



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

**IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN
DE LA BIODIVERSIDAD EN DIFERENTES COMUNAS DEL VALLE
CENTRAL**

Proyecto de Título presentado a la Facultad de Ciencias Forestales de la
Universidad de Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniera en
Conservación de Recursos Naturales

POR: Javiera Ignacia Navarro Valdivia

Profesores Guía: Paula Meli

Abril, 2024

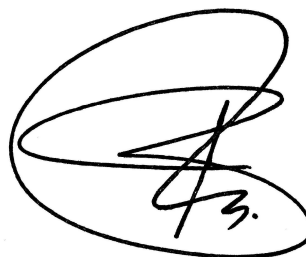
Concepción, Chile

© 2024, Javiera Ignacia Navarro Valdivia

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

IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN EN
DIFERENTES COMUNAS DEL VALLE CENTRAL

Profesora Guía

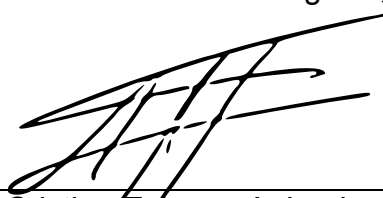


Paula Meli

Profesora Asistente

Licenciada en Ciencias Biológicas, Dra.

Profesor Guía



Cristian Echeverría Leal

Profesor Titular

Ingeniero Forestal, PhD.

DEDICATORIA

A ti mamá, que por más difícil que haya sido siempre has estado apoyándome.

A mis princesas, tatty, sandriuska, reno. Gracias por ser incondicionales, las quiero hoy y siempre.

A ustedes, natali, mi feña, matiusen, bizcocho, ambarcita, cachudito, pancha; caminamos juntos y espero lo sigamos haciendo.

A mis muchos gatos, mis mariposas.

A mí, por volver una y otra vez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los profesores, que desde la mejor disposición siempre estuvieron incentivando de alguna u otra manera mi crecimiento y curiosidad.

Agradezco a todos los investigadores y profesionales que aportaron a esta investigación.

Agradecimientos especiales a la Dra. Paula Meli, por tener tan buena disposición y trato, gracias por su paciencia. Dr. Cristian Echeverría, por sus conocimientos y sus intentos de hacer más grande y completa mi investigación.

Agradezco a todos los profesionales de las municipalidades y expertos que colaboraron, y que esperan que este trabajo pueda servir para la toma de decisiones.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	9
2.1 Área de estudio.....	9
2.1.1 Clima	10
2.1.2 Geomorfología y Geología.	11
2.1.3 Hidrografía y Suelo.....	13
2.1.4 Flora	14
2.2 Etapas del proyecto	14
2.3 Recopilación bibliográfica	17
2.4 Determinación de las áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad	18
2.4.1 Criterio de Representatividad.....	20
2.4.2 Criterio de Irremplazabilidad.....	21
2.4.3 Criterio de Vulnerabilidad	22
2.4.4 Criterio de Complementariedad.....	23
2.4.5 Ponderación de criterios de biodiversidad.....	23
2.5 Áreas de alto valor para la provisión de servicios ecosistémicos	26
2.5.1 Servicios Culturales.....	31
2.5.2 Servicios de Provisión.	31
2.5.3 Servicios de Regulación.	32
2.5.4 Ponderación de servicios ecosistémicos.	33
2.6 Áreas de alto valor ecológico.....	34
2.7 Sitios prioritarios	35
III. RESULTADOS.....	36
3.1 Búsqueda y recopilación bibliográfica.....	36
3.1.1 Flora	36

3.1.2 Amenazas.	37
3.1.3 Fauna.	38
3.1.4 Áreas Protegidas.	40
3.1.5 Desarrollo y enfoque económico y productivo	42
3.2 Biodiversidad	43
3.2.1 Criterio de Representatividad.	43
3.2.2 Criterio de Irremplazabilidad.....	44
3.2.3 Criterio de Vulnerabilidad.	46
3.2.4 Criterio de complementariedad	47
3.2.5 Áreas de valor de biodiversidad	49
3.3 Servicios ecosistémicos.....	50
3.3.1 Servicios ecosistémicos culturales	50
3.3.2 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento	51
3.3.3 Servicios ecosistémicos de regulación	52
3.3.4 Provisión de servicios ecosistémicos	53
3.4 Áreas de alto valor ecológico.....	54
3.5 Sitios prioritarios	55
3.6 Comparación con sitios prioritarios definidos por MMA y áreas protegidas	56
IV. DISCUSIÓN	58
V. CONCLUSIÓN	63
VI. GLOSARIO	65
VII. BIBLIOGRAFÍA	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios, indicadores y sus respectivas métricas utilizados para la identificación espacialmente explícita de sitios de alto valor de biodiversidad del área de estudio, adaptados al contexto local.....	19
Tabla 2. Pesos de ponderación de los criterios y métricas de áreas de valor de biodiversidad del área de estudio, asignadas por expertos.	24
Tabla 3. Ecosistemas y o coberturas para valorar su capacidad de proveer servicios.....	27
Tabla 4. Valores en cuanto a la capacidad de cada cobertura de proveer un servicio ecosistémico.....	29
Tabla 5. Matriz de Burkhard de siete servicios ecosistémicos culturales, de provisión y de regulación aplicados a las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando según las coberturas de uso de suelo de JNCC de 2019, validada por encargados del medio ambiente de las municipalidades de Santa Cruz y Nancagua.	30
Tabla 6. Ponderación de cada servicio a la provisión final de servicios ecosistémicos realizadas por actores locales de cada comuna.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.....	10
Figura 2. Diagrama de flujo para la identificación de sitios prioritarios en el área de estudio.	17
Figura 3. Matriz de transferencia-beneficio de Burkhard en la que el eje X corresponde a los servicios ecosistémicos, y el eje Y a los ecosistemas o unidades similares (Burkhard & Maes, 2017).	29
Figura 4. Métrica de áreas de ecosistemas naturales de matorral y bosque nativo iguales o mayores a 10 ha aplicada a las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.....	44
Figura 5. Métrica de riqueza de especies de flora y fauna, a través de los puntos de presencia de especies de la plataforma GBIF de las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.	45
Figura 6. Métrica de densidad de Kernel de especies de flora con algún grado de amenaza para las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.	46
Figura 7. Resultado del criterio de vulnerabilidad, dentro del área de estudio en la Provincia de Colchagua para la identificación de sitios prioritarios para identificación de sitios de alto valor de biodiversidad, (a): Distancia euclidiana a sitios de producción agrícola, (b): Distancia euclidiana a centros urbanos definidos por el MOP, (c): Distancia euclidiana a caminos principales y secundarios según el MOP, y (d): Distancia euclidiana a proyectos SEIA identificados en la base de datos del SEA.....	47
Figura 8. Criterio de complementariedad: ecosistemas de SIMBIO no representados en las áreas protegidas del SNASPE y CMN en la Región de O'Higgins (color rojo).	48
Figura 9. Áreas de alto valor de biodiversidad del área de estudio, resaltando el 20% de las áreas de mayor valor en cuanto al área total del área de estudio. .	50
Figura 10. Servicios ecosistémicos culturales de b) recreación en áreas naturales y a) belleza escénica aplicados a las coberturas del área de estudio.....	51
Figura 11. Servicios ecosistémicos de provisión de a) alimento y b) madera y fibra aplicados a las coberturas del área de estudio.	51

Figura 12. Servicios ecosistémicos de regulación de a) calidad de aire y b) regulación de flujos hídricos y c) control de erosión aplicados a las coberturas del área de estudio.	52
Figura 13. Áreas de provisión de servicios ecosistémicos del área de estudio, resaltando el 20% de las áreas de mayor valor en cuanto al área total del área de estudio.	53
Figura 14. Sitios prioritarios del área de estudio, de una superficie mínima de 50 ha, separados según bosque nativo y matorral.	56
Figura 15. Sitios prioritarios del área de estudio, sitios prioritarios definidos por MMA, y Santuario de la Naturaleza Alto Huemul (CMN).	57

RESUMEN

Chile central posee un alto nivel de endemismo y biodiversidad, siendo un hotspot de biodiversidad que experimenta un alto grado de amenaza. Existe una desactualización acerca de su estado y los cambios experimentados en las coberturas y usos del suelo en el último siglo. El objetivo del presente estudio fue identificar sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando insertas en la región del Libertador Bernardo O'Higgins; comunas que no cuentan actualmente con estudios e investigaciones a múltiples escalas utilizando múltiples criterios acerca de la biodiversidad presente, e integrando servicios ecosistémicos. Es así como por medio de la herramienta de Planificación Sistemática para la Conservación se identificaron sitios prioritarios para la conservación en base al Alto Valor Ecológico del área, dados como resultado del análisis de atributos ecológicos y socioecológicos y el trabajo en conjunto con expertos y actores locales. Los resultados contribuyen a identificar áreas de alto valor de conservación para su posterior inclusión en medidas de manejo y gestión territorial.

ABSTRACT

Central Chile boasts a high level of endemism and biodiversity, making it a biodiversity hotspot that faces significant threats. However, there is a lack of up-to-date information regarding its status and the changes in land cover and land use over the past century. The objective of this study was to identify priority conservation sites in the municipalities of Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla, and San Fernando, located in the Libertador Bernardo O'Higgins Region. These municipalities currently lack comprehensive studies and research at multiple scales, considering various criteria related to the existing biodiversity and integrating ecosystem services. Using the Systematic Conservation Planning approach, priority conservation sites were identified based on the High Ecological Value of the area. This determination resulted from analyzing ecological and socioecological attributes in collaboration with local experts and stakeholders. The outcomes contribute to identifying areas of high conservation value, which can be subsequently incorporated into management and territorial planning measure.

I. INTRODUCCIÓN

La Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1992 define por primera vez a la diversidad biológica como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, 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 (CBD, 1992). La biodiversidad puede caracterizarse en niveles jerárquicos de organización (Wilson et al., 1997) y poseen atributos que los caracterizan en términos de composición, estructura y función, estando cada nivel jerárquico anidado al siguiente (Echeverría et al., 2021). La biodiversidad abarca, por tanto, todos los tipos y niveles de variación biológica (Wilson et al., 1997).

La biodiversidad proporciona la base para el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas (Echeverría et al., 2021; Loreau et al., 2021; Loreau & de Mazancourt, 2013). Asegura que los ecosistemas puedan resistir perturbaciones, adaptarse a los cambios y recuperarse de tensiones ambientales. Una amplia gama de especies con diferentes roles ecológicos e interacciones contribuye a la resistencia, resiliencia y productividad de los ecosistemas (Raven & Wagner, 2021). Esta estabilidad y resiliencia se relaciona directamente con la mitigación y adaptación al cambio climático (IPBES, 2019; Isbell et al., 2022).

La relevancia de la biodiversidad en la mantención de los procesos de los ecosistemas está intrínsecamente ligada al ser humano, relacionándose por medio de los servicios ecosistémicos o contribuciones de la naturaleza, los que se definen como las contribuciones de los ecosistemas al bienestar humano (CICES, 2023; Haines-Young & Potschin, 2018). La biodiversidad, por ende, es fundamental para el bienestar humano y para mantener la calidad de vida de las personas (Haines-Young & Potschin, 2018; Potschin & Haines-Young, 2011).

No acorde a su relevancia, la biodiversidad ha experimentado una pérdida excepcional y exponencial, estando definida como uno de los principales conductores de cambio a nivel global (IPBES, 2019). Además, según IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas), actualmente se encuentran en peligro de extinción al menos un millón de las especies conocidas de animales y plantas (IPBES, 2019).

El principal conductor directo de la pérdida de biodiversidad a nivel global es el cambio de uso de suelo y del mar, seguido de la sobreexplotación, la pérdida de hábitat, las especies invasoras y el cambio climático (IPBES, 2019; Maxwell et al., 2016; Sala et al., 2000). Indirectamente esta pérdida se debe a la producción y el consumo, la dinámica de la población humana, la gobernanza, el comercio y

la tecnología, existiendo sinergias entre pares de conductores que potencian esta pérdida (Isbell et al., 2022). Surge una gran problemática: a medida que más especies amenazadas se extinguen globalmente, la pérdida de biodiversidad se vuelve cada vez más irreversible (Isbell et al., 2022). Además, por la impresionante diversidad y los complejos patrones biogeográficos de la vida en el planeta se identifican grandes vacíos de conocimiento respecto a las especies, los ecosistemas, paisajes y dinámicas, y las amenazas a las que están expuestas (Isbell et al., 2022; Tydecks et al., 2018).

Para enfrentar este decaimiento y crisis de pérdida de biodiversidad, así como la degradación de los ecosistemas es que se han creado a nivel global tratados y compromisos que involucran a diferentes naciones, como lo son la Convención Sobre la Diversidad Biológica de 1992 y de 2010, última en la que se definieron las metas Aichi. Las COP (Conferencia de las Partes) realizadas anualmente desde 1995, en las que se han tomado decisiones por consenso de las 197 Partes que integran la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). También, la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ha evolucionado para convertirse en la fuente de información más exhaustiva del mundo sobre el estado global de conservación de especies de animales, hongos y plantas (IUCN, 2023).

Chile ha suscrito acuerdos y compromisos que lo obligan a seguir estas metas globales, a “Combatir el cambio climático y sus efectos y proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica” (ENCCRV, 2017-2025; UNFCC, 2023). Para ello se encuentran en desarrollo actualmente diferentes herramientas como la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) o la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB). Contando con CONAF (Corporación Nacional Forestal) y SNASPE (Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado) como entidad y organismo impulsores, y el recientemente promulgado SBAP (Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas) como administradores de la Red de Áreas Protegidas del País (SNASPE, 2023).

En este sentido, la zona central de Chile ha sido clasificada como uno de los 36 “hotspot” de biodiversidad a nivel global, debido a la alta concentración de especies endémicas y a que experimentan una excepcional pérdida de hábitat (Myers et al., 2000). Este hotspot responde a la riqueza de flora con 1.957 especies vegetales endémicas (50,3%) de un total de 3.892 especies vegetales nativas (ENCCRV, 2017-2025). Este endemismo está relacionado con la heterogeneidad del paisaje, los procesos evolutivos y la biogeografía histórica (Moreira-Muñoz, 2011). Además, la zona central de Chile también se considera

el paisaje más amenazado del país por la expansión urbana, incendios forestales, usos agrícolas tradicionales y/o proyectos de infraestructura, en los que surgen variados conflictos entre los usos humanos de la tierra y la conservación de la biodiversidad (Jorquera-Jaramillo et al., 2012; Pliscoff et al., 2019).

Específicamente, la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, se encuentra localizada dentro de este hotspot nacional de biodiversidad. En ella existen 459.309 ha de bosque nativo, predominando el Bosque Esclerófilo con 418.879 ha, y el tipo forestal Roble-Hualo con 33.186 ha; se presenta como la segunda región en contar con la mayor superficie de estos dos tipos forestales (CONAF, 2021). La región cuenta con tres áreas protegidas por el SNASPE: el Parque Nacional Las Palmas de Cocalán, Reserva Nacional Roblería del Cobre Loncha y la Reserva Nacional Río de Los Cipreses (SNASPE, 2023). También cuenta con cuatro Santuarios de la Naturaleza (CNM, 2023) y 20 Sitios Prioritarios para la Conservación definidos en el Libro Rojo de la Región de O'Higgins de 2013; santuarios y sitios que no cuentan con una protección oficial (MMA, 2023). Predomina en el valle de la región de O'Higgins el sector productivo agrícola, enfocado en la industria vitivinícola y frutícola de exportación, sector que genera una contribución significativa al PIB nacional (CNCA, 2017-2022).

Ante la falta de representatividad de las coberturas protegidas por el SNASPE (Luebert & Becerra, 1998), la transformación histórica del territorio y uso del

paisaje actual se hace urgente la necesidad de planificar los territorios de una forma que incluyan la conservación (Jorquera-Jaramillo et al., 2012), una planificación espacial integrada para mantener una infraestructura ecológica funcional de coberturas representativas de la tierra. Esto requiere no sólo el conocimiento sobre las condiciones actuales, deseadas, 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 (Angelstam et al., 2013).

Con el objetivo de identificar áreas prioritarias para su manejo futuro, es necesario tomar decisiones y enfocar los esfuerzos de manera estratégica, considerando las limitaciones de recursos en los organismos y entidades responsables de la administración, manejo y conservación de dichas áreas (Sorensen et al., 1998). Surge la Planificación Sistemática para la Conservación (PSC) como una herramienta fundamental que permite realizar una planificación rigurosa y organizada, optimizando la asignación de recursos y facilitando la toma de decisiones informada para la conservación de los ecosistemas de forma sistemática (Margules & Pressey, 2000).

La PSC es una herramienta que surge en el marco de la planificación territorial sistemática con el objetivo de identificar una red de áreas prioritarias para lograr de manera efectiva los objetivos de conservación, los que incluyen la

representación de la biodiversidad y su supervivencia a largo plazo (Kukkala & Moilanen, 2013; Margules & Pressey, 2000; Smith et al., 2019; Wu, 2014), proporcionando un marco estructurado, científicamente defendible y efectivo para proteger la biodiversidad (Groves, 2003; Margules & Pressey, 2000; Mendel & Kirkpatrick, 2002; Pressey et al., 1996; Regan et al., 2006; Scott et al., 2001). La PSC se desarrolló para abordar la crisis de biodiversidad y corregir el sesgo en la selección de las áreas de conservación existentes (determinadas de forma ad hoc) (Kukkala & Moilanen, 2013; Pressey et al., 1993), utilizándose a nivel global para priorizar la expansión y gestión de áreas protegidas, así como para diseñar paisajes de conservación (Smith et al., 2019).

A través de la aplicación de estrategias de la PSC, información y bibliografía asociada, con la colaboración de actores locales y expertos, este estudio plantea como objetivo general identificar sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.

En este contexto, el presente trabajo plantea los siguientes objetivos específicos:

1. Recopilar información del paisaje del área de estudio, en particular sobre biodiversidad y atributos socioecológicos.
2. Identificar las áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad y para la provisión de servicios ecosistémicos.

3. Identificar las áreas de alto valor ecológico.
4. Identificar sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en el área de estudio, y comparar con los ya existentes.

II. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El área de estudio abarca la cuenca del Río Tinguiririca, en la que se encuentran las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando, ubicadas en la Provincia de Colchagua, en el Valle Central de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins (Figura 1). Estas comunas se encuentran entre los 34°41'07,8 y 35°40'30.5 latitud sur, y cuentan con una superficie total de 324.610 ha.

Como principales actividades productivas dentro del área de estudio, y de desarrollo comunal se encuentran el sector agrícola frutícola de exportación, vitivinícola y el sector turístico (CIREN, 2021).

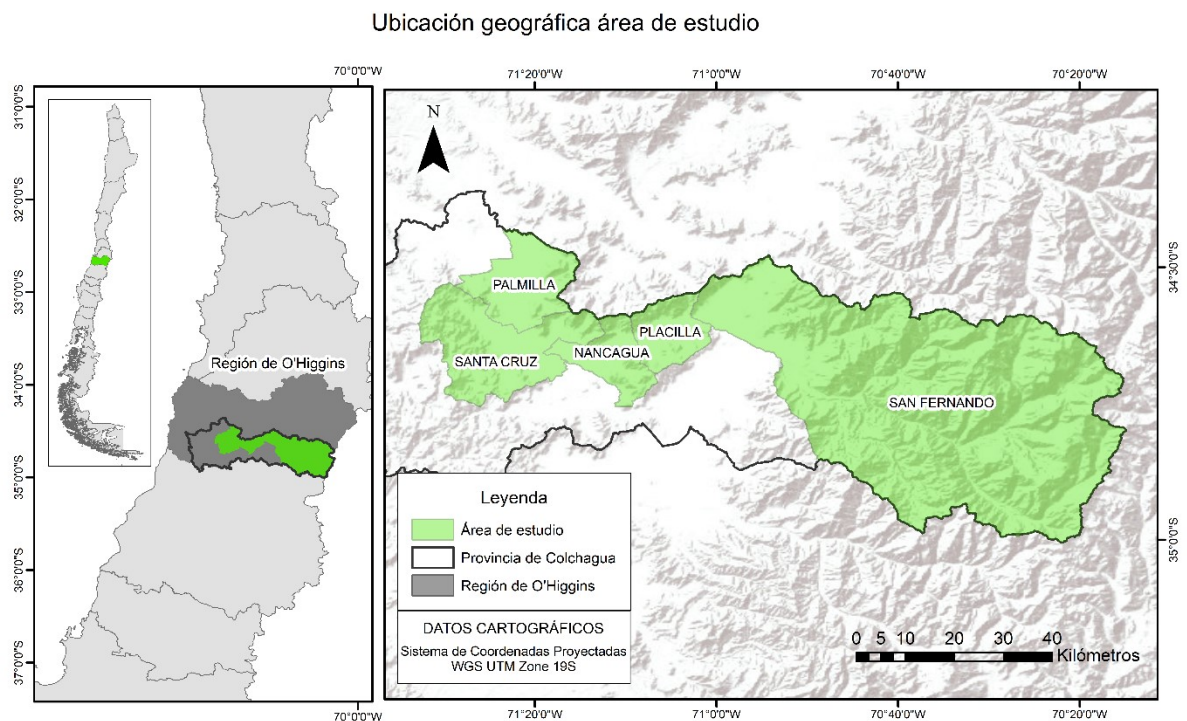


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

2.1.1 Clima

El clima de la región del Libertador Bernardo O'Higgins corresponde uno de tipo mediterráneo (clima cálido, con verano cálido y seco), el cual varía según la topografía (Kottek et al., 2006). En las zonas de depresión intermedia predomina el clima templado mediterráneo cálido con estación seca prolongada y lluvias intensas en invierno.

Las precipitaciones medias anuales varían entre 400 mm (en la comuna de Placilla) y 900 mm (comuna de Santa Cruz y Nancagua), con un periodo seco de 6-7 meses (DGAC, 2023). A medida que se asciende en altura hacia la cordillera, las temperaturas descienden a bajo cero grados en los meses de invierno (BCN, 2023).

Los vientos predominantes provienen del Anticiclón del Pacífico Sur, manteniendo una dirección suroeste, tendiendo a disminuir su humedad al momento de atravesar la cordillera de la Costa, llegando prácticamente secos a los valles interiores lo que genera una fuerte oscilación térmica diaria (CIREN, 2021). Se suma a esto las características del relieve de esta zona, cuencas semicerradas por cordones montañosos, por lo que no existe influencia de la humedad litoral en los espacios interiores, lo cual se traduce en una nula acción moderadora del mar sobre las temperaturas y en la existencia de marcadas amplitudes térmicas diarias (CIREN, 2021). Las temperaturas medias anuales van de los 12°C a 14°C (DGAC, 2023). Este clima es propicio para la producción vitivinícola.

2.1.2 Geomorfología y Geología.

En relación con la geomorfología, las comunas están emplazadas, según Börgel (1983), en la geoforma cordillera de la Costa. La cordillera de la Costa se

presenta baja y de formas redondeadas alcanzando los 1.200 metros de altitud máxima, en ella se desarrollan actividades ganaderas, forestales y agricultura tradicional de secano (Börgel, 1983; CIREN, 2021). Entre los cordones montañosos se presenta un valle originado a partir de material de arrastre depositado en la ribera de los ríos, esteros y otros cursos de agua que presentan suelos de riego, planos, profundos, donde se emplazan la mayor parte de los villorrios rurales; en esta unidad se concentra la mayoría de los habitantes de las comunas y es donde se desarrolla la agricultura intensiva (BCN, 2023; CIREN, 2021).

De acuerdo con lo descrito en el Mapa Geológico de Chile realizado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin, 2003) la geología de las comunas se compone principalmente de rocas correspondientes a: Secuencias Volcanoclásticas (Ktlv) del Cretácico superior. Rocas Intrusivas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (Kiag). Secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto (Kia3). Secuencias Sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno (Q1) correspondientes a depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa. (Qf) y (Qfal) representadas por depósitos fluviales. Depósitos fluviales asociados a causas actuales (Qfa). Depósitos Gravitacionales (Qg), que engloban materiales clásticos no consolidados. Es decir, sedimentación principalmente fluvial, volcánica y glacial (CIREN, 2021).

2.1.3 Hidrografía y Suelo.

La principal cuenca hidrográfica de la región es el Río Rapel, formada de la confluencia de dos ríos principales: Río Cachapoal y Río Tinguiririca, predominando en este último un régimen nival (Candia, 2015). En la cabecera de la cuenca se ubica el Glaciar Universidad con una superficie de 2.460 ha, el que actúa como retenedor hídrico en época de invierno, entregando agua en periodo de estiaje o cuando las lluvias son escasas (Urrutia & Mendoza, 2015).

La hidrografía del área de estudio está representada por la cuenca del Río Tinguiririca y sus tributarios principales los esteros Las Toscas, Guirivilo, Lihueimo, Uva Blanca y Chimbarongo (Candia, 2015; CIREN, 2021). El río Tinguiririca se forma en la cordillera andina, de la reunión de los ríos Las Damas y del Azufre que viene del norte. Posee una longitud que asciende a 167 kilómetros, antes de confluir con el Cachapoal. En el sector de Talcahue recibe la tributación del río Claro, desde ahí escurre drenando el valle de San Fernando y sus localidades aguas abajo. En Palmilla recibe la tributación del estero Chimbarongo, aguas abajo recibe la tributación del estero Las Toscas y después el estero de Las Cadenas. Unos 7 kilómetros aguas abajo de esta última confluencia, se encuentra la unión con el estero Calleuque, que realiza su descarga al Tinguiririca por el oeste (CIREN, 2021).

Los suelos se han formado a través de la acción modeladora de los esteros y ríos presentes en el territorio. Es así como los materiales constituyentes del suelo, de origen glacio-fluvio-volcánico, han sido arrastrados y depositados en el valle, permitiendo la formación de suelos planos, profundos y ricos en nutrientes, con capacidades de uso I, II, III, lo que, asociado a la disponibilidad de riego, permiten el desarrollo de la actividad agrícola sin restricciones (CIREN, 2021). También existen suelos delgados, sin disponibilidad de riego, asociados a cordones montañosos y a condiciones de secano interior, de capacidad de uso IV y V, con severas limitaciones para cultivos agrícolas. Estos presentan diversos grados de erosión y sólo permiten el desarrollo de actividades forestales y ganaderas (CIREN, 2021).

2.1.4 Flora

En cuanto a la vegetación presente predominan como principales coberturas el matorral arborescente (esclerófilo) y matorral espinoso, seguidas de bosque esclerófilo y bosque caducifolio (CONAF, 2020)

2.2 Etapas del proyecto

Para la identificación de los sitios prioritarios se adaptó y aplicó la metodología de la Planificación Sistemática para la Conservación (Kukkala & Moilanen, 2013; Margules & Pressey, 2000), siguiendo los pasos a continuación (Figura 2):

1. Se delimitó y seleccionó el área de estudio siguiendo la cuenca del Río Tinguiririca abarcando las comunas de Palmilla, Santa cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando; comunas que comparten características ecológicas, sociales y productivas similares.
2. Se describió el contexto del paisaje (área de estudio) y se realizó una colecta de datos ecológicos y biofísicos de la biodiversidad del paisaje local; se realizó una recolección de datos socioecológicos y socioeconómicos.
3. Se identificaron criterios e indicadores espacialmente explícitos para determinar los sitios prioritarios para la conservación en base al valor de biodiversidad en las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando. Y expertos en medio ambiente, con conocimientos del territorio que asignaron valor o peso de ponderación a cada criterio y métrica por medio de la metodología y matriz de Saaty (Saaty, 1980).

4. Se identificaron y seleccionaron siete servicios ecosistémicos presentes y relevantes para las comunas. Se valorizó la capacidad potencial de provisión de cada uno a través de la metodología de Burkhard (Burkhard *et al.*, 2017) a partir de la construcción de una matriz de la oferta potencial de servicios ecosistémicos. Esta matriz se validó por diferentes actores locales, jerarquizando los servicios en el proceso de acuerdo a su importancia relativa comunal. Conforme al orden de los servicios ecosistémicos, se les asignó un valor o peso de ponderación a cada uno.
5. Se emplearon los softwares ArcGIS v10.8 y Zonation v4, para procesar los datos geoespaciales y espacializar los indicadores para la priorización espacial de las áreas de alto de biodiversidad, y espacializar las áreas de según la provisión potencial de servicios ecosistémicos, para obtener las áreas de alto valor ecológico a través de su conjunción.
6. Se analizó el resultado de la priorización espacial en base a las áreas de alto valor ecológico; los sitios prioritarios, su ubicación en el territorio y el grado de congruencia entre las fracciones superiores de priorización y los sitios prioritarios de la Estrategia Regional de Biodiversidad junto con las unidades protegidas del SNASPE; además de las limitaciones del estudio y oportunidades de conservación para el area de estudio.

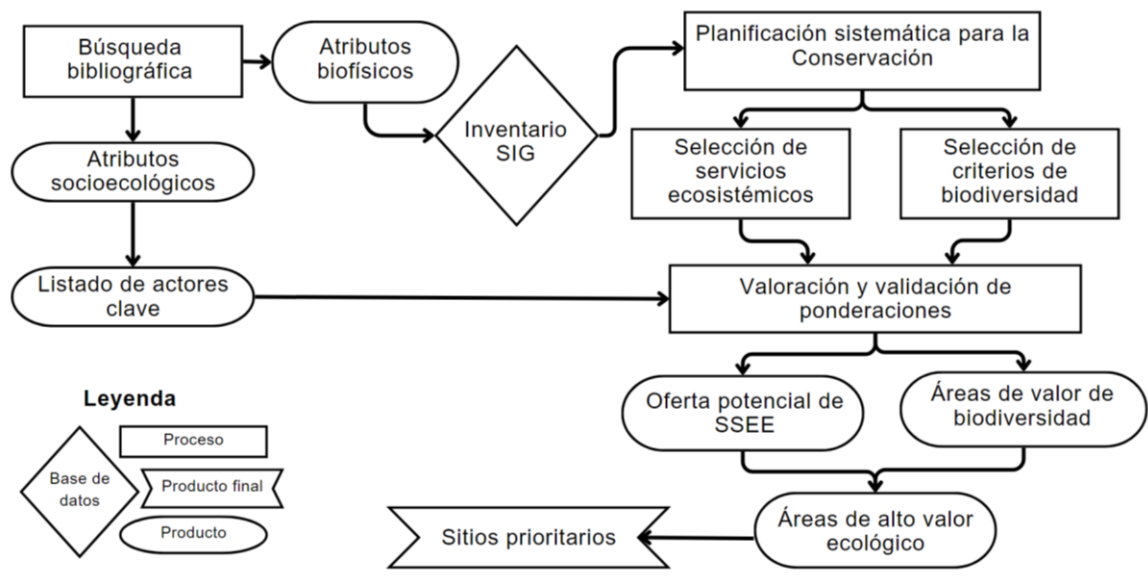


Figura 2. Diagrama de flujo para la identificación de sitios prioritarios en el área de estudio.

2.3 Recopilación bibliográfica

A través de la búsqueda bibliográfica se describió el paisaje del área de estudio. Se realizó una colecta de datos ecológicos y biofísicos de la biodiversidad del paisaje local a través de bases de datos nacionales y regionales, utilizando como principal fuente la plataforma del CIREN (Centro de información de Recursos Naturales) y el Atlas Ilustrado del Río Tinguiririca (Candia, 2015). También, a través de estas principales fuentes se realizó una recolección de datos socioecológicos y socioeconómicos.

2.4 Determinación de las áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad

Para la priorización espacial de las áreas de valor de biodiversidad, se realizó una selección de criterios, indicadores y métricas en base a la PSC, considerando la relevancia para el área de estudio y la información geoespacial disponible.

Uno de los retos de la conservación de la biodiversidad consiste en acordar y establecer criterios para identificar áreas significativas y redes representativas para la protección de la biodiversidad. Dentro de estos criterios, los más frecuentemente utilizados son la Representatividad, la Vulnerabilidad y la Irremplazabilidad (Asaad et al., 2017). Para el presente estudio se utilizaron los criterios que se abarcan dentro de la PSC, siendo estos la Representatividad, Irremplazabilidad, Vulnerabilidad y Complementariedad, utilizando diferentes indicadores y métricas asociados a cada uno de ellos (Tabla 1).

Cada métrica se espacializó y procesó en el software ArcGIS v10.8. Todas las coberturas y productos fueron estandarizadas al sistema de coordenadas proyectadas WGS UTM 1984, Zona 19S.

Tabla 1. Criterios, indicadores y sus respectivas métricas utilizados para la identificación espacialmente explícita de sitios de alto valor de biodiversidad del área de estudio, adaptados al contexto local.

Criterio	Indicador	Métrica
Representatividad	Presencia de parches de bosque y matorral nativo.	Área >10 ha de parches de ecosistemas terrestres de bosque nativo y matorral.
Irremplazabilidad	Riqueza de especies nativas.	Riqueza de especies por cobertura, con puntos de presencia de GBIF.
	Presencia de especies de flora vascular amenazada.	Puntos de presencia de flora amenazada de GBIF a través de la densidad de Kernel.
Vulnerabilidad	Ecosistemas naturales cercanos a disturbios antrópicos.	Distancia euclidiana a centros urbanos definidos por el MOP.
		Distancia euclidiana a sitios de producción agrícola.
		Distancia euclidiana a caminos principales y secundarios según el MOP.
		Distancia euclidiana a proyectos ingresados al SEIA identificados en la base de datos del SEA.

Complementariedad	Ecosistemas no representados en el SNASPE y CMN.	Área >1 ha de parches de ecosistemas terrestres de SIMBIO (piso vegetacional) no considerados en el SNASPE y CMN.
-------------------	--	---

Fuente: Adaptado de Kukkala y Moilanen, 2013, y Margules y Pressey, 2000 sobre la Planificación Sistemática de la Conservación.

2.4.1 Criterio de Representatividad.

El concepto de representatividad se refiere al nivel deseado o meta en el cual una característica específica, como una especie o tipo de hábitat, debería estar representada dentro de una red de áreas de conservación o sistema de reservas (Kukkala & Moilanen, 2013). Implica seleccionar áreas que contengan una representación suficiente de la biodiversidad o características importantes de una región (Kukkala & Moilanen, 2013). Esta meta u objetivo de representación especifica el nivel mínimo u óptimo en el cual cada característica debe ser protegida dentro de la red de reservas.

La métrica que se utilizó para determinar las áreas representativas fue el de ecosistemas terrestres nativos de superficie >10 ha, pertenecientes a bosque nativo y matorral.

2.4.2 Criterio de Irreemplazabilidad.

Este criterio se basa en elementos naturales que son inherentemente únicos y no pueden ser reemplazados. La irreemplazabilidad representa la importancia de una determinada área para lograr de manera eficiente los objetivos de conservación (Kukkala & Moilanen, 2013). En otras palabras, es un área completamente "insustituible", ya que es imprescindible para cumplir con dichos objetivos (Kukkala & Moilanen, 2013; Smith et al., 2019). También se define como la medida en que se reducen las opciones de tener un sistema de reserva representativo en caso de perder ese sitio en particular, lo que la convierte en un área única e irreemplazable (Kukkala & Moilanen, 2013).

El primer indicador utilizado es el de riqueza de especies de flora y fauna nativa o endémica, en el cual se realizó un conteo y clasificación (exótica, nativa o endémica) de los puntos de presencia de las especies obtenidos de la plataforma GBIF (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad), por coberturas y uso de suelo dentro del área de estudio.

El siguiente indicador se basó en la densidad de especies de flora en algún grado de amenaza, utilizando los puntos de presencia obtenidos a través de la plataforma GBIF. Estos fueron modelados mediante la herramienta de densidad

de Kernel. Para la cual se utilizaron 16 especies de flora: *Aextoxicon punctatum*, *Alstroemeria pulchra*, *Austrocedrus chilensis*, *Beilschmiedia berteroana*, *Chloraea prodigiosa*, *Citronella mucronata*, *Crinodendron patagua*, *Dennstaedtia glauca*, *Drimys winteri*, *Haplopappus taeda*, *Jubaea chilensis*, *Myrceugenia colchaguensis*, *Nothofagus glauca*, *Nothofagus macrocarpa*, *Parablechnum chilense*, *Persea lingue*.

2.4.3 Criterio de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere al riesgo de que un área se vea alterada debido a los daños causados por procesos amenazantes (Margules & Pressey, 2000). Representa la probabilidad y sensibilidad de pérdida de biodiversidad en una determinada área debido a amenazas existentes (Kukkala & Moilanen, 2013). La pérdida de elementos de biodiversidad tendría consecuencias significativas para alcanzar los objetivos establecidos, por lo tanto, es crucial evitar aquellos factores que generan vulnerabilidad con el fin de asegurar una conservación exitosa (Margules & Pressey, 2000). Mientras menor es la distancia a estos agentes, mayor grado de amenaza tendrá para la biodiversidad.

Se emplearon los indicadores de las principales amenazas de los ecosistemas naturales, considerando como métricas la distancia euclidiana a caminos y rutas, a centros urbanos, la cercanía a actividades productivas de agricultura, y los

proyectos que ingresaron al Servicio de Impacto Ambiental (SEA) hasta el año 2023, utilizando las áreas, centros urbanos y agrícolas obtenidos de JNCC (2019), caminos y centros urbanos de la Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile, y proyectos que ingresaron al SEA por medio de la página web del SEA (SEA, 2023).

2.4.4 Criterio de Complementariedad

La complementariedad fue definida como la medida de la contribución que un área o conjunto de áreas, hace a características no representadas en un área o conjunto de áreas existentes (Margules & Pressey, 2000). El indicador utilizado fueron las áreas >1 ha de parches con ecosistemas naturales terrestres en los que se contabilizó el número de pisos vegetacionales y tipos forestales no considerados en el SNASPE y CMN, en que se emplearon los ecosistemas terrestres de SIMBIO, con el objetivo de relacionar las superficies y las áreas protegidas presentes en la región de O'Higgins.

2.4.5 Ponderación de criterios de biodiversidad.

Los criterios que determinan las áreas de valor de biodiversidad no tienen la misma importancia relativa, por lo que se realizó una ponderación que cada métrica posee en el área de estudio. Esta ponderación se realizó a partir de la

consulta a expertos en medio ambiente y con conocimientos del área de estudio: Rodrigo Fuentes, Ingeniero Forestal, investigador del Laboratorio de Ecología de Paisaje de la Universidad de Concepción; y Alejandro Venegas, Ingeniero Forestal y académico de la Universidad de O'Higgins. Los que realizaron una comparación por pares de todas las métricas, utilizando el Método de Análisis Jerárquico propuesto por Saaty (1980). Procedimiento que utiliza una matriz cuadrada en la que se comparan pares de variables.

Los valores finales de la comparación por pares, es decir, los pesos de ponderación; oscilan entre cero y uno, en donde más cercano a la unidad, más importancia tiene el indicador frente a otro (Saaty, 1980).

Tabla 2. Ponderación de los criterios y métricas de áreas de valor para la conservación de la biodiversidad del área de estudio, asignadas por Rodrigo Fuentes y Alejandro Venegas.

Criterio	Métrica	Ponderación
Representatividad	Parches ≥ 10 ha de ecosistemas naturales (bosque nativo y matorral).	17%
Irremplazabilidad	Riqueza de especies de flora y fauna nativas y endémicas.	21%
	Densidad de Kernel de flora en un grado de amenaza.	15%

Vulnerabilidad	Distancia euclidiana a centros urbanos definidos por el MOP.	12%
	Distancia euclidiana a sitios de producción agrícola.	10%
	Distancia euclidiana a caminos principales y secundarios según el MOP.	11%
	Distancia euclidiana a proyectos SEIA identificados en la base de datos del SEA.	8%
Complementariedad	Área >1 ha de parches de ecosistemas terrestres de SIMBIO (piso vegetacional) no considerados en el SNASPE y CMN.	6%

Obtenidos los mapas de cada indicador se utilizó el software Zonation v4 para generar una priorización jerárquica espacialmente explícita del área de estudio. Las métricas fueron ingresadas en formato ráster a Zonation, que clasifica y descarta las distintas celdas que representan un menor valor (menos valiosas), y asigna un valor de ranking que fluctúa entre 0 (baja prioridad) y 1 (alta prioridad) (Moilanen et al., 2009). En el que se aplicaron los pesos de ponderación de cada métrica representados en la Tabla 2.

En el software se utilizó la regla de función de beneficio aditivo (ABF), la cual considera la suma de todos los valores de todas las características de una celda

determinada como la más alta, y se eliminan las celdas con un bajo valor de ocurrencia (Di Minin et al., 2014).

2.5 Áreas de alto valor para la provisión de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos, según la clasificación de CICES se dividen en servicios de provisión, regulación y servicios culturales, en los que se estandarizan y definen diferentes secciones y clasificaciones para su aplicación (Haines-Young & Potschin, 2018). La selección de servicios ecosistémicos se realizó en base al contexto socioecológico del área de estudio incluyendo aquellos que son más relevantes en cuanto a la capacidad del ecosistema de proveerlo y a la propia demanda de las comunidades.

Para espacializar los servicios ecosistémicos se utilizó la metodología de Burkhard (Burkhard & Maes, 2017), en la que se emplearon a modo de ecosistemas las unidades espaciales geobiofísicas (Tabla 3) de la clasificación de cobertura de suelo de JNCC (Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza o Join Nature Conservation Committee) elaborada en el marco del Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad (VCCB, Wine, Climate Change and Biodiversity Programme), siendo una iniciativa científica del Instituto de Ecología y Biodiversidad y la Universidad Austral de Chile para modelar los

servicios ecosistémicos de mayor importancia para la industria vitivinícola del Valle de Colchagua en el año 2019 (Barbosa et al., 2019).

Este procedimiento se realizó reclasificando las coberturas de uso de suelo de acuerdo a los valores de la matriz de beneficio-transferencia de Burkhard en el software ArcGIS v10.8, para cada servicio ecosistémico.

Tabla 3. Ecosistemas y o coberturas para valorar su capacidad de proveer servicios.

Cobertura	Descripción
Afloramientos rocosos	Área de base de rocas expuesta al exterior.
Bosque nativo	Bosque nativo dominado por los tipos esclerófilo y caducifolio.
Cultivo de pastizal	Áreas que consisten en cultivos de pastizales para la alimentación de ganado.
Estepa andina central	Ecorregión de montaña con pastizales y matorrales.
Glaciares y nieve	Áreas y cuerpos de glaciares y nieve permanente.
Matorral	Matorrales esclerófilo y espinoso.
Plantación forestal	Plantaciones de monocultivos dominadas por especies de los géneros <i>Pinus</i> y <i>Eucalyptus</i>
Cuerpos de agua (Ríos y Lagos)	Cuerpos de agua terrestres permanentes.

Urbano	Infraestructuras construidas: centros poblados, vías de tránsito, construcciones y estructuras.
Terraza fluvial	Plataformas sedimentarias y zonas descubiertas a los costados del río.
Tierra agrícola	Ecosistemas destinados a fines agrícolas permanentes.
Vegas	Ecosistemas pantanosos con praderas húmedas.
Viñas	Zonas de viñedos y parronales para la producción de vino y vid de mesa.
Matorral y árboles	Matorrales dominados por especies exóticas asilvestradas.

Fuente. Clasificación de coberturas de la provincia de Colchagua por JNCC, 2019 (Barbosa et al., 2019).

A través de la selección, en conjunto con las coberturas y uso de suelo, se elaboró una matriz con la metodología de Burkhard (Tabla 5) en la que se valoró de cero a cinco (Tabla 4) la capacidad de cada cobertura (Tabla 3) para proveer cada servicio ecosistémico, siendo el valor de cinco la mayor capacidad de provisión (Burkhard & Maes, 2017), y cero como no provisión del servicio.

Luego, se ratificó y validó esta matriz a través de actores locales. En el caso de este estudio, se trabajó y consultó a las y los profesionales encargadas(dos) de medio ambiente de cada municipalidad de las comunas del área de estudio. Una vez corregida, se promediaron todas las respuestas obteniéndose la matriz final.

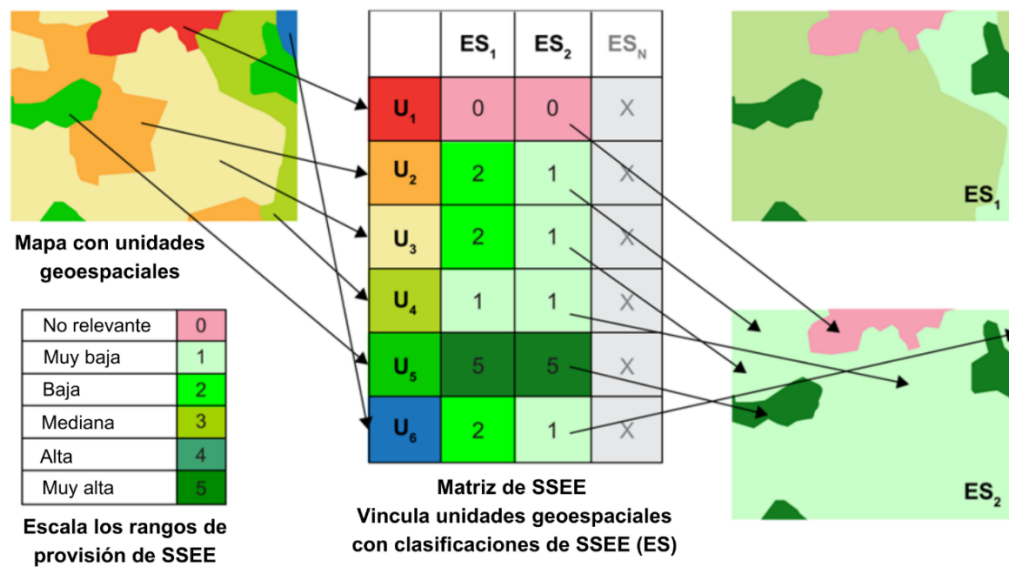


Figura 3. Matriz de transferencia-beneficio en la que el eje X corresponde a los servicios ecosistémicos, y el eje Y a los ecosistemas o unidades similares (Burkhard & Maes, 2017).

Tabla 4. Valores en cuanto a la capacidad de cada cobertura de proveer un servicio ecosistémico.

		Valor					
		0	1	2	3	4	5
Capacidad	Sin	Capacidad	Capacidad	Capacidad	Capacidad	Capacidad	Capacidad
	capacidad	relevante	relevante	relevante	relevante	relevante	relevante
	relevante	muy baja	baja	media	alta	muy alta	

Fuente: (Burkhard & Maes, 2017)

Tabla 5. Matriz de transferencia-beneficio de Burkhard de siete servicios ecosistémicos culturales, de provisión y de regulación aplicados a las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando según las coberturas de uso de suelo de JNCC de 2019, validada por encargados del medio ambiente de las municipalidades de Santa Cruz y Nancagua.

Cobertura	Servicios ecosistémicos						
	Recreación en áreas naturales	Belleza escénica	Alimentos	Madera y fibras naturales	Calidad de aire	Control de erosión	Regulación de flujos hídricos
Afloramientos rocosos	3	5	0	0	0	0	1
Bosque nativo	5	5	2	4	5	5	5
Cultivo de pastizal	1	2	2	2	2	3	2
Estepa andina central	3	4	1	2	3	3	3
Glaciares	1	5	0	0	0	0	0
Lagos	5	5	2	1	1	1	0
Matorral	3	3	3	4	4	5	4
Nieve	4	5	0	0	1	0	0
Plantación forestal	2	3	1	5	4	4	2
Ríos	5	5	2	1	1	0	0
Urbano	1	2	2	2	0	2	1
Terraza fluvial	2	2	1	1	1	0	0
Tierra agrícola	2	3	5	4	3	4	2
Vegas	2	3	2	2	3	3	4
Viñas	4	4	5	3	3	3	2
Matorral y árboles	3	3	3	4	4	5	3

Fuente: Adaptado de la metodología de Burkhard (Burkhard & Maes, 2017), aplicada a cada cobertura de uso de suelo de JNCC (Barbosa et al., 2019).

2.5.1 Servicios Culturales

Dentro de los enfoques de desarrollo y de crecimiento económico de todas las comunas involucradas, la expansión del sector turístico surge como principal pilar, luego del desarrollo agrícola (GORE, 2011). Las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando se enfocan en atraer turistas en base al sector vitivinícola, reconocidas internacionalmente por la alta calidad de producción de vino y por el atractivo visual que producen los viñedos y el paisaje en el que están insertos, posicionándose como referentes en cuanto a la recreación en áreas naturales y belleza escénica (GORE, 2011).

Las comunas se encuentran rodeadas de cordones montañosos, hacia la Cordillera de los Andes como hacia el Valle Central y la Cordillera de la Costa, presentándose como principales áreas de recreación, y zonas que proveen un alto atractivo visual tanto a la población local como a turistas.

2.5.2 Servicios de Provisión.

El sector productivo frutícola, agrícola y ganadero es la industria productiva principal de las comunas del área de estudio (ODEPA, 2024). Alcanzando un total de 46.995 ha aproximadamente al año 2019 (Barbosa et al., 2019), en que

predomina la industria frutícola de exportación, la producción de cereales y el sector vitivinícola y parronales (ODEPA, 2024).

En cuanto a la provisión de madera y fibras naturales, se da principalmente en los sectores de producción forestal, poco presentes en el área de estudio (CONAF, 2013; LEP, 2017). Sin embargo, las coberturas de matorral y bosque nativo proveen fibras naturales con las que se realizan una serie de artesanías y manualidades; también la cobertura de matorral espinoso se utiliza como una fuente de extracción de madera para leña y carbón por las comunidades locales (UCEN, 2020).

2.5.3 Servicios de Regulación.

Las diferentes coberturas de uso de suelo influyen en la captura y regulación del agua que llega y la que se infiltra en el suelo. Una cubierta de dosel más densa impedirá que la luz evapore el agua presente en el suelo o dosel, además una cubierta vegetativa más densa y estable, regulará de forma más gradual el agua presente en el suelo a través de las propias funciones vegetativas (Jullian et al., 2018).

La cobertura también se relaciona con la capacidad que tiene la vegetación sobre el control de erosión y la capacidad de regular la calidad del aire, y no solo la

cobertura, sino que variados factores afectan, tanto de configuración, como composición, las interacciones y funciones de las especies, comunidades y ecosistemas en la retención de sedimentos: en un suelo descubierto no existe un control de erosión (Jullian et al., 2018).

2.5.4 Ponderación de servicios ecosistémicos.

Se realizó una ponderación de forma indirecta por los actores de cada comuna en la misma instancia de revisión y nueva valoración de los servicios ecosistémicos. Luego de revisar y valorar la provisión de los servicios de cada cobertura de suelo, los actores ordenaron los servicios de acuerdo a su importancia relativa, luego estos se promediaron y se le asignó un porcentaje proporcional a su posición jerárquica (ver Tabla 6). La que será

Tabla 6. Ponderación de cada servicio a la provisión final de servicios ecosistémicos realizadas por actores locales de cada comuna.

Grupo	Servicios ecosistémicos	Posición	Ponderación (%)
Culturales	Recreación en áreas naturales	4	5
	Belleza escénica	5	8
Provisión	Provisión de alimento	2	20

	Provisión de madera y fibras naturales	7	2
Regulación	Regulación de calidad de aire	6	10
	Control de erosión	1	40
	Regulación de flujos hídricos	3	15

Cada ráster de cada servicio ecosistémico fue llevado al software Zonation, utilizando la regla ABF. Todas las coberturas y productos fueron estandarizadas al sistema de coordenadas proyectadas WGS UTM 1984, Zona 19S.

2.6 Áreas de alto valor ecológico

A través de la unión del producto de áreas de alto valor de biodiversidad y el producto de áreas de provisión de servicios ecosistémicos en el software Zonation v4, se obtienen las áreas de alto valor ecológico (Moilanen et al., 2009), aplicando la función ABF. A cada ráster se le aplicó una ponderación de 50%, es decir, que las áreas de valor de biodiversidad y de provisión de servicios ecosistémicos tendrán el mismo peso de priorización.

El producto final se clasificó en deciles, generando una jerarquía de prioridad de conservación en todo el paisaje (Moilanen, 2007). Los deciles con valores más

bajos son menos prioritarios y los valores más altos del decil son más prioritarios. En el presente estudio los dos deciles superiores representaron la mayor prioridad para la conservación de la biodiversidad. Esto se obtuvo mediante la herramienta de Reclassificar de ArcGIS 10.8, en el cual se clasificaron diez rangos (decil).

2.7 Sitios prioritarios

Los sitios prioritarios corresponden a los parches de ecosistemas naturales de bosque nativo y matorral de valor de priorización más alto en las áreas de alto valor ecológico. Mediante el uso del software ArcGIS v10.8, se extrajeron aquellos parches de ecosistemas naturales de mayor superficie, que pertenecen y se encuentran dentro de los dos deciles superiores, es decir, del 20% del área de mayor valor ecológico.

III. RESULTADOS

3.1 Búsqueda y recopilación bibliográfica

Como resultado de la revisión y búsqueda bibliográfica de los antecedentes del área de estudio se obtuvieron los siguientes resultados ecológicos, biofísicos, sociales y socioecológicos:

3.1.1 Flora

Las comunas están insertas dentro de la región del Matorral y Bosque Esclerófilo, presentándose el Matorral Arborescente (esclerófilo) y Matorral Espinoso como principales coberturas. El Matorral Arborescente representa una formación vegetal natural y autóctona de la zona y entre sus especies características se encuentran Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Espino (*Vachellia caven*), Litre (*Lithraea caustica*), Peumo (*Cryptocaya alba*), Maitén (*Maytenus boaria*) y Molle (*Schinus latifolius*). Estas coberturas se desarrollan sobre las laderas de la cordillera de la Costa del oriente y sobre las serranías de occidente (CIREN, 2021). En las planicies del secano interior de las comunas es característica la formación de una sábana de espino (CIREN, 2021). Particularmente, se encuentra también la formación de Roble-Hualo, presente en ladera sur del cordón montañoso central que está rodeado de las comunas de

Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla, San Fernando y San Vicente (SIMBIO, 2023).

Todas estas formaciones están inmersas en una matriz productiva agrícola y urbana. Estos ecosistemas naturales han ido disminuyendo su presencia y extensión a partir del proceso de transformación agrícola-forestal que comenzó en el período colonial (Ricci, 2015).

3.1.2 Amenazas.

La vegetación natural se encuentra muy alterada y degradada por la acción humana; el matorral esclerófilo y la estepa de espino han sido intensamente explotados para la fabricación de carbón, la habilitación para cultivos agrícolas y pastoreo. También el bosque nativo de *Nothofagus* ha sido reemplazado por especies exóticas como el pino, álamos y eucaliptos, para la producción forestal y explotación de la madera, así como por la expansión agrícola (BCN, 2023; CIREN, 2021).

Debido a la fragmentación, degradación y homogeneización del paisaje construido en las últimas décadas, en conjunto con el cambio climático y sequías, existe un ambiente propicio para la ocurrencia de incendios forestales (Venegas-González et al., 2023). La vegetación nativa (que forma ecosistemas de menor

inflamabilidad) se ha reducido y degradado permitiendo el establecimiento de especies exóticas inflamables. El establecimiento de plantaciones de monocultivo ha generado homogeneidad espacial (que facilita la propagación del fuego) lo que además se ha visto favorecido con el reemplazo sostenido de la vegetación nativa que ocupaba quebradas y que confería espacios de mayor humedad (CIREN, 2021). Las prácticas de habilitación y expansión de monocultivos agrícolas han sido de las principales causas de pérdida de biodiversidad de la región, causando una homogeneización y fragmentación de los ecosistemas naturales, las que tienen asociadas el mal uso y optimización de los sistemas de riego, y la extracción de agua subterránea desregulada por medio de pozos (CIREN, 2021); que también presentan un potencial contaminante y degradante, debido a la utilización de fertilizantes, pesticidas, plaguicidas y herbicidas.

Sumado a las anteriores amenazas, el alto endemismo de la zona se ve opacado por la escasa información sobre la presencia y estado de conservación de las especies, la existencia de catastros incompletos. Además de la falta de actualización a los sistemas de información ya existentes.

3.1.3 Fauna.

En cuanto a la fauna presente en el área, se pueden mencionar anfibios como la Rana de pecho espinoso (*Alsodes cantillanensis*), clasificada como En Peligro;

reptiles como Gruñidor de Valeria (*Pristidactylus valeriae*) clasificada En Peligro, la Iguana chilena (*Callopistes maculatus*) clasificada como Vulnerable, el Lagarto Negro de Termas del Flaco (*Liolaemus curis*), (*Liolaemus confusus*), o *Liolaemus ubagshi* (Ramírez, 2015); mamíferos, entre los que destaca el Güiña (*Leopardus guigna*) clasificada como Vulnerable, Zorro Culpeo (*Lycalopex culpaeus*) (CMN, 2023; IUCN, 2023; MMA, 2022).

Asociados a los causes se encuentran diversas especies nativas como el pez Bagre (*Nematogenys inermis*), anfibios de alta montaña y valles (como *Alsodes Sp.* y *Rhinella Sp.* y *Pleurodema thaul* y *Calyptocephalella gayi.*); Aves asociadas a nichos acuáticos como fuente de alimentación (Garzas, Huairavos), aves rapaces y carroñeras; Reptiles y mamíferos de todo tipo, incluidos algunos que dependen del agua de forma directa para su reproducción, alimentación y bebida, como el Coipo (*Myocastor coipus*) (CMN, 2023; IUCN, 2023; MMA, 2022).

Cabe destacar la presencia en el área de un número significativo de insectos endémicos en categoría de amenaza, tales como *Apterodorcus tristis* (mancapollo), *Bombus dahlbomii* (abejorro colorado), *Callyntra cantillana* (cascarudo de Cantillana), especies que se encuentran clasificadas En Peligro. *Callyntra hibrida* (cascarudo del Poqui) y *Sclerostomulus nitidus* (borrachito), que se encuentran clasificadas en Peligro Crítico (MMA, 2022).

La variación de altura produce que el cauce presente diferentes especies adaptadas a mayor o menor altitud, distinta temperatura y preferencias diferentes de reproducción, anidación y alimentación.

3.1.4 Áreas Protegidas.

Existen tres áreas protegidas amparadas por el SNASPE. El Parque Nacional Las Palmas de Cocalán, aledaño a la comuna de Las Cabras y que fue creado el año 1989, cuenta con una superficie de 3.709 hectáreas. Este parque se encuentra dentro de propiedad privada; en él predominan las palmas chilenas (*Jubaea chilensis*) (CONAF, 2023a).

La Reserva Nacional Roblería Cobre de Loncha, creada en 1996, está ubicada en la comuna de Alhué, provincia de Melipilla, Región Metropolitana, sin embargo, es administrada por CONAF Región de O'Higgins (CONAF, 2023c); es la única área protegida que cuenta con un plan de manejo, pero en estado desactualizado.

Ubicada en la comuna de Machalí se encuentra La Reserva Nacional Río de Los Cipreses, creada en 1985, cuenta con una superficie de 36.882,5 hectáreas. En la reserva se puede encontrar formaciones vegetacionales de la región de las

estepas y de bosque y matorral esclerófilo de la precordillera andina (CONAF, 2023b).

También existen 4 Santuarios de la Naturaleza: Cerro Poqui, Alto Huemul, Bosque de Calabacillo y Piedra del Viento y Topocalma (CMN, 2023).

Entre el límite de la región de O'Higgins y el Maule, en la Cordillera de los Andes de la comuna de San Fernando, se encuentra el Santuario de la Naturaleza Alto Huemul que comprende 19.000 hectáreas, de las cuales casi 3.000 corresponden a un denso bosque de Roble de Santiago (*Nothofagus macrocarpa*), el que es considerado un tesoro ecológico e importante patrimonio natural (CMN, 2023).

En el area de estudio se presenta un área de protección privada que surge como proyecto de la Fundación Tierra Austral. Está ubicada en la comuna de San Fernando y cuenta con una superficie de 2.500 hectáreas en la que más del 85% del terreno está dedicado a la conservación. El objetivo es recuperar y proteger el bosque esclerófilo y biodiversidad del sector, especialmente los relictos boreales del ciprés de la Cordillera y los cursos de agua; promover la educación ambiental y la investigación (ReservasNaturales, 2019).

En cuanto a áreas de protección no oficial se definen sitios prioritarios. En el Libro Rojo de la región de O'Higgins de 2007 se definen 20 sitios prioritarios para la

conservación de la biodiversidad, dentro de estos se encuentra el cordón montañoso rodeado de las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla, San Fernando y San Vicente. El que presenta la singular presencia de bosque de Roble-Hualo (Serey et al., 2007).

3.1.5 Desarrollo y enfoque económico y productivo

Las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando apuntan a un desarrollo económico enfocado al potencial de productividad agrícola.

Actualmente, el territorio nacional se encuentra fuertemente intervenido por una agricultura orientada a la exportación. Según usos de suelo un 3,8% de la superficie total nacional, equivalente a 1.819.118 hectáreas, fue destinado a producción agrícola: cultivos de cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales, hortalizas, hongos, plantas aromáticas, medicinales, frutales, vides, flores, semilleros, viveros, césped, forrajeras y praderas mejoradas (INE, 2020-2021).

Según el VII Catastro Nacional Agrícola Forestal, la región de O'Higgins abarcaba el 8,2% de la superficie nacional dedicada a rubros silvoagropecuarios (INE, 2007). Dentro de este porcentaje, el 47% aproximadamente de uso corresponde

a frutales (21,5%), cereales (15,6%) y viñas y parronales (9,9%). En relación con el creciente desarrollo agrícola, en el periodo de 2000-2020 se ha triplicado el área de cultivos de paltos (*Persea americana*) y duplicado el área de viñedos (MMA, 2019).

Y es que, un factor importante del rubro es la economía nacional y regional, que dependen en gran medida de la extracción, explotación y exportación de recursos naturales. El sector silvoagropecuario tuvo un aporte del 3,2% al PIB en el año 2017 según el Banco Central (MMA, 2019).

Las comunas involucradas también apuntan a un desarrollo en base al turismo, sector que ha crecido e incrementado su aporte al PIB nacional exponencialmente, atrayendo generalmente a visitantes a través de festividades y celebraciones locales, y por medio de la industria vitivinícola, por la cual es reconocida internacionalmente la Provincia de Colchagua (Espinoza, 2000).

3.2 Biodiversidad

Respecto a los criterios de biodiversidad, se tienen los siguientes resultados:

3.2.1 Criterio de Representatividad.

Se observan en color rojo los parches de ecosistemas naturales >10 ha. Las áreas representativas dentro del área de estudio se concentran mayormente en la precordillera de la comuna de San Fernando (Figura 4).

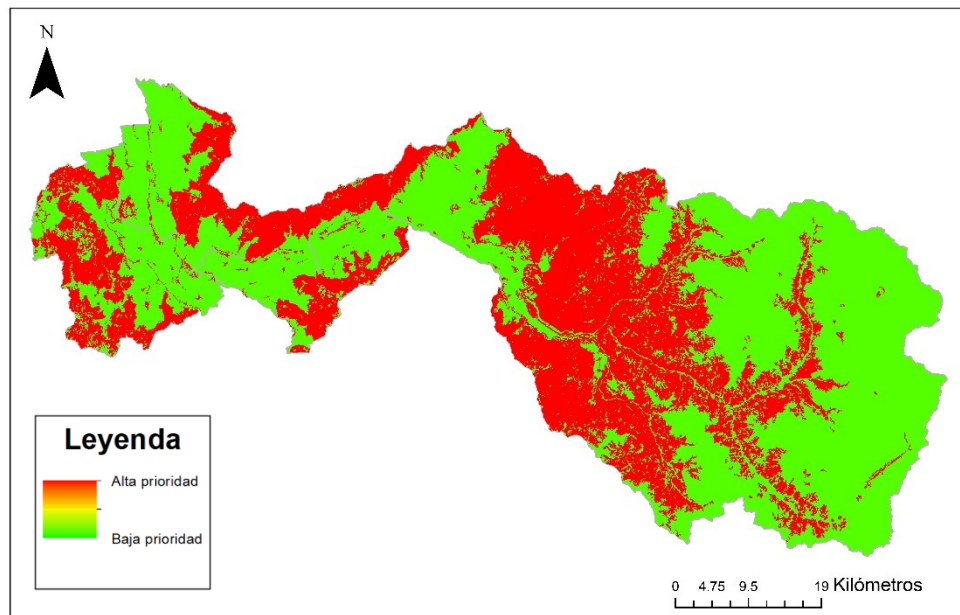


Figura 4. Métrica de áreas de ecosistemas naturales de matorral y bosque nativo iguales o mayores a 10 ha aplicada a las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.

3.2.2 Criterio de Irreemplazabilidad.

Las áreas de mayor riqueza de especies de flora y fauna se encuentran en la cobertura de bosque nativo de las comunas (Figura 5). Al igual que la densidad de especies en algún grado de amenazada, se concentra principalmente en el

cordón montañoso ubicado en el valle central, y en la zona de la precordillera de la comuna de San Fernando (Figura 6).

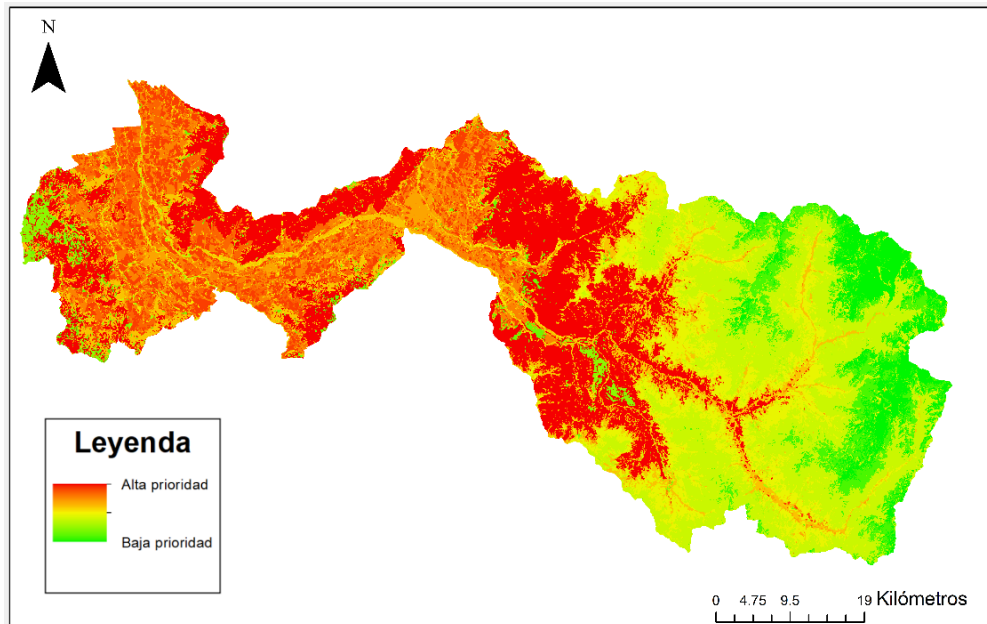


Figura 5. Métrica de riqueza de especies de flora y fauna, a través de los puntos de presencia de especies de la plataforma GBIF de las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.

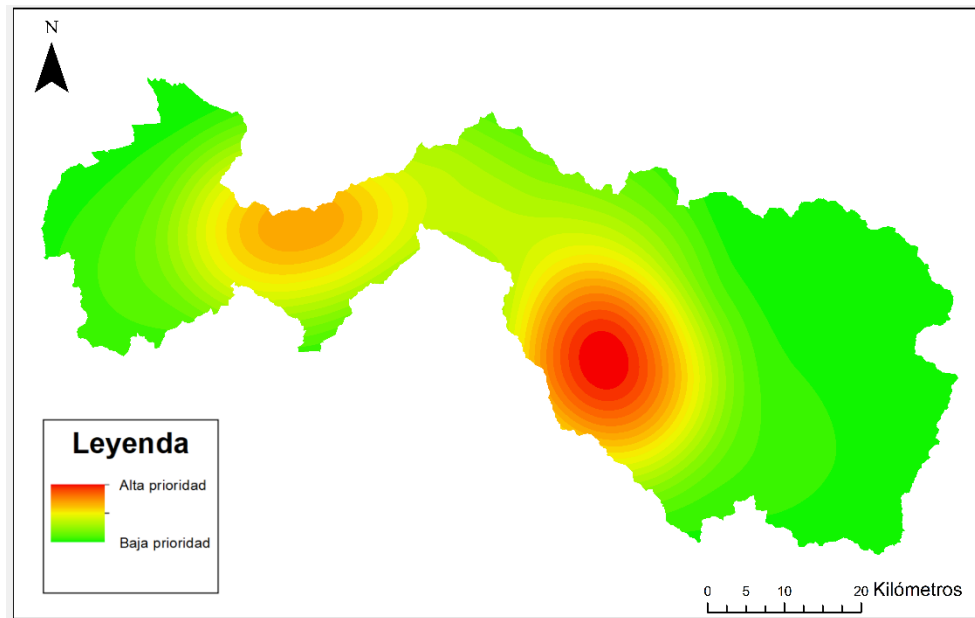


Figura 6. Métrica de densidad de Kernel de especies de flora con algún grado de amenaza para las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando.

3.2.3 Criterio de Vulnerabilidad.

Se aplicaron cuatro métricas al área de estudio de distancia euclidiana a disturbios antrópicos, que obedecen a las amenazas más presentes aplicadas al contexto local (Figura 7). En todas ellas se sigue un patrón marcado: a medida que existe una mayor concentración de población y centros urbanos, existen mayor concentración de amenazas para los ecosistemas naturales. Por lo tanto, una menor distancia a estas amenazas indica una mayor priorización de protección.

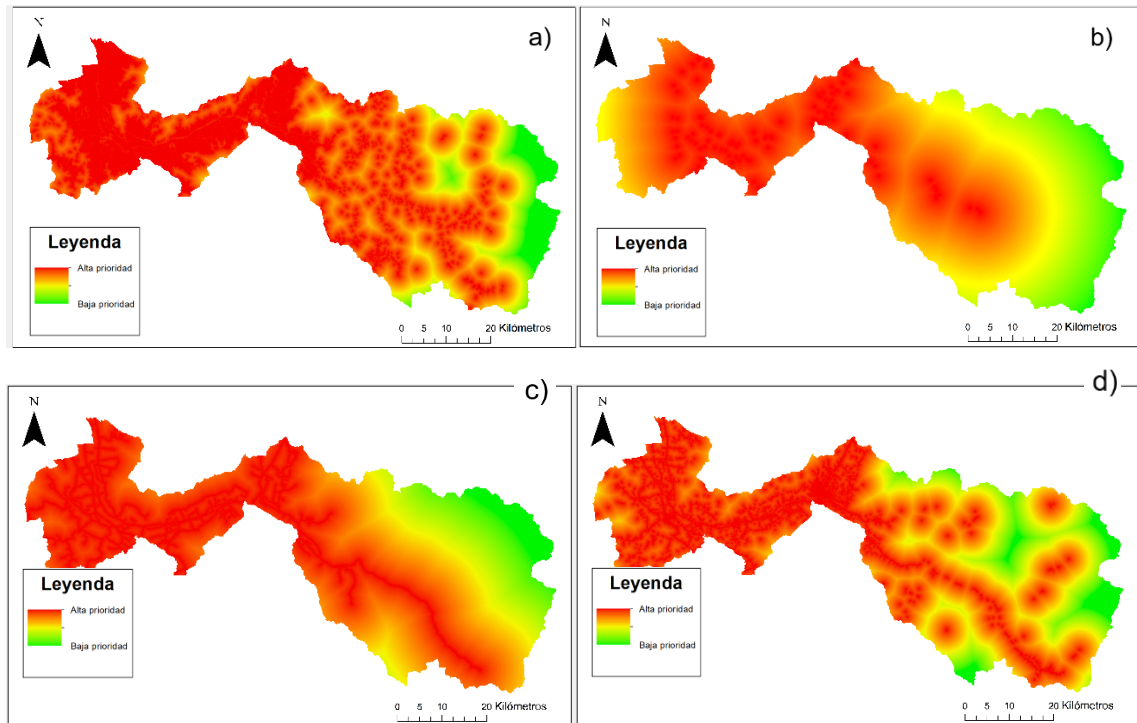


Figura 7. Resultado del criterio de vulnerabilidad, dentro del área de estudio en la Provincia de Colchagua para la identificación de sitios de alto valor de biodiversidad, (a): Distancia euclidiana a sitios de producción agrícola, (b): Distancia euclidiana a centros urbanos definidos por el MOP, (c): Distancia euclidiana a caminos principales y secundarios según el MOP, y (d): Distancia euclidiana a proyectos SEIA identificados en la base de datos del SEA.

3.2.4 Criterio de complementariedad

En cuanto al criterio de complementariedad, en la región existen dos áreas protegidas pertenecientes al SNASPE, Parque Nacional las Palmas de Cocalán y Parque Nacional Río de Los Cipreses las que protegen las formaciones de Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* – *Peumus boldus*, Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* – *Robes*

Punctatum, y Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* – *Lithraea caustica*, Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia aungustifolia* – *Guindilia trinervis*, Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* – *Nardophyllum lanatum*, Matorral bajo mediterráneo andino de *Laretia acaulis* – *Berberis empetrifolia*, Herbazal mediterráneo andino de *Nastnahtus spanthulatus* – *Menonvillea spathulata* respectivamente (SIMBIO, 2023) (Figura 8).

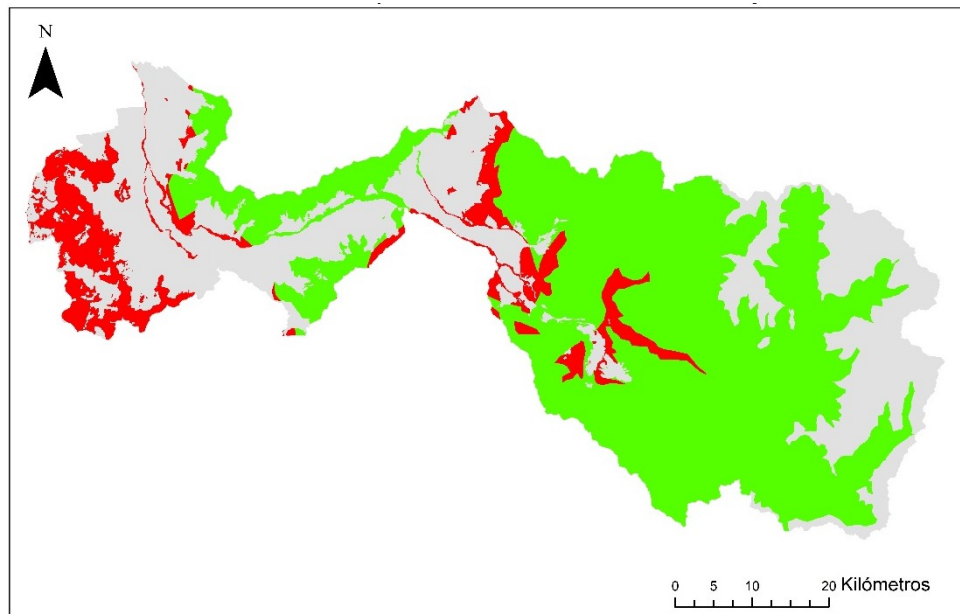


Figura 8. Criterio de complementariedad: ecosistemas de SIMBIO no representados en las áreas protegidas del SNASPE y CMN en la Región de O'Higgins (color rojo).

También dentro del área de estudio se encuentra el Santuario de Naturaleza Alto Huemul, que protege las formaciones de Matorral bajo mediterráneo andino de *Laretia acaulis* – *Berberis empetrifolia*, Matorral bajo mediterráneo andino de

Chuquiraga oppositifolia – *Nardophyllum lanatum*, Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* – *Discaria articulata*, Bosque caducifolio mediterráneo templado andino de *Nothofagus obliqua* – *Austrocedrus chilensis*, Bosque caducifolio mediterráneo interior de *Nothofagus obliqua* – *Cryptocarya alba* y Herbazal mediterráneo andino de *Oxalis adenophylla* - *Pozoa coriacea*. Pisos vegetacionales de un total de 17 contemplados en SIMBIO (2021).

Los pisos no representados y que por esta característica serían prioritarios son Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithraea caustica*, Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Prosopis chilensis*, Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithraea caustica* - *Peumus boldus*, Herbazal mediterráneo andino de *Nastanthus spathulatus* - *Menonvillea spathulata*, Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* - *Discaria articulata*.

3.2.5 Áreas de valor de biodiversidad

La unión de las métricas con ponderación de expertos en el software Zonation v4.0 dio como resultado áreas de alto valor de biodiversidad (Figura 9), las que se concentran en su mayoría en la zona de la precordillera en la comuna de San Fernando. Al analizar el 20% de mayor valor, se posiciona el bosque nativo como

la cobertura prioritaria en zonas donde se compone principalmente formaciones de bosque caducifolio.

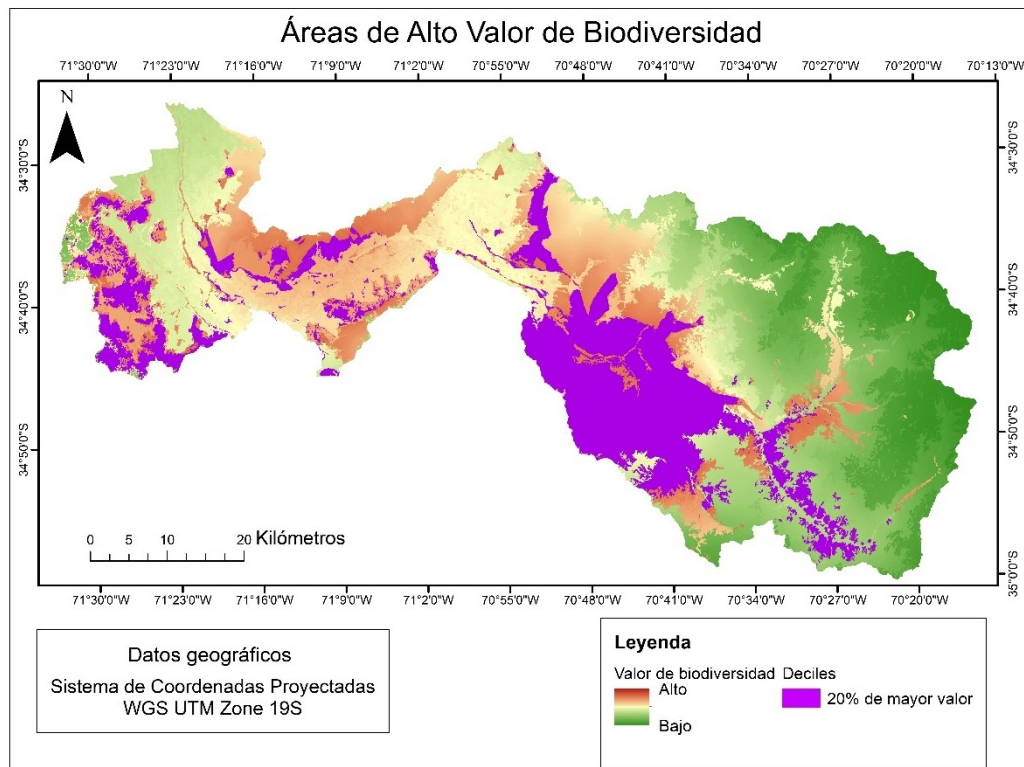


Figura 9. Áreas de alto valor de biodiversidad del área de estudio, resaltando el 20% de mayor valor en cuanto al área total.

3.3 Servicios ecosistémicos

3.3.1 Servicios ecosistémicos culturales

Tanto en la provisión de recreación en áreas naturales como en belleza escénica, la cobertura de bosque nativo se presenta como la principal cobertura de provisión (Figura 10). Este ecosistema se concentra en las zonas de cordones montañosos del valle central como la precordillera.

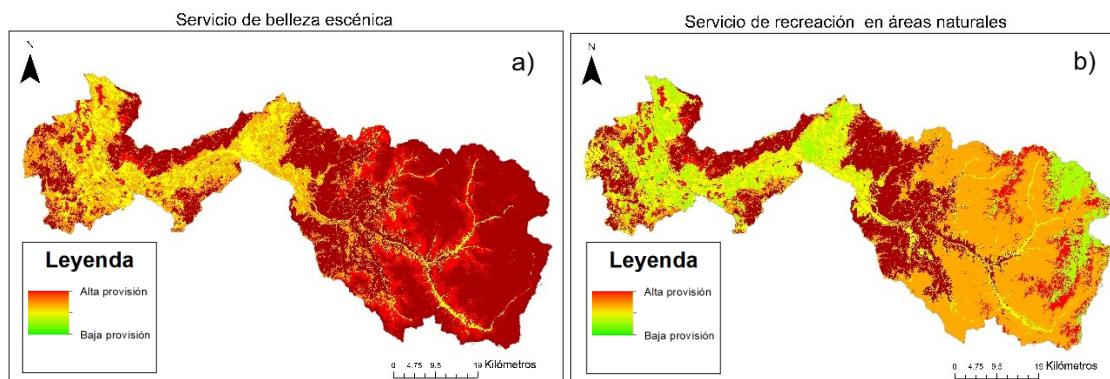


Figura 10. Servicios ecosistémicos culturales de a) belleza escénica y b) recreación en áreas naturales aplicados a las coberturas del área de estudio.

3.3.2 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

Las principales coberturas que proveen alimentos es la de uso agrícola, junto a viñedos. En cuanto a madera, la cobertura de mayor provisión es la de plantaciones forestales, seguida de bosque nativo y matorral (Figura 11).

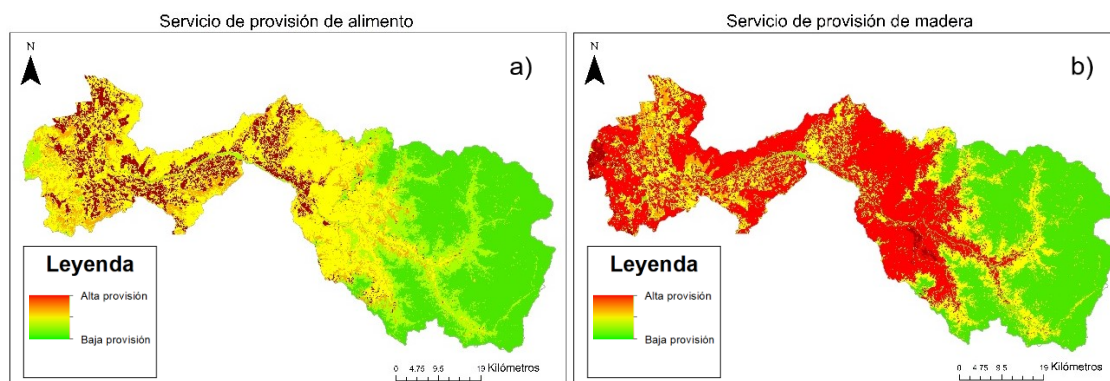


Figura 11. Servicios ecosistémicos de provisión de a) alimento y b) madera y fibra aplicados a las coberturas del área de estudio.

3.3.3 Servicios ecosistémicos de regulación

Los servicios de regulación de calidad de aire, regulación de flujos hídricos y control de erosión los provee principalmente las coberturas de bosque nativo, y matorrales, las que son, respectivamente de mayor densidad y cobertura del suelo (Figura 12).

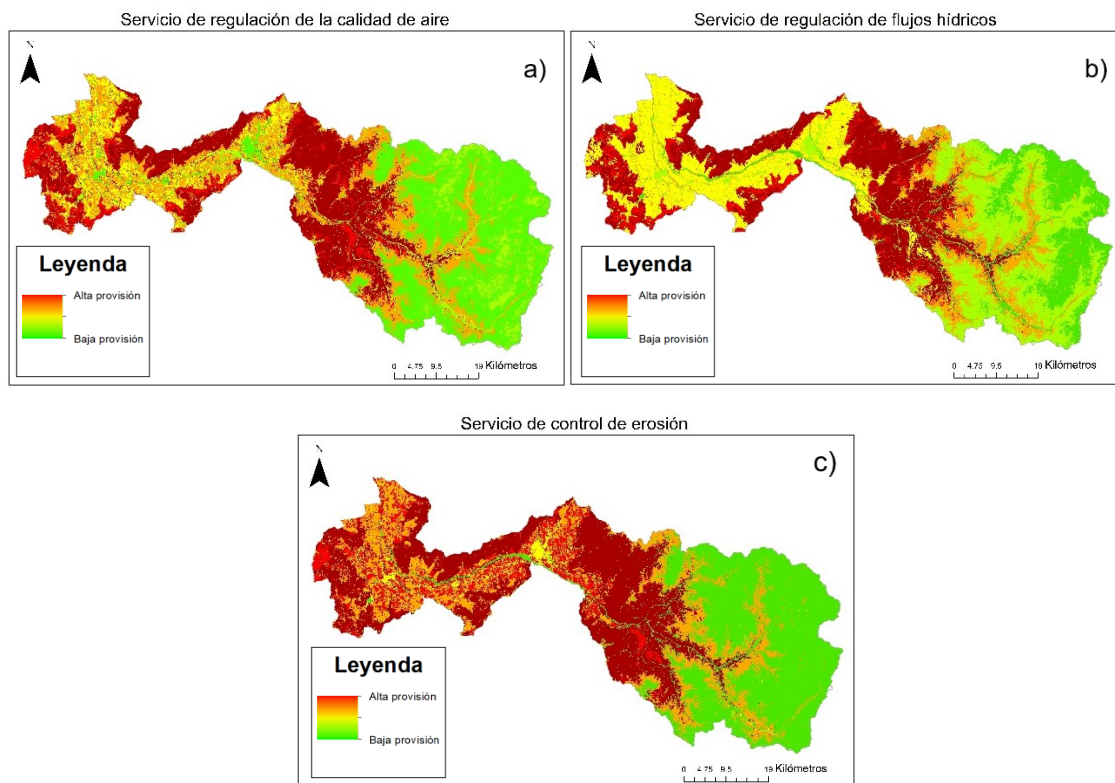


Figura 12. Servicios ecosistémicos de regulación de a) calidad de aire, b) regulación de flujos hídricos y c) control de erosión aplicados a las coberturas del área de estudio.

3.3.4 Provisión de servicios ecosistémicos

La cobertura de bosque nativo tiene la capacidad potencial de proveer múltiples servicios ecosistémicos, seguida de la cobertura de matorral. Las zonas de mayor provisión se concentran en la precordillera de la comuna de San Fernando y en el cordón montañoso del Valle Central (Figura 13).

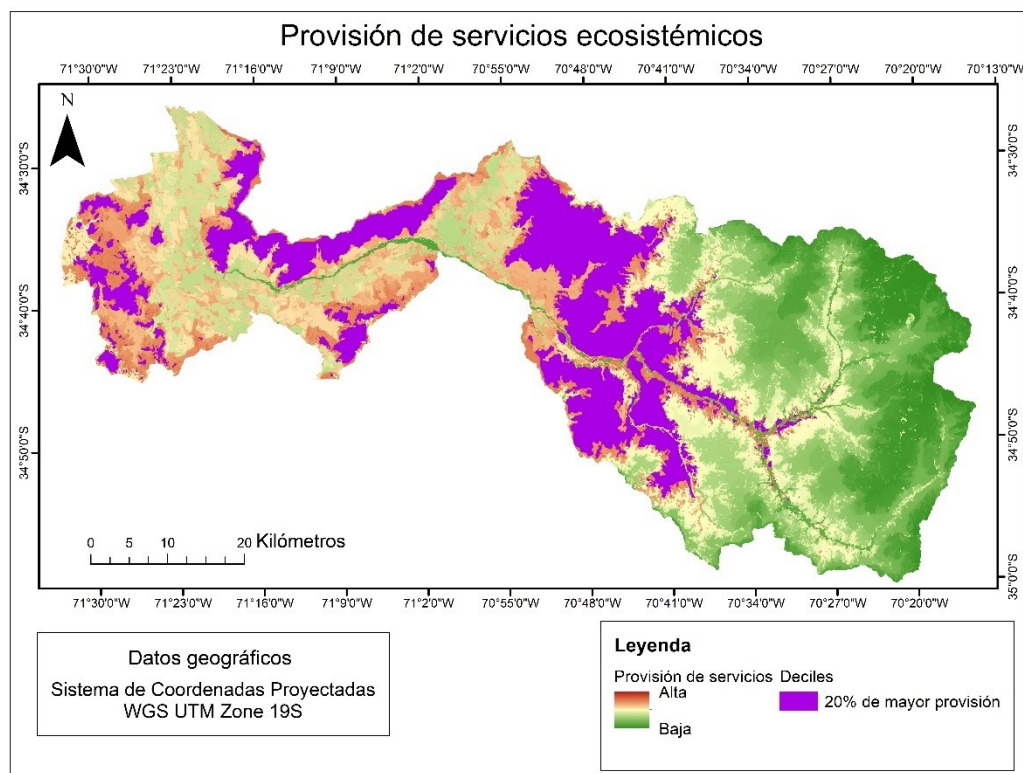


Figura 13. Áreas de provisión de servicios ecosistémicos del área de estudio, resaltando el 20% de mayor valor del área de estudio.

3.4 Áreas de alto valor ecológico

Las áreas de alto valor ecológico se concentran en la precordillera y en cordones montañosos del Valle Central (Figura 13). En la zona de la precordillera existen grandes parches y extensiones de bosque nativo. Esta cualidad en conjunto con una alta riqueza de especies hace que sean de gran relevancia ecológica.

En cuanto al Valle Central, abarcando las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua y Placilla, además de que ciertos sitios presentan una gran extensión, existen mayores presiones antrópicas ligadas a la cercanía a asentamientos humanos y a la matriz agrícola. Estos sitios tienen una gran relevancia en cuanto acciones de conservación, por la exposición a estas amenazas y por la gran diversidad que presentan.

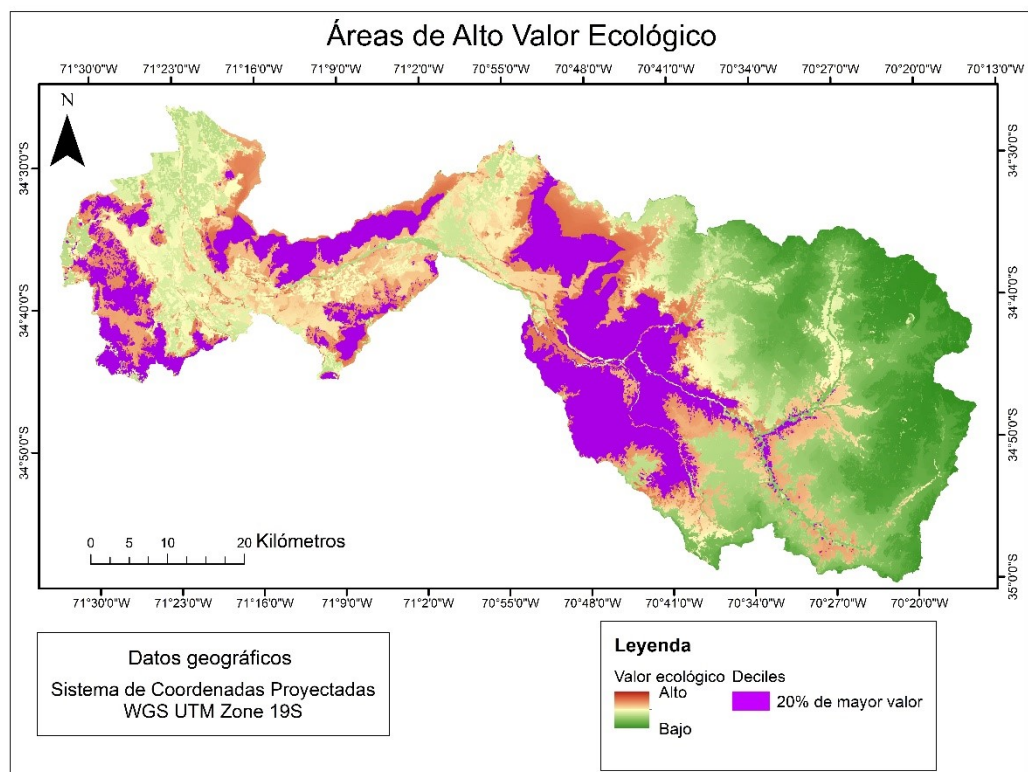


Figura 13. Áreas de alto valor ecológico del área de estudio, resaltando el 20% de mayor valor del área de estudio.

3.5 Sitios prioritarios

A través de la extracción de parches de bosque nativo y matorral que se encuentran dentro del 20% de las áreas de alto valor ecológico, se obtuvieron los sitios prioritarios. Estos correspondieron a parches de superficie igual o mayor a 50 ha, con el fin de priorizar aquellos con mayor extensión y viabilidad en el tiempo. Se presentan además separados por bosque nativo y matorral. La cobertura de bosque nativo cuenta con 68 parches, que van desde las 50 ha a 10.861 ha y matorral cuenta con 22 parches, los que van desde 50 ha a 263 ha

(Figura 14). Estos se encuentran distribuidos principalmente por la precordillera andina en la comuna de San Fernando, y parches más pequeños y aislados en las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua y San Fernando.

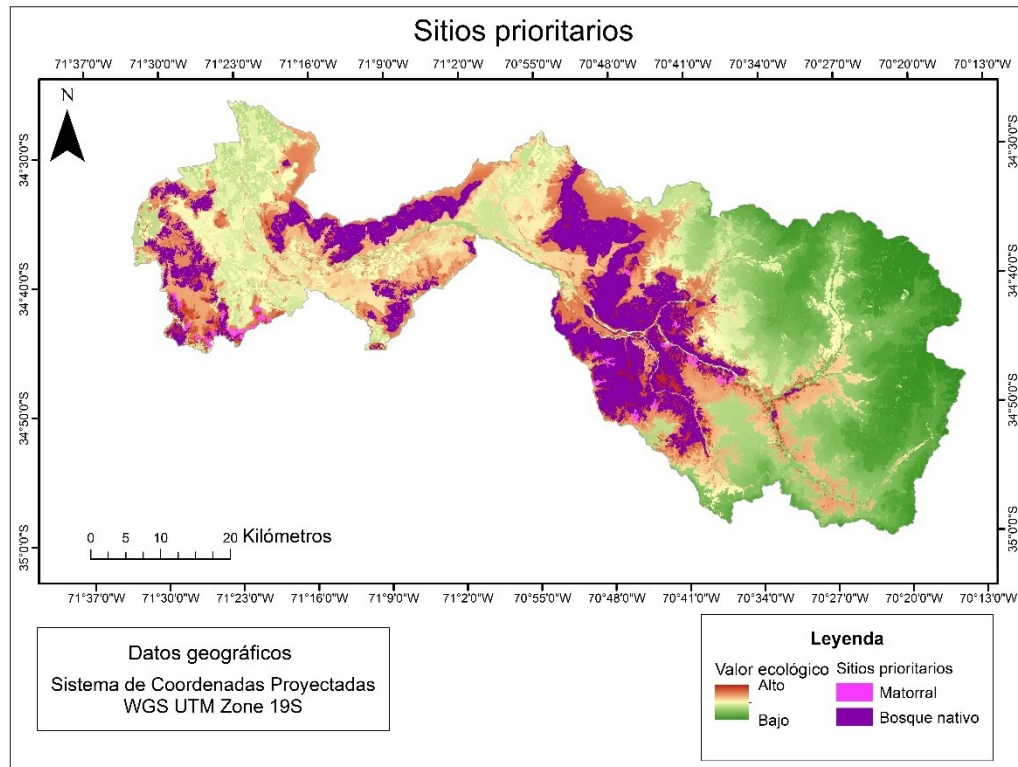


Figura 14. Sitios prioritarios del área de estudio, de una superficie mínima de 50 ha, separados según bosque nativo y matorral.

3.6 Comparación con sitios prioritarios definidos por MMA y áreas protegidas

Los sitios prioritarios obtenidos concuerdan con los sitios prioritarios ya definidos en la Estrategia Regional de Biodiversidad y por la Ley 19.300 en la región de O'Higgins (Figura 15).

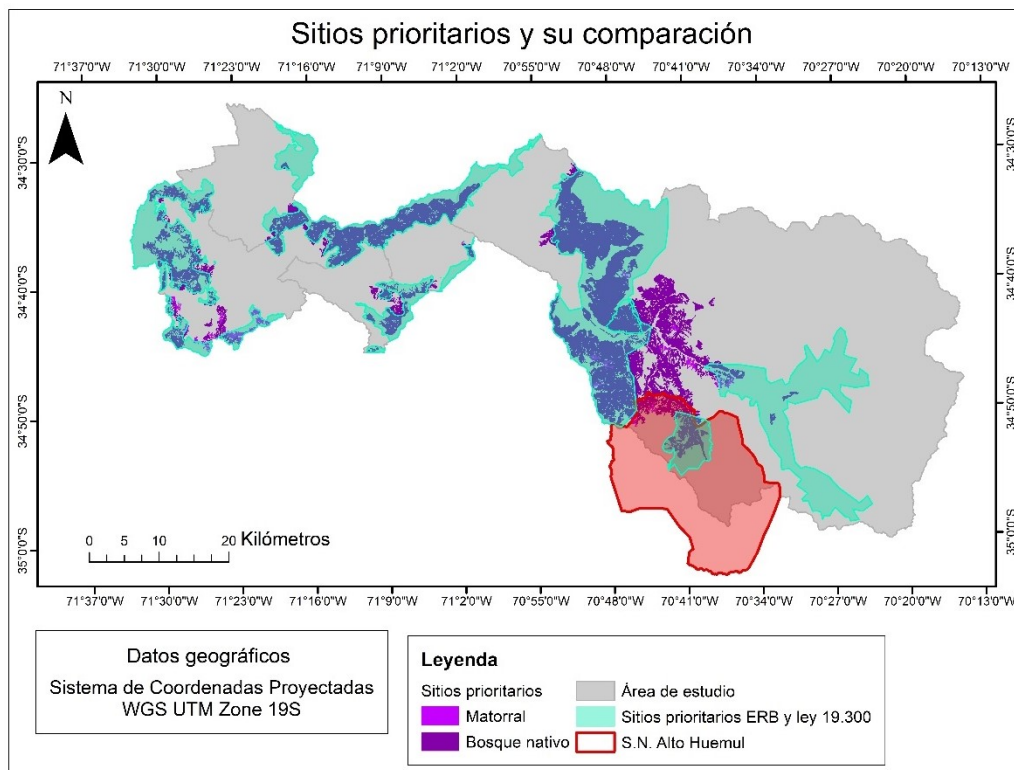


Figura 15. Sitios prioritarios del área de estudio, sitios prioritarios definidos por MMA, y Santuario de la Naturaleza Alto Huemul (CMN).

Los sitios prioritarios ya definidos para la región muestran grandes extensiones de ecosistemas naturales, abarcando zonas que actualmente no presentan bosque nativo, o matorrales, y también zonas que no se incluyen como sitios prioritarios en este estudio, pudiendo demostrar una falta de actualización, debido a los cambios en las coberturas de uso de suelo.

El Santuario de la Naturaleza Alto Huemul se presenta como única área protegida dentro del sitio de estudio. Esta área solo abarca una porción de sitios prioritarios definidos en este estudio y de los sitios prioritarios ya definidos por el MMA.

IV. DISCUSIÓN

La Planificación Sistemática para la Conservación es una herramienta que permite realizar un análisis integrado y priorización espacial respecto a diferentes variables y actores, a través de una metodología adaptativa, ofreciendo resultados y oportunidades para la gestión territorial para la toma de decisiones (Kukkala & Moilanen, 2013). Esta integración posiciona el presente estudio como el primer trabajo que involucra la biodiversidad presente y servicios ecosistémicos para priorizar áreas de alto valor ecológico en la Provincia de Colchagua, utilizando un método de consulta y ratificación.

En la región de O'Higgins, y a nivel nacional, ya se han definido Sitios Prioritarios para la Conservación, tanto como parte de la Ley 19.300, como por parte de la Estrategia Regional de Biodiversidad, en que no se ha integrado la consulta y valoración por parte de actores locales sobre el uso del territorio y su relación e interacción con los ecosistemas naturales (Ley 19.300 y ERB). En el caso de esta investigación se realizaron esfuerzos por integrar la visión y conocimiento de los principales gestores de las áreas verdes y naturales de las comunas: los encargados de Medio Ambiente de las municipalidades de las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando. La selección de los actores no incluye de forma integrada la participación de actores sociales del territorio, comunidades, profesionales o instituciones encargados/das de las

áreas protegidas de la región como lo es CONAF, o a privados, existiendo un vacío de vinculación en ese ámbito. Por esta razón, se desconoce en detalle la relación de las comunidades aledañas a los ecosistemas naturales y sitios prioritarios, en cuanto a la cosmovisión y uso (Burkhard et al., 2014). También, no se encuentra en completa representación la visión y conocimientos de todos los actores (representantes de las municipalidades) de las comunas involucradas, debido al tiempo y disponibilidad de los mismos y de esta investigación.

En cuanto a la biodiversidad, existe información limitada acerca de las especies presentes y su distribución, al igual que de puntos de presencia representativos (Serey et al., 2007). Hay una falta de información disponible sobre las líneas base levantadas por propietarios de predios agrícolas, de las áreas protegidas presentes, de Instituciones y Centros de Educación, ONG, o fundaciones y organizaciones. Así como también existen vacíos importantes en cuanto a la investigación y estudios sobre los procesos y funciones de los ecosistemas del área de estudio, y como estas se relacionan con los servicios ecosistémicos (GORE, 2011; MMA, 2017).

A pesar de que se realizó una selección detallada y cuidadosa de criterios para el análisis de la biodiversidad, y se abordan aquellos más relevantes para el contexto local, existen presiones importantes en el territorio difíciles de

espacializar como lo son la ganadería y el libre pastoreo, el libre tránsito de animales domésticos, perros y gatos; el turismo desregulado y también el ingreso de motocicletas a los ecosistemas naturales a realizar actividades de recreación (Brooks et al., 2006). Otra amenaza y disturbio no involucrado fueron los incendios forestales, siempre latentes y presentes en el territorio.

Asimismo, otra amenaza constante y cada vez más perceptible es el cambio climático. Chile es parte de los países especialmente vulnerables al cambio climático por cumplir siete de las nueve características de vulnerabilidad siendo la zona central de clima mediterráneo una de las más susceptibles (MMA, 2017). De hecho, en los años 2019-2020 surgió un fenómeno de desecamiento y mortalidad de bosque principalmente esclerófilo y caducifolio debido a la sequía extrema y mantenida en el tiempo. La conservación de los ecosistemas contribuye a enfrentar el cambio climático, por lo que es esencial tener en cuenta este factor y las coberturas que ayudan a mitigarlo y enfrentarlo (MMA, 2017).

Sobre la economía local y el enfoque productivo, el área de estudio se posiciona como una potencia nacional en cuanto a la producción frutícola y vitivinícola de exportación (GORE, 2011). En este sentido, los predios y áreas prioritarias para la conservación se encuentran en gran mayoría en propiedad de estos productores. En cerros y áreas que concentran ecosistemas naturales viñedos han levantado información de la biodiversidad presente, con el fin de obtener

certificaciones y reconocimientos nacionales e internacionales, y para sustentar la biodiversidad como un atractivo turístico. Existe un gran desafío de lograr el desarrollo de las actividades productivas, sin menoscabar la biodiversidad que las sustenta (MMA, 2017) por lo que es clave la inserción o integración de los objetivos de biodiversidad en sectores productivos y un flujo de información de propietarios privados a públicos y viceversa.

Los resultados obtenidos de la identificación de sitios prioritarios para la conservación se sitúan como una herramienta de gestión territorial fundamental para la protección y conservación de la biodiversidad, así como de los servicios ecosistémicos que proveen estas áreas. Existe una congruencia espacial de las áreas de provisión de servicios con las áreas de alto valor de biodiversidad, lo que sugiere que existen oportunidades para utilizar los servicios ecosistémicos como un argumento relevante para la conservación de la biodiversidad, (Rodríguez-Echeverry et al., 2017).

Los sitios prioritarios resultantes muestran similitudes, como lo son la presencia de una cobertura más densa, una topografía con mayor pendiente, siendo de difícil acceso; lugares de propiedad privada, y que no cuentan con un grado formal de conservación. También, son zonas que no se encuentran representados en las áreas protegidas de la región, existiendo brechas de representatividad tanto en el tipo de ecosistema protegido, como en la ubicación

geográfica de protección, ya que, los sitios prioritarios no concuerdan y no están relacionados espacialmente al Santuario de la Naturaleza Alto Huemul, la única área protegida dentro de la provincia de Colchagua y del área de estudio.

Para llegar y lograr la conservación de estos sitios es necesario un análisis a múltiples escalas, especialmente un análisis a escala de sitio de cada parche, con objetivos específicos de acuerdo al contexto (Margules & Pressey, 2000).

Los municipios tendrán un papel fundamental, en conjunto con los propietarios de los sitios, en impulsar la conservación de los sitios prioritarios, pudiendo guiarse por planes como la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (2017-2030), o los Planes de Descontaminación Atmosférica. Herramientas e instrumentos mayormente presentes en el área de estudio, y que se deberán incluir en los nuevos y actualizados Planes de Desarrollo Comunales e Intercomunales.

Además, iniciativas y proyectos como el de “Conservación y restauración de las especies amenazadas de *Nothofagus* de América del Sur”, llevado a cabo por varias instituciones nacionales e internacionales, pueden contribuir a dar mayor visibilidad a la biodiversidad presente y a crear “alianzas por la conservación”, debido a la presencia de *Nothofagus macrocarpa*, y *N. glauca* en los sitios prioritarios.

V. CONCLUSIONES

La priorización espacial basada en el alto valor ecológico de las áreas es un enfoque crucial para conservar y proteger los ecosistemas naturales. Este proceso implica un análisis multicriterio, la incorporación de conocimientos locales y expertos, y la utilización de herramientas como escalas y zonificaciones para asegurar una gestión territorial efectiva y sostenible.

La identificación de sitios prioritarios para la conservación en las comunas de Palmilla Santa Cruz, Nancagua, Placilla y San Fernando demostró que existen similitudes en cuanto a los sitios prioritarios ya definidos por la Estrategia Nacional de Biodiversidad y la ley 19.300 sobre las bases del medio ambiente.

La integración de los servicios ecosistémicos y consulta a actores sienta las bases sobre lo que podría realizarse para un estudio más detallado sobre las reales interacciones de las comunidades y la ciudadanía con los ecosistemas naturales. La integración de los servicios ecosistémicos en la planificación para la conservación tiene un alto potencial para proveer oportunidades para la protección de la biodiversidad.

El análisis espacial realizado resalta las brechas que existen en cuanto a la representatividad de los ecosistemas en las áreas protegidas, y como, en la futura

decisión de integración y creación de nuevas áreas protegidas y designación de sitios para la conservación debieran de considerarse estudios como el presente.

VI. GLOSARIO

Área de valor de biodiversidad (AVB): región o zona que tiene una importancia significativa para la conservación de la biodiversidad.

Área de provisión de servicios ecosistémicos: región o espacio natural que desempeña un papel fundamental en la generación y suministro de servicios ecosistémicos.

Área de alto valor ecológico (AVE): región o espacio natural que posee características excepcionales desde el punto de vista ecológico.

Biodiversidad: variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, 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, a todas las escalas y niveles.

Planificación sistemática de la conservación (PSC): enfoque estratégico que busca identificar y priorizar áreas y acciones para proteger la biodiversidad de manera eficiente y efectiva. Herramienta que permite realizar una planificación rigurosa y organizada, optimizando la asignación de recursos y facilitando la toma

de decisiones informada y con base científica para la conservación de los ecosistemas de forma sistemática.

Servicios ecosistémicos: son bienes y servicios que la humanidad obtiene de la naturaleza y a los que se asigna valor ecológico, económico y social.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Angelstam, P., Grodzynskyi, M., Andersson, K., Axelsson, R., Elbakidze, M., Khoroshev, A., . . . Naumov, V. (2013). Measurement, collaborative learning and research for sustainable use of ecosystem services: Landscape concepts and Europe as laboratory. *Ambio*, 42, 129-145.
- Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V., & Costello, M. J. (2017). Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 213, 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.007>
- Barbosa, O., Colson, D., Durán, A. P., Godoy, K., Jones, A., Jones, G., . . . Trippier, B. (2019). Informe de la JNCC No: 634.
- BCN. (2023). *Clima y vegetación de la Región del Libertador General B. O'Higgins*. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region6>
- Börgel, R. (1983). Geomorfología.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Da Fonseca, G. A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., . . . Rodrigues, A. S. (2006). Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313(5783), 58-61.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., & Müller, F. (2014). Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape online*, 34-34.
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping ecosystem services. *Advanced books*, 1, e12837.
- Candia, N. (2015). *Pequeño Atlas Ilustrado del Río Tinguiririca*. <https://www.federacionjuntas.cl/img/inicio/pdf4.pdf>

CBD. (1992). *Convention on Biological Diversity* (Convention on Biological Diversity, Issue).

CICES. (2023, 2023). *Structure of CICES*. <https://cices.eu/cices-structure/>

CIREN. (2021). *Recursos Naturales* <https://www.sitrural.cl/>

CMN. (2023). *Monumentos Naturales Región del Libertador Bernardo O'Higgins*. <https://www.monumentos.gob.cl/>

CNCA. (2017-2022). *Política Cultural Regional del Libertador General Bernardo O'Higgins*

CNM. (2023). *Monumentos Nacionales*. <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/santuarios-de-la-naturaleza/cerro-poqui>

CONAF. (2020). *Cifras oficiales y actualizadas proveniente del Catastro de los Recursos vegetacionales y Uso de la Tierra*.

CONAF. (2021). *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.pdf*.

CONAF. (2023a). *Parque Nacional Las Palmas de Cocalán*. <https://www.conaf.cl/parques/parque-nacional-las-palmas-de-cocalan/>

CONAF. (2023b). *Reserva Nacional Río de Los Cipreses*. <https://www.conaf.cl/?s=a®ion=ohiggins&parques=reserva-nacional-rio-los-cipreses>

CONAF. (2023c). *Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha*. <https://www.conaf.cl/parques/reserva-nacional-robleria-del-cobre-de-loncha/>

DGAC. (2023). *Dirección Meteorológica de Chile*. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/>

Di Minin, E., Veach, V., Lehtomäki, J., Montesino Pouzols, F., & Moilanen, A. (2014). A quick introduction to Zonation.

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

ENCCRV. (2017-2025). *Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales*. Gráfica Impresores Ltda

Espinoza, J. (2000). RUTA DEL VINO “VALLE DE COLCHAGUA” UN NUEVO PRODUCTO TURISTICO EN LA REGION DE O’ HIGGINS. *Gestión turística*(5), 31-38.

GORE. (2011). *Estrategia Regional de Desarrollo*.

Groves, C. (2003). *Drafting a conservation blueprint: a practitioner's guide to planning for biodiversity*. Island Press.

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. www.cices.eu

INE. (2020-2021). *VIII Censo Agropecuario y Forestal, año agrícola 2020 - 2021*.

IPBES. (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*.

Isbell, F., Balvanera, P., Mori, A. S., He, J. S., Bullock, J. M., Regmi, G. R., . . . Palmer, M. S. (2022). Expert perspectives on global biodiversity loss and

its drivers and impacts on people. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(2), 94-103. <https://doi.org/10.1002/fee.2536>

IUCN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org>

Jorquera-Jaramillo, C., Vega, J., Aburto, J., Martínez-Tillería, K., León, F., Pérez, M., . . . Squeo, F. (2012). Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista chilena de historia natural*, 85(3), 267-280.

Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 39(2), 277-289.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated.

Kukkala, A. S., & Moilanen, A. (2013). Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 88(2), 443-464. <https://doi.org/10.1111/brv.12008>

Loreau, M., Barbier, M., Filotas, E., Gravel, D., Isbell, F., Miller, S. J., . . . Dee, L. E. (2021). Biodiversity as insurance: from concept to measurement and application. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 96(5), 2333-2354. <https://doi.org/10.1111/brv.12756>

Loreau, M., & de Mazancourt, C. (2013). Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms. *Ecol Lett*, 16 Suppl 1, 106-115. <https://doi.org/10.1111/ele.12073>

Luebert, F., & Becerra, P. (1998). Representatividad vegetal del sistema nacional de áreas silvestres protegidas del Estado (SNASPE) en Chile. *Ambiente y Desarrollo*, 14(2), 62-69.

- Margules, C., & Pressey, R. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), 243-253.
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*, 536(7615), 143-145.
- Mendel, L., & Kirkpatrick, J. (2002). Historical progress of biodiversity conservation in the protected-area system of Tasmania, Australia. *Conservation Biology*, 16(6), 1520-1529.
- MMA. (2017). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030. In: Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA. (2022). *Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 17º Proceso de Clasificación RCE (actualizado a mayo de 2022)*.
- MMA. (2023). *Registro Nacional de Áreas Protegidas*. <https://areasprotegidas.mma.gob.cl/otras-designaciones/>
- Moilanen, A. (2007). Landscape zonation, benefit functions and target-based planning: unifying reserve selection strategies. *Biological Conservation*, 134(4), 571-579.
- Moilanen, A., Kujala, H., & Leathwick, J. R. (2009). The Zonation framework and software for conservation prioritization. *Spatial conservation prioritization*, 135, 196-210.
- Moreira-Muñoz, A. (2011). *Plant geography of Chile* (Vol. 10). Springer.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Pliscoff, P., Simonetti, J., & Asmussen, M. (2019). Protocolo para la evaluación del riesgo de colapso de los ecosistemas: Caso de estudio del bosque

espinoso (espinal) en la zona central de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*(73), 29-56.

Potschin, M., & Haines-Young, R. (2011). Ecosystem services. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 35(5), 575-594.
<https://doi.org/10.1177/0309133311423172>

Pressey, R., Humphries, C., Margules, C., Vane-Wright, R., & Williams, P. (1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 124-128.

Pressey, R., Possingham, H., & Margules, C. (1996). Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? *Biological Conservation*, 76(3), 259-267.

Raven, P. H., & Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), e2002548117.

Regan, H. M., Davis, F. W., Andelman, S. J., Widyanata, A., & Freese, M. (2006). Comprehensive criteria for biodiversity evaluation in conservation planning. *Biodiversity and Conservation*, 16(9), 2715-2728.
<https://doi.org/10.1007/s10531-006-9100-3>

ReservasNaturales. (2019). *Bosques del Tinguiririca*.
<https://reservasnaturales.cl/bosques-del-tinguiririca/>

Ricci, M. (2015). *Pequeño Atlas Ilustrado del Río Tinguiririca*

(Flora, Issue. <https://www.federacionjuntas.cl/img/inicio/pdf4.pdf>)
Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., Oyarzún, C., & Morales, L. (2017). Spatial congruence between biodiversity and ecosystem services in a forest landscape in southern Chile: basis for conservation planning. *Bosque*, 38(3), 495-506.

Saaty, T. (1980). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. Kobe, Japan,

Sala, O., Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., . . . Wall, D. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>

Scott, J. M., Davis, F. W., McGhie, R. G., Wright, R. G., Groves, C., & Estes, J. (2001). Nature reserves: Do they capture the full range of America's biological diversity? *Ecological applications*, 11(4), 999-1007.

SEA. (2023). *Proyectos sometidos al SEIA*. <https://sig.sea.gob.cl/mapadeproyectos/index.html>

Serey, I., Ricci, M., & Smith-Ramírez, C. (2007). Libro rojo de la Región de O'Higgins. *Corporación Nacional Forestal y Universidad de Chile*.

Sernageomin, S. (2003). Mapa Geológico de Chile: versión digital. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital*, 4.

SIMBIO. (2023). *Región "Libertador General Bernardo O'Higgins"*. <https://simbio.mma.gob.cl/DPA/DetailsRegion/6#ecosistemas>

Smith, R., Bennun, L., Brooks, T., Butchart, S., Cuttelod, A., Di-Marco, M., . . . Juffe-Bignoli, D. (2019). Synergies between the key biodiversity area and systematic conservation planning approaches. *Conservation Letters*, 12(1), e12625.

SNASPE. (2023). *Qué es el SNASPE?* <https://www.parquesnacionales.cl/que-es-el-snaspe/>

Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., & Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas.

- Tydecks, L., Jeschke, J. M., Wolf, M., Singer, G., & Tockner, K. (2018). Spatial and topical imbalances in biodiversity research. *PLoS One*, 13(7), e0199327. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199327>
- UNFCCC. (2023). ¿Qué significa adaptación al cambio climático y resiliencia al clima? <https://unfccc.int/es/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/que-significa-adaptacion-al-cambio-climatico-y-resiliencia-al-clima#Planes-nacionales-de-adaptaci%C3%B3n>
- Urrutia, R., & Mendoza, C. (2015). *Pequeño Atlas Ilustrado del Río Tinguiririca* <https://www.federacionjuntas.cl/img/inicio/pdf4.pdf>
- Venegas-González, A., Muñoz, A. A., Carpintero-Gibson, S., González-Reyes, A., Schneider, I., Gípolou-Zuñiga, T., . . . Roig, F. (2023). Sclerophyllous forest tree growth under the influence of a historic megadrought in the Mediterranean Ecoregion of Chile. *Ecosystems*, 26(2), 344-361.
- Wilson, E., Reaka-Kudla, L., & Wilson, E. O. (1997). *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. <http://www.nap.edu/catalog/4901.htm>
- Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and urban planning*, 125, 209-221.