza, Guillermo. (2015). *Conservando el patrimonio natural de Chile: El aporte de las áreas protegidas*.
- Valenzuela Viale, F., & Moya Ramírez, D. (2011). *Informe Final 2008 - 2015: Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile, Estructura financiera y operacional [Final Report 2008-2015: Creation of a national integral system of protected areas for Chile - Financial and operationa*. http://www.proyectogefareasprotegidas.cl/wp-content/uploads/2012/05/La_Situacion_Juridica.pdf
- Wolf, K. L., Lam, S. T., McKeen, J. K., Richardson, G. R. A., Bosch, M. van den, & Bardekjian, A. C. (2020). Urban trees and human health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 1–30. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124371>
- WRI, UICN, & PNUMA. (1992). *Estrategia global para la biodiversidad, guía para quienes toman decisiones*. 41.
- Wright, H. (2011). Understanding green infrastructure : the development of a contested concept in England. *Ambiente Local*, 16, 1003–1019. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.631993>

WWF. (2020). Living planet report 2020- Bending the curve of biodiversity loss.
In *Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T.*
(Eds). <http://www.ecoguinea.org/papers-development.html>

9. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Burkhard utilizada en el estudio para la evaluación de SSEE.

ECOSISTEMAS/SE	PROVISIÓN							REGULACIÓN Y MANTENCIÓN						CULTURAL					
	Alimento ¹	Materia prima de origen biológico ²	Materia prima de origen abiótico ³	Agua para consumo	Agua para generación de energía ⁴	Energía en base plantas, animales ⁵	Energía en base a minerales	Energías renovables ⁶	Reducción de la contaminación ⁷	Amortiguación y protección de desastres naturales	Polinización y dispersión de semillas	Control de plagas y enfermedades	Regulación de la calidad del agua	Regulación calidad del suelo ⁸	Regulación climática	Turismo y recreación	Investigación y educación	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Espiritual, simbólicos y/o religioso
Áreas sin vegetación																			
Áreas Urbano-Industrial																			
Bosque nativo																			
Matorral con especies exóticas																			
Humedales																			
Lagos y lagunas																			
Plantaciones																			
Playas y dunas																			
Praderas																			
Ríos																			
Terrenos de uso agrícola																			

Notas: **1** considera flora y fauna terrestre/acuática, reino fungi, mineral y no mineral; **2** considera flora y fauna; **3** considera minerales, no minerales y agua no destinada para consumo; **4** considera agua dulce y marina; **5** incluye energía mecánica; **6** considera energía eólica, geotermal y solar; **7** incluye todo tipo de contaminación (visual, ruido, olores, atmosférica, etc); **8** incluye tasas de erosión y fertilidad del suelo.

Anexo 2. Referencia para valoración del criterio Intensidad de Procesos Dinámicos.

Valor	Calificación	Descriptor
100	Degradación Muy Alta	Todas las áreas sin vegetación mayores a 10° de pendientes
85	Degradación Alta	Todas las áreas cubiertas terrenos agrícolas, praderas en pendientes mayores a 20° de pendientes
70	Degradación Medianamente Alta	Todas las áreas cubiertas terrenos agrícolas, praderas en pendientes menores a 20° de pendientes
55	Degradación Media	Todas las áreas cubiertas con bosque con exóticas y matorrales abiertos Áreas urbanas sobre 10° de pendientes
40	Degradación Medianamente Baja	Todas las áreas cubiertas con bosque con exóticas y matorrales semidensos Todas las áreas cubiertas por plantaciones forestales jóvenes
25	Degradación Baja	Todas las áreas cubiertas con bosque nativo abiertos independiente si es Adulto, Adulto/Renoval o Renoval Todas las áreas cubiertas con bosque con exóticas y matorrales densos Todas las áreas cubiertas por plantaciones forestales adultas
10	Degradación Muy Baja	Todas las áreas cubiertas con bosque nativo semidenso independiente si es Adulto, Adulto/Renoval o Renoval
1	Estables	Todas las áreas cubiertas con bosque nativo denso independiente si es Adulto, Adulto/Renoval o Renoval Humedales Todas las áreas menores a 10° de pendiente

Fuente: Modificado de Nuñez, 2010.

Anexo 3. Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona intangible.

Criterios	Participantes								SOC	Pc
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8		
Unicidad de ecosistemas	5	5	4	5	5	0	4	4	32	0,27
Fragilidad de ecosistemas	4	3	3	4	3	5	5	3	30	0,25
Grado de naturalidad de comunidades vegetales	3	4	5	3	4	4	2	5	30	0,25
Interés científico comunidades vegetales	2	2	2	2	2	3	1	1	15	0,13
Interés científico biotopos faunísticos	1	1	1	1	1	2	0	2	9	0,08
Interés geomorfológico	0	0	0	0	0	1	3	0	4	0,03
*SOC = Suma de órdenes de cada criterio *Pc =Ponderador criterio									120	

Anexo 4. Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona primitiva.

Criterios	Participantes								SOC	Pc
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8		
Unicidad de ecosistemas	5	5	4	5	5	1	5	5	35	0,29
Grado de naturalidad de comunidades vegetales	4	4	3	4	4	5	2	4	30	0,25
Interés científico comunidades vegetales	3	3	1	3	3	4	3	3	23	0,19
Interés científico biotopos faunísticos	2	2	2	2	2	3	1	2	16	0,13
Interés geomorfológico	0	0	0	1	0	2	0	0	3	0,03
Valor Paisajístico	1	1	5	0	1	0	4	1	13	0,11
*SOC = Suma de órdenes de cada criterio									120	
*Pc =Ponderador criterio										

Anexo 5. Resultados de ponderación obtenida para criterios de zona de recuperación.

Criterios	Participantes								SOC	Pc
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8		
Nivel de degradación comunidad vegetal	2	2	1	2	2	1	2	2	14	0,58
Grado de artificialización de comunidad vegetal	1	0	2	1	1	2	0	1	8	0,33
Intensidad de procesos dinámicos	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0,08
*SOC = Suma de órdenes de cada criterio									24	
*Pc =Ponderador criterio										