



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO POR EL ESTABLECIMIENTO POTENCIAL DE LAS ESPECIES
EXÓTICAS INVASORAS MÁS DAÑINAS DEL MUNDO EN EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS
SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO (SNASPE).

Memoria para optar al título profesional de Geógrafo

DIEGO RICARDO ARTURO HEREDIA SGALLARIS

Profesor Guía: Dr. Alexis Vásquez Fuentes.

Santiago – Chile

2021

Agradecimientos

Primero que todo, quiero agradecer a mi familia por haberme apoyado, entendido y soportado en todo, en especial a mis padres por nunca dejar de animarme a hacer lo que me gusta y a la vez sermonearme cuando fue debido. A mis hermanos por hacer de la vida más entretenida y por siempre estar pendientes de todo el proceso. A mis abuelas que siempre estuvieron y siempre estarán. A mis hermanos del alma Fernando y Alex por ser siempre parte de todo.

A mi profesor guía Alexis no sólo por orientarme y aconsejarme a lo largo de este proceso, sino que también por presentarme un tema de investigación motivante y desafiante y por no perder la fe y en conjunto a Silvana, Ricardo y Mauricio por hacer de este proceso más ameno sobre todo durante la pandemia.

A toda la gente linda de geografía, especialmente a la Cata, el Goye, la Silvi, la Dana y la Ingrid, así como a la Cami, el JP, El Ricky, la Fran, el Nico y la Grace por siempre escuchar, por las risas y también por hacerme crecer como persona. A la gente de qyf; la Mila, el Juan, el Basti, la Maite, el Diego y la Tati que siempre tengo en el kokoro y que pese al tiempo y la distancia les siento igual de cerca. A mis amigas queridas Paula, Karina, Cami y Meza por estar y quererme. A la gente del discord, que no voy a enumerar porque es mucha, por estar siempre para jugar, reír, escuchar, ver monos chinos y ver streams de las holo durante toda la pandemia, sepan que fueron gran parte de mi colchón emocional durante la pandemia.

Resumen

El proceso de invasión biológica, si bien constituye un proceso natural hace milenios, ha ido en constante aumento durante las últimas décadas producto de diversos factores antrópicos como el aumento del comercio internacional o el cambio del uso de suelo, llegando a ser considerada como la segunda causa a nivel mundial de pérdida de la biodiversidad. Dado la capacidad que poseen las Especies Exóticas Invasoras (EEI) de generar cambios negativos en los ecosistemas de llegada es que son consideradas como una amenaza a nivel global. A nivel nacional se registra la presencia de 25 de las 100 EEI más dañinas del mundo y si bien existen estudios sobre los daños que generan algunas de estas especies dentro del territorio, existe un déficit de conocimiento con respecto al riesgo ecológico que representan para los ecosistemas incluso los protegidos por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE).

En esta investigación se evaluó el riesgo ecológico que representa el establecimiento potencial de 18 de las 100 EEI más dañinas del mundo en Chile continental y, específicamente, en el SNASPE. Para ello se realizó un índice de vulnerabilidad y se utilizó junto con el resultado del trabajo de Lira (2019) para calcular el riesgo y así poder identificar las áreas continentales y las unidades SNASPE con mayor riesgo.

Los resultados indican que las zonas norte y centro sur del país presentan un mayor nivel de vulnerabilidad según el índice calculado, mientras que las zonas centro y sur presentan un mayor nivel de riesgo ecológico al establecimiento potencial de las EEI destacando la región de Los Lagos. En relación con las unidades SNASPE, se presentan las 10 áreas silvestres protegidas con un mayor riesgo donde la mitad corresponden a Reservas Nacionales, cuatro son Parques Nacionales y una corresponde a un Monumento Natural, además 5 unidades presentan un riesgo muy alto en el total de su superficie.

Las unidades SNASPE que presentan un mayor nivel de riesgo ecológico producto del establecimiento potencial de EEI se concentran en la zona centro y centro sur del territorio nacional y, por lo tanto, son las que potencialmente se verían más afectadas por el proceso de invasión biológica.

Palabras claves: Especies exóticas invasoras, invasión biológica, conservación biológica, vulnerabilidad, riesgo ecológico, SNASPE.

Abstract

The process of biological invasion, although it has been a natural process for millennia, has been constantly increasing during the last decades as a result of various anthropic factors such as the increase in international trade or the change in land use, coming to be considered as the second global cause of loss of biodiversity. Given the ability of Invasive Alien Species (IAS) to generate negative changes in the arrival ecosystems, they are considered a global threat. At the national level, the presence of 25 of the 100 most harmful IAS in the world is recorded and although there are studies on the damage caused by some of these species within the territory, there is a deficit of knowledge regarding the ecological risk they pose to ecosystems even those protected by the National System of Protected Areas of the State (SNASPE).

This research evaluated the risk posed by the potential establishment of 18 of the 100 most harmful IAS in the world in continental Chile and, specifically, in the SNASPE. For this, a vulnerability index was carried out and with the result of the work of Lira (2019) was used to calculate the ecological risk and thus be able to identify the continental areas and the SNASPE units with the highest risk.

The results indicate that the northern and south-central areas of the country present a higher level of vulnerability according to the calculated index, while the central and southern areas present a higher level of ecological risk to the potential establishment of IAS, highlighting the Los Lagos region. In relation to the SNASPE units, the 10 protected wild areas with a higher ecological risk are presented, where half correspond to National Reserves, four are National Parks and one corresponds to a Natural Monument, in addition 5 units present a very high ecological risk in the total of its surface.

The SNASPE units that present a higher level of ecological risk as a result of the potential establishment of IAS are concentrated in the central and south-central areas of the national territory and, therefore, are those that would potentially be most affected by the biological invasion process.

Keywords: Invasive alien species, biological invasion, biological conservation, vulnerability, ecological risk, SNASPE.

ÍNDICE

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	7
1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	9
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ASUNTO	10
2.1 CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	10
2.1.1 <i>¿Qué es y cómo se realiza la conservación?</i>	10
2.1.2 <i>Conservación internacional y nacional</i>	10
2.2 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO (SNASPE)	12
2.3 INVASIONES BIOLÓGICAS	13
2.4 RIESGO ECOLÓGICO	14
2.4.1 <i>Las invasiones biológicas como amenazas</i>	14
2.4.2 <i>Vulnerabilidad ecológica</i>	15
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	16
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	16
3.2 RESUMEN METODOLÓGICO	18
3.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	18
3.3.1 <i>Determinación de variables</i>	18
3.3.2 <i>Cálculo de Vulnerabilidad</i>	22
3.4 CÁLCULO DEL RIESGO	23
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	24
4.1 RESULTADOS POR VARIABLE	24
4.2 VULNERABILIDAD ECOLÓGICA DEL SNASPE FRENTE AL ESTABLECIMIENTO POTENCIAL DE EEI	24
4.2.1 <i>Monumentos Naturales</i>	26
4.2.2 <i>Parques Nacionales</i>	26
4.2.3 <i>Reservas Nacionales</i>	26
4.3 RIESGO ECOLÓGICO DEL SNASPE FRENTE AL ESTABLECIMIENTO POTENCIAL DE EEI	28
4.3.1 <i>Monumentos Naturales</i>	28
4.3.2 <i>Parques Nacionales</i>	28
4.3.3 <i>Reservas Nacionales</i>	29
4.4 RANKING DEL RIESGO ECOLÓGICO DEL SNASPE FRENTE AL ESTABLECIMIENTO POTENCIAL DE EEI	29
CAPÍTULO 5: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	32

BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	38

Índice de Figuras

Figura N°1: Marco unificado para las invasiones biológicas.	13
Figura N°2: Mapa del área de estudio.....	17
Figura N°3: Esquema metodológico.....	20
Figura N°4: Mapa vulnerabilidad del snaspe.....	25
Figura N°5: Mapa del riesgo del snaspe.	31

Índice de tablas

Tabla N°1: Definiciones de las categorías de manejo snaspe.	12
Tabla N°2: Resumen de fuente de información y referencias de los factores utilizados.	19
Tabla N°3: Intervalos de clasificación de datos por variables.	22
Tabla N°4: Unidades del snaspe con muy alta vulnerabilidad según tipo.	27
Tabla N°5: Ranking de unidades del snaspe con mayor riesgo ecológico.....	29

Capítulo 1: Presentación

1.1 Introducción

Uno de los principales factores de amenaza para la biodiversidad mundial corresponde al proceso de invasión biológica, extendiendo sus efectos sobre la economía y la salud humana (Blackburn et al., 2011). Si bien las áreas protegidas tienen como función la protección de la biodiversidad, estas no dejan de estar expuestas a los invasores biológicos (Claussen & González, 2015) haciendo aún más difícil esta labor.

A nivel local no existen estudios que permitan determinar el nivel de daño potencial que tiene este proceso generando una incertidumbre a nivel nacional. Sin embargo, investigaciones como las de Cerda et al. (2017) o Lira (2019) pavimentan el camino hacia la generación de conocimiento al respecto, motivando además que el presente trabajo busque establecer el riesgo que generan 18 de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE).

El presente estudio tiene como finalidad evaluar el riesgo ecológico del SNASPE frente a las invasiones biológicas, específicamente de las 18 especies seleccionadas por Lira (2019), calculando el riesgo a partir de la amenaza descrita en dicho trabajo y construyendo un índice de vulnerabilidad a partir de variables seleccionadas.

Este trabajo se divide en 5 capítulos principales descritos a continuación:

El capítulo 1 presenta el contexto general de la problemática producida por las invasiones biológicas y los objetivos propuestos, definiendo la estructura a seguir.

El capítulo 2 abarca el estado del arte respecto a la conservación de la biodiversidad, ahonda en el proceso de invasión biológica y sus problemas a nivel mundial y en Chile y define los conceptos clave de la investigación.

El capítulo 3 presenta el planteamiento metodológico de la investigación, resumiendo los pasos realizados en un esquema y ahondando en el proceso de construcción del índice de vulnerabilidad y del cálculo del riesgo ecológico.

El capítulo 4 expone los resultados obtenidos, mostrando a través de cartografía la vulnerabilidad y el riesgo ecológicos y el ranking de las unidades SNASPE más riesgosas frente a las invasiones biológicas.

Por último, el capítulo 5 abarca las discusiones y conclusiones de la investigación.

1.2 Planteamiento del problema

Las invasiones biológicas (IB) corresponden a un proceso a través del cual especies exóticas invasoras (EEI), es decir, especies foráneas introducidas fuera de su distribución natural que amenazan la diversidad biológica original (MMA, 2020), llegan, se establecen y se expanden en un área externa a la de su origen (Vilà et al., 2008) y si bien es un proceso que lleva milenios ocurriendo los actuales procesos antrópicos de globalización han facilitado y acelerado este proceso (Quiroz et al., 2009).

El proceso de invasión produce daños a nivel global y es considerada la segunda mayor amenaza para la biodiversidad a nivel mundial (Badii et al., 2015), cambiando tanto las condiciones biofísicas en el ecosistema de llegada como la disponibilidad de nutrientes o el régimen de incendios, además, de alterar directamente las comunidades nativas presentes, llegando incluso a producir la extinción de estas (Mack et al., 2000; Carvallo, 2009). A su vez, las IB generan grandes pérdidas económicas en todo el mundo, llegando a superar los USD \$314 mil millones anuales sólo en los Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Sudáfrica, India y Brasil (Pimentel et al., 2001).

A nivel mundial las áreas protegidas son una de las principales herramientas de conservación de la biodiversidad, sin embargo, tienen diversas amenazas (Watson et al., 2014). En Chile, los esfuerzos de conservación públicos están actualmente enfocados en las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado y si bien concentran el 96% de las áreas protegidas a nivel nacional, estas no son representativas de todos los ecosistemas (Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2011).

Chile no queda ajeno a los procesos de invasión y según el estudio de Cerda et al. (2017) siete especies exóticas producen pérdidas por USD \$87 millones al año, lo que podría aumentar a 2.000 millones al 2027 si no se toman acciones al respecto. En específico, en el país se han naturalizado 25 de las 100 especies más dañinas del mundo (Lowe et al., 2004). Si bien, desde 1991 al 2009 ha existido un sostenido aumento en los estudios de las IB en el país, estos están principalmente concentrados en el efecto particular sobre una especie y no sobre su ecosistema, además, existe un déficit en el estudio de los mecanismos o factores que permiten o facilitan el proceso de invasión (Quiroz et al., 2009).

El riesgo ecológico estudia tanto la amenaza, entendida como la probabilidad de ocurrencia de perturbaciones, como los factores intrínsecos que facilitan el daño a un individuo, comunidad o ecosistema producto de estas amenazas (De Lange et al., 2010). Para el caso chileno no existen estudios específicos de vulnerabilidad ecológica en ecosistemas terrestres, sin embargo, sí se han realizado aproximaciones por la introducción de especies exóticas (Pérez et al., 2004; Cerda et al. 2017) y por efectos futuros derivados del cambio climático (Contreras-López et al., 2018; Pontificia Universidad de Chile, 2017).

En este contexto, se hace necesario (1) el estudio de la vulnerabilidad ecológica asociado a las invasiones biológicas en Chile. Además, considerando la importancia del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado en la conservación de la biodiversidad nacional, es relevante preguntarse (2) ¿Cuál es riesgo asociado al establecimiento potencial de las EEI seleccionadas sobre el SNASPE?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el riesgo ecológico al establecimiento de especies exóticas invasoras en las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la vulnerabilidad ecológica de las áreas pertenecientes al SNASPE.
2. Determinar el riesgo ecológico de las áreas pertenecientes al SNASPE.
3. Establecer un ranking de las áreas pertenecientes al SNASPE según los niveles de riesgo.

Capítulo 2: Estado del asunto

2.1 Conservación de la biodiversidad

2.1.1 ¿Qué es y cómo se realiza la conservación?

A partir de la realización de la Cumbre Mundial del Medio Ambiente de Río de Janeiro en 1992, la conservación biológica ha sido una materia de interés internacional, comprometiéndose a los países firmantes a aumentar los esfuerzos para conservar la biodiversidad dentro de sus territorios (Jorquera-Jaramillo et al., 2012).

Dentro de este marco, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define la conservación biológica como la mantención a través del tiempo de las condiciones de la biodiversidad en un territorio, entendiendo a esta como:

“la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y 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.” (CDB, 1992, p. 3)

Existen dos métodos de conservación principales; la “Conservación ex situ” que corresponde a la conservación de componentes biológicos que se realiza fuera de sus hábitats originarios y la “Conservación in situ” que contempla tanto la conservación de especies y sus ecosistemas como la recuperación de poblaciones viables en sus entornos naturales (CDB, 1992).

Dentro de las formas de “conservación in situ”, las áreas protegidas son la piedra angular de la gran mayoría de estrategias e iniciativas de conservación tanto a nivel nacional como internacional, estas incluyen una amplia gama de delimitaciones territoriales marinas, de aguas continentales o terrestres definidas a partir de prioridades de conservación como los ecosistemas en peligro de conservación o la concentración de especies endémicas (IUCN, 2008; Pezoa, 2001).

2.1.2 Conservación internacional y nacional

A nivel internacional existen diversos organismos relacionados a la conservación de la biodiversidad. Uno de ellos corresponde a la “Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza” (UICN). Creada en 1948 ha impulsado y apoyado diversas iniciativas de conservación reuniendo a una gran cantidad de actores gubernamentales y no gubernamentales, creando entre otros, los sistemas de manejo y planificación de áreas protegidas y las listas rojas de especies y ecosistemas amenazados (UICN, 2020). El “World Wildlife Fund” (WWF) es una organización no gubernamental fundada en 1961 para la conservación de la naturaleza a través del financiamiento de proyectos enfocados en proteger ecosistemas marinos y de agua dulce, detener el cambio climático y la deforestación y salvar especies amenazadas (WWF, 2020).

El “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (PNUMA) creado en 1973 bajo el alero de las Naciones Unidas (UN) promueve la implementación de la dimensión ambiental y del desarrollo sostenible en el sistema de la UN, analizando la situación ambiental dentro de los países y realizando capacitaciones y promoviendo iniciativas locales (PNUMA, 2020).

A partir de la realización de la Cumbre Mundial del Medio Ambiente de Río de Janeiro en 1992, la conservación biológica ha sido una materia de interés internacional, comprometiendo a los países firmantes a aumentar los esfuerzos para conservar la biodiversidad dentro de sus territorios firmando y ratificando una serie de convenios internacionales (Jorquera-Jaramillo et al., 2012).

En particular, Chile se ha suscrito al “Convenio sobre humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas” (RAMSAR) en el año 1971 que procura que se reconozca la importancia ecológica y los valores que los humedales otorgan al medioambiente y a la sociedad (MMA, 2020). En la actualidad, Chile posee 13 sitios RAMSAR abarcando un total de 361.711 ha (Carrasco-Lagos et al., 2015).

También ha ratificado el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) el año 1994 y, a partir de ello, implementado una serie de medidas a escala local y nacional para la conservación de la biodiversidad como la creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Ley de Bases del Medio Ambiente el mismo año (Jorquera-Jaramillo et al., 2012).

Esto adquiere mayor importancia al considerar las condiciones biogeográficas del país, el que posee 2 ecosistemas dentro de los 35 “hotspots” mundiales de biodiversidad; el primero correspondiente al Bosque Valdiviano en la zona centro-sur y el segundo el denominado Los Andes Tropicales junto con Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina (MMA, 2019; Tejedor Garavito et al., 2012).

La “Ley de Bosques” (D.S. 4.363) y la Ley sobre fomento forestal (D.L. 701) constituyen el principal marco sobre flora, sin embargo, ambos están más enfocados en fomentar la actividad forestal que en proteger (Espinoza & Arqueros, 2003).

En cuanto a fauna, los dos principales instrumentos que la regulan en Chile corresponden a la “Ley de Caza” (N°4.061) y la “Ley General de Pesca y Agricultura” (N°18.92) los que se enfocan en controlar la explotación de los recursos marinos. Es destacable el hecho de que las reservas marinas son administradas por el “Servicio Nacional de Pesca” (SERNAPESCA) (SERNAPESCA, 2020).

No obstante, la pérdida de la biodiversidad constituye uno de los principales problemas a nivel mundial siendo sus principales factores el cambio de uso de suelo, la presencia de especies invasoras, la contaminación ambiental, el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos naturales y el aumento de las poblaciones humanas (Badii et al., 2015). En Chile las amenazas más importantes en el territorio nacional corresponden a la pérdida, degradación y fragmentación de los ecosistemas derivados de los cambios de uso de suelo e intensificación de las actividades productivas (Jorquera-Jaramillo et al., 2012 & MMA, 2019) situación que también afecta a las zonas protegidas del país presentes en el SNASPE.

2.2 Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

En cuanto a los medios a través de los cuales Chile realiza conservación biológica, destaca la delimitación de áreas protegidas, lo que corresponden, además, al modelo más clásico de conservación (Pezoa, 2001). Desde la creación de la Reserva Forestal Malleco en 1907 se han establecido 105 unidades de protección de la biodiversidad agrupadas desde el año 1984 en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres protegidas del Estado (SNASPE) distribuyéndose en 4 categorías de manejo: Parque Nacional (41), Reserva Nacional (46), Monumento Natural (18), Reserva de Regiones Vírgenes (0) (CONAF, 2019). La tabla a continuación presenta las definiciones de las categorías de manejo actualmente en uso dentro del territorio nacional – no se contempla la Reserva de Regiones Vírgenes puesto que no existe ninguna unidad dentro de esta categoría – (Ver tabla N°1).

Tabla N°1. Definiciones de las categorías de manejo SNASPE.

Categorías de manejo	Definición
Reserva de Región Virgen (RRV).	Corresponde a un área donde existen condiciones primitivas naturales de flora, fauna, vivienda y comunicaciones, con ausencia de caminos para el tráfico de vehículos motorizados, y vedada a toda explotación comercial. En Chile, no se ha creado ninguna unidad de esta categoría.
Parque Nacional (PN)	Área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país, no alterados significativamente por la acción humana, capaces de autoperpetuarse, y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo.
Monumento Natural (MN)	Área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico.
Reserva Nacional (RN)	Área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado, por la susceptibilidad de éstos a sufrir degradación o por su importancia relevante en el resguardo del bienestar de la comunidad.

Fuente: Lira (2019).

El SNASPE depende directamente del estado a través del Ministerio de Agricultura y es administrado actualmente por CONAF, agrupa aproximadamente el 96% de la superficie protegida del país lo que corresponde a poco más de 14 millones de hectáreas (18%) en Chile continental y si bien esto supera y casi duplica la meta del 10% establecida por el CDB, existe una sobre representación de los ecosistemas de la zona austral (80%) dejando a los ecosistemas mediterráneo y de bosques húmedos que conforman el hotspot de biodiversidad Chile Central con sólo un 8% de representación dentro del sistema (MMA, 2011).

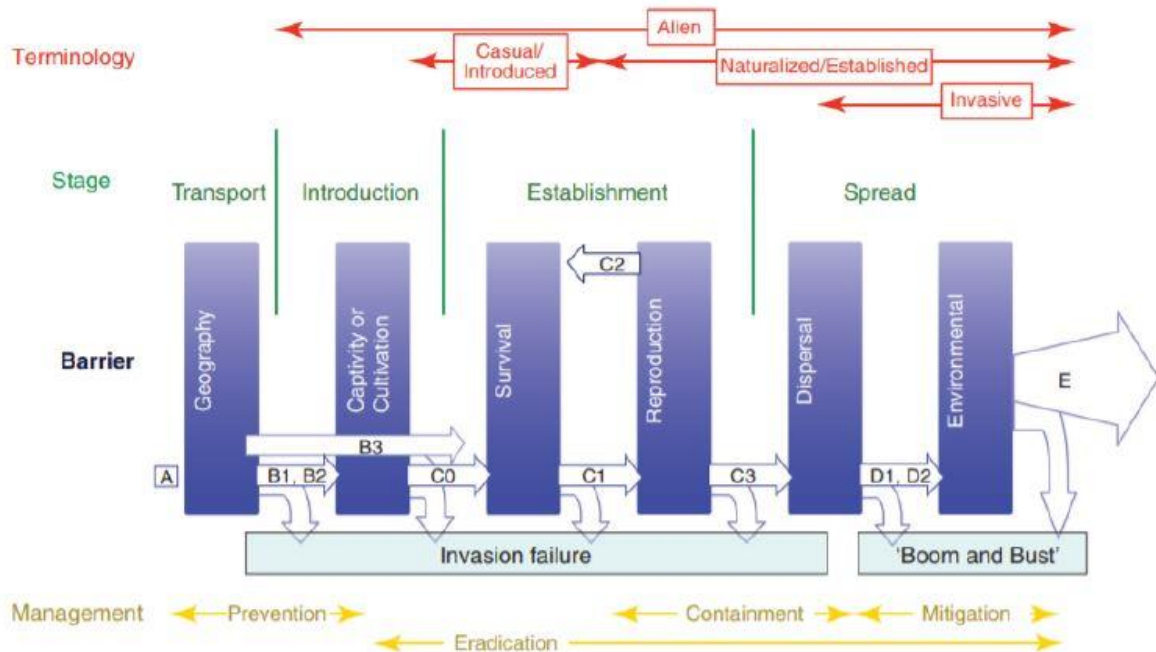
2.3 Invasiones biológicas

El proceso de invasión biológica se define como la introducción, voluntaria o involuntaria, de una especie exótica (EE.EE.) que es capaz de asentarse, reproducirse y expandirse fuera de su distribución nativa (Carvalho, 2009; Vilà et al., 2008). En el último tiempo el estudio de la introducción de EE.EE. ha cobrado cada vez mayor importancia dado que constituye el segundo mayor factor de disminución de la biodiversidad a nivel mundial (Carvalho, 2009; Badii et al., 2015) produciendo cambios en los regímenes de incendio, disponibilidad de nutrientes y llegando incluso a producir la extinción de una especie nativa (Mack et al., 2000).

No obstante, no toda especie exótica es invasora ya que se requiere que se cumplan ciertas características y condiciones desde su introducción para que se genere un establecimiento efectivo, esto es, superar barreras de supervivencia, reproductivas y de dispersión (Richardson et al., 2000; Blackburn et al., 2011).

El marco unificado de Blackburn et al. (2011) (ver figura n° 1) se logra a través de la unión de elementos presentes en Williamson & Griffiths (1996) y Richardson et al. (2000), y establece que el proceso de invasión se puede dividir en una serie de etapas (transporte, introducción, establecimiento y dispersión) y que en cada una de ellas existen barreras (geográficas, cautiverio o cultivación, supervivencia, reproducción, dispersión y medioambientales) que deben ser atravesadas para pasar a la siguiente etapa, de este modo si una especie o población no logra superar las barreras la invasión fracasa. Una especie se considera invasiva sólo si logra superar la barrera de dispersión. Además, se asocian distintas formas de acción y control de estas especies para las distintas etapas del proceso.

Figura n°1: Marco unificado para las invasiones biológicas.



Fuente: Blackburn et al. (2011).

En Chile, ha existido un sostenido aumento en el estudio de las IB, sin embargo, estos están principalmente concentrados en el efecto sobre especies puntuales y no sobre sus ecosistemas (Quiroz et al., 2009). Esto cobra mayor importancia si se tiene en cuenta que según el Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile (MMA, 2019) se estima la presencia de EE.EE. en alrededor de 1100 y que, además, 25 de las 100 especies más dañinas del mundo se encuentran naturalizadas dentro de nuestro territorio (Lowe et al., 2004). En cuanto a los daños producidos por ellas, se estima que al 2027 se perderían USD \$2.000 millones al año sólo producto de 7 EEI (Cerdeira et al., 2017).

2.4 Riesgo ecológico

El riesgo se define como la probabilidad de que se produzca un efecto adverso como resultado de la interacción de una o más amenazas y de las condiciones de vulnerabilidad (ONEMI, 2016). En el contexto de la ecología, se definen riesgos para los ecosistemas de origen antrópicos o naturales, dentro de los cuales se puede considerar a las invasiones biológicas por los efectos negativos que producen en el área de llegada (Carvallo, 2009). El riesgo ecológico constituye una aproximación de la evaluación de la degradación de un ecosistema por lo que un mayor riesgo ecológico significa una mayor probabilidad de que se generen problemas ecológicos como la degradación del suelo o la pérdida de la biodiversidad (Yu et al., 2020).

En Chile, el análisis del riesgo se centra en los efectos producidos sobre la población humana expresados fundamentalmente en la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, mientras que los análisis realizados sobre los ecosistemas corresponden principalmente a la determinación de las amenazas presentes sobre estos. Quizás el estudio más cercano en esta temática corresponde al llevado a cabo por Pliscoff (2015) que evalúa el riesgo ecosistémico en Chile según los criterios dispuestos por la UICN registrando 8 ecosistemas en peligro crítico.

Finalmente, si bien existen estudios que determinan la presencia de invasores como una amenaza para los ecosistemas terrestres en el país, estos no calculan un riesgo ecológico a partir de ellos.

2.4.1 Las invasiones biológicas como amenazas

Dentro de la evaluación del riesgo, la amenaza se define como la probabilidad de la ocurrencia de un evento potencialmente perjudicial que puede, entre otras cosas, causar daños sociales, económicos o ambientales (ONEMI, 2016).

Autores como Mack (2000), Stohlgren & Schnase (2006) Blackburn et al. (2011) y Early et al. (2016) consideran las invasiones biológicas como amenazas puesto que cumplen con las condiciones de generar daños potenciales en los ecosistemas de llegada y que tienen mayor o menor probabilidad de ocurrencia. En particular, el 17% del área terrestre global se encuentra amenazada por las invasiones biológicas (Early et al., 2016)

Para la presente investigación, la amenaza será considerada como el establecimiento potencial de 18 (ver anexo n°1) de las 25 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo presentes en Chile según lo evaluado por Lira (2019).

2.4.2 Vulnerabilidad ecológica

En el contexto de la ecología, la vulnerabilidad es un concepto que se define como el estado de susceptibilidad al daño producto de perturbaciones o estresores externos, es decir, la probabilidad de que se produzcan efectos adversos a nivel de individuos, comunidades, ecosistemas o incluso paisaje (De Lange et al., 2010; Cinner et al., 2013).

Tanto la definición como la evaluación de la vulnerabilidad de un ecosistema es una tarea compleja que requiere información acerca de: la probabilidad de la exposición del ecosistema, la estructura y funcionalidad de la o las comunidades, sensibilidad de la comunidad, vulnerabilidad del hábitat y la capacidad de recuperación del ecosistema. En el último tiempo, y en concordancia con el incremento del uso de la evaluación del riesgo ecológico para el manejo y la toma de decisiones políticas, se han incorporado características socioeconómicas como el valor natural, la pertenencia a áreas protegidas o porcentaje de endemismo, o el valor socioeconómico asociado, es decir, la evaluación de los servicios ecosistémicos del área en cuestión (De Lange et al., 2010).

En cuanto a la forma de evaluar la vulnerabilidad ecológica, se pueden encontrar indicadores de vulnerabilidad asociados a ecosistemas marinos y terrestres y que incorporan o no factores socioeconómicos en su evaluación. Sin embargo, la mayoría de los indicadores fueron diseñados para evaluar la vulnerabilidad frente a contaminantes específicos en áreas pequeñas y los que incorporan variables socioeconómicas si bien trabajan a una mayor escala, apuntan más a la evaluación de riesgo frente al cambio climático o el cambio de uso de suelo (De Lange et al., 2010).

Trabajos como los de Penghua et al. (2007), Song et al. (2010), Zhang et al. (2016) y Hong et al. (2016) utilizan distintos indicadores para evaluar la vulnerabilidad ecológica frente a estresores antrópicos a escala regional a través del análisis multicriterio evaluando factores biofísicos del área de estudio como la cobertura vegetal, la pendiente o factores climáticos y factores socioeconómicos como la densidad poblacional, la presencia de industrias potencialmente contaminantes y el uso de suelo; resultando en mapas de categorías de vulnerabilidad.

Con respecto a la vulnerabilidad de un ecosistema frente a invasiones biológicas, trabajos como los de Vicente et al. (2013) y Bazzichetto et al. (2018) modelan la vulnerabilidad de un ecosistema a sufrir invasiones de especies de plantas exóticas utilizando factores biofísicos, de presencia en otras zonas de condiciones similares, climáticos y de presión antrópica para determinar zonas de mayor o menor vulnerabilidad a la invasión.

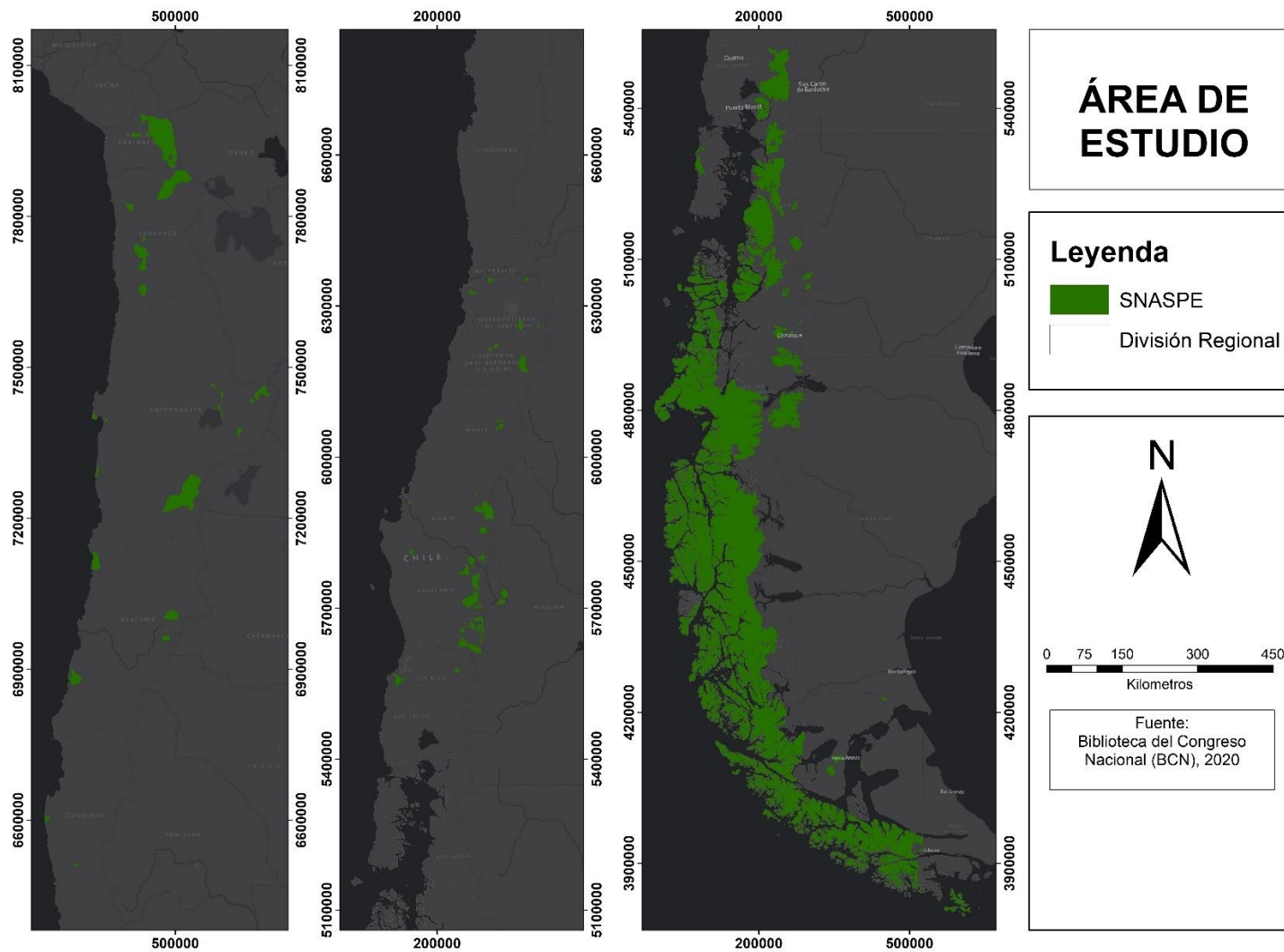
Capítulo 3: Planteamiento metodológico

3.1 Área de estudio.

El área de estudio corresponde a la totalidad de las áreas pertenecientes al SNASPE considerando sólo los MN, RN y PN puesto que la categoría de RRV no presenta ninguna unidad creada a la fecha, dando como resultado 100 unidades a evaluar dentro de Chile continental, el cual posee un área de 756.096 km² que se extiende entre los 17°30' y los 56°30', alcanzando un largo cercano a los 4409 km. Chile limita al norte con Perú, al noreste con Bolivia y al este con Argentina, mientras que al oeste con el Océano Pacífico y al sur con el Polo Sur (BCN, 2020) (ver figura N°2).

El territorio nacional puede dividirse en tres macro regiones (ver figura n°2) a partir de los trabajos de Luebert & Pliscoff (2006) y de Trivelli (2014), facilitando la clasificación y el análisis de los resultados a nivel país; la macro región norte se extiende desde la XV Región de Arica y Parinacota hasta la IV Región de Coquimbo, la macro región centro desde la V Región de Valparaíso hasta la XIV Región de Los Ríos y la macro región sur desde la X Región de Los Lagos hasta la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Figura N°2: Mapa del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia. (2020).

3.2 Resumen metodológico.

A continuación (ver figura n°3) se resume la metodología utilizada en un esquema que da cuenta de 2 etapas generales; el primero corresponde al cálculo de la vulnerabilidad y el segundo al cálculo del riesgo. La primera a su vez está dividida en la creación de un índice de vulnerabilidad y la aplicación de este en el área de estudio.

3.3 Índice de vulnerabilidad.

El índice de vulnerabilidad fue construido basándose en el marco unificado de Blackburn et al. (2011), utilizando 4 macro factores que determinan el establecimiento de las EEI; Introducción, Transporte, Establecimiento y Dispersión, sin embargo, los primeros 2 fueron unidos para simplificar el cálculo del índice. Una vez obtenidas las variables, se procede al tratamiento de estas por separado en el software ArcGis para finalmente realizar un análisis multicriterio que determina la Vulnerabilidad de las áreas del SNASPE al establecimiento potencial de EEI.

3.3.1 Determinación de variables.

Para determinar la información necesaria en cada etapa se utilizó como base los trabajos de Penghua et al. (2007), Song et al. (2010), Zhang et al. (2016) y Hong et al. (2016), Vicente et al. (2013) y Bazzichetto et al. (2018) que utilizan las variables de “Cercanía a vías principales” y “Cercanía a centros poblados” donde se explica que ambas variables posibilitan y facilitan el flujo de las especies hacia las áreas protegidas. Para estos factores se utilizó la información espacial obtenida de la biblioteca de mapas vectoriales de la BCN considerando la cercanía como la distancia lineal entre el perímetro de las áreas protegidas y los factores estudiados.

La elección de las variables de “Rutas interiores”, “Cursos hídricos” y “Tamaño del área” se basó en los trabajos de Maiorano, Falucci & Boitani (2008), Foxcroft et al. (2010) y Liedtke et al. (2020), en el caso de las primeras dos variables mencionadas, estas facilitan el desplazamiento de las EEI dentro del área protegida, mientras que la variable “Tamaño del área” es considerada como atenuante del proceso de invasión por lo que un mayor tamaño implica una menor vulnerabilidad. Para los cursos hídricos presentes dentro del parque y el tamaño del área se utilizó información proveniente de la BCN y las rutas interiores a partir del mapa vectorial de la red vial nacional presente en la BCN y de plataformas de registro de rutas y senderos, específicamente la información proveniente de las plataformas de uso gratuito Wikiexplora y AndesHandBook. Finalmente, el tamaño del área se obtuvo a partir del archivo en formato shape de las áreas SNASPE de la BCN utilizando el cálculo de geometría en el software ArcGis.

El “Número de visitantes” y el “Número de guardaparques” fueron escogidos como variables a partir del trabajo de Carvallo (2009) y la descripción de funciones del guardaparques de CONAF (2020) respectivamente. La primera variable se seleccionó como tal dado que el número de visitantes se

asocia a la introducción de EEI dentro del área, mientras que la segunda variable se considera un atenuante del proceso de invasión puesto que una de las funciones de los guardaparques es justamente la identificación y control de invasores. La obtención del número de visitantes se hizo a través de las estadísticas de visitación al SNASPE y el número de guardaparques por área a través de una solicitud formal de transparencia directamente con CONAF.

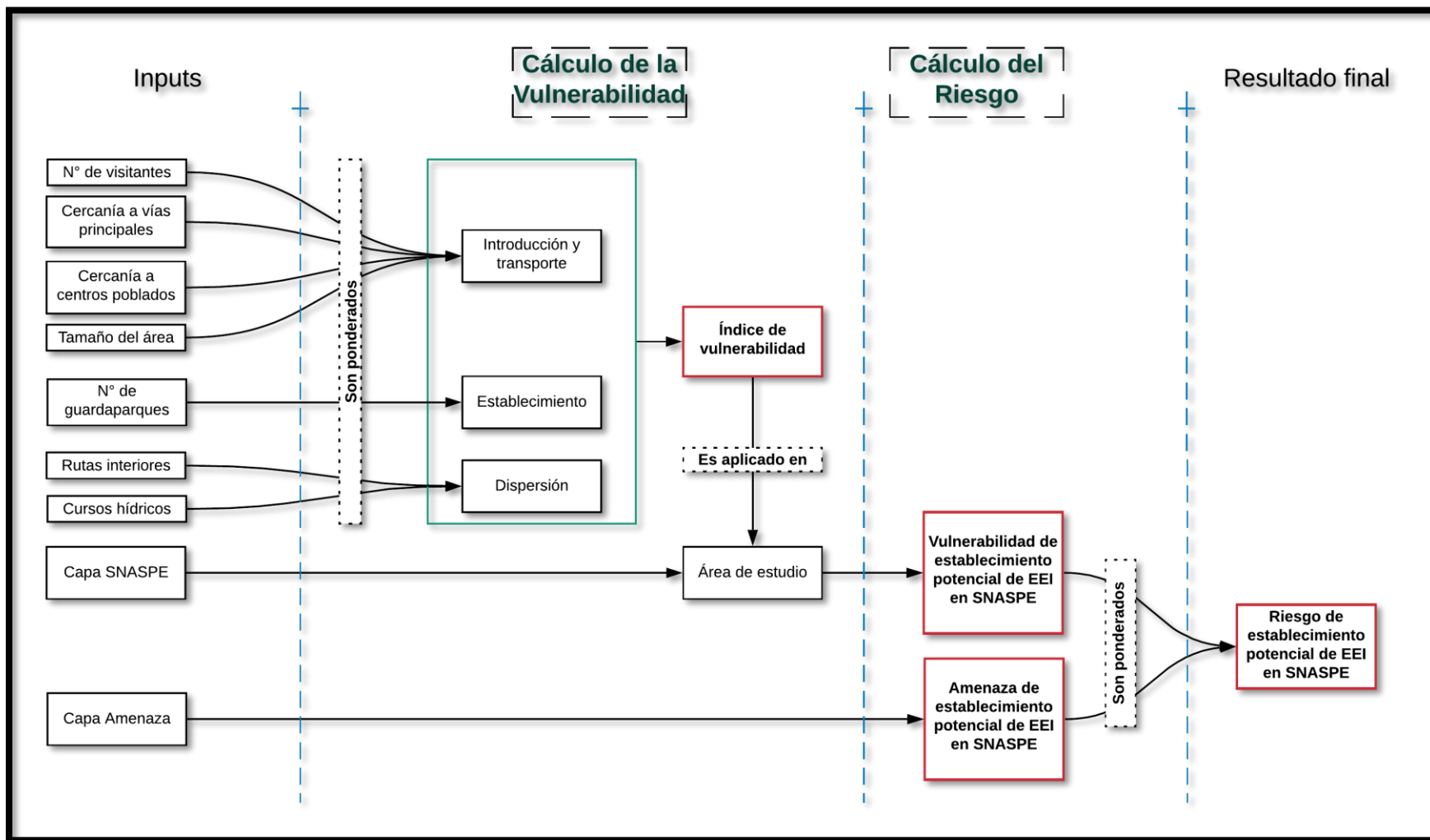
La siguiente tabla resume las variables, la fuente de información y sus referencias bibliográficas (ver tabla N°2):

Tabla N°2: resumen de fuente de información y referencias de los factores utilizados.

Factores		Fuente de información	Referencia
Introducción y Transporte	Cercanía a vías principales (CVP)	BCN	Penghua et al. (2007), Song et al. (2010), Zhang et al. (2016) y Hong et al. (2016), Vicente et al. (2013) y Bazzichetto et al. (2018) Carvallo (2009) Maiorano, Falcucci & Boitani (2008), Foxcroft et al. (2010) y Liedtke et al. (2020)
	Cercanía a centros poblados (CCP)	BCN	
	Número de visitantes (NV)	CONAF	
	Tamaño del área (T))	BCN	
Establecimiento	Número de guardaparques (NG)	CONAF	CONAF (2020)
Dispersión	Rutas interiores (RI)	Wikiexplora AndesHandBook	Foxcroft et al. (2010) y Liedtke et al. (2020)
	Cursos hídricos (CH)	BCN BCN	

Fuente: Elaboración propia (2021).

Figura N°3: Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración propia (2021).

Cada una de estas variables es introducida al software ArcGis 10.4 para luego utilizar el método de análisis multicriterio (Penghua et al., 2007, Song et al., 2010, Zhang et al., 2016 y Hong et al., 2016), y asignando una ponderación igual a cada capa de información primaria, se calculan los 3 macro factores de “Introducción y Transporte”, “Establecimiento” y “Dispersión” que determinan finalmente el índice de vulnerabilidad que posteriormente fue aplicado en el área de estudio; el resultado de este paso metodológico permitió establecer la vulnerabilidad de establecimiento potencial de EEI en el SNASPE.

Específicamente, los archivos utilizados para obtener las rutas interiores fueron posteriormente revisadas con la ayuda de Google Earth Pro para descartar inconsistencias. Esta información fue trabajada a través del software ArcGis 10.4 para poder unir y sistematizar las rutas y senderos, dando como resultados las rutas y senderos a nivel nacional. Este archivo fue luego delimitado al SNASPE con la herramienta “*Clip*” del software obteniéndose así la variable de “Rutas Interiores”.

Para el cálculo de la distancia entre las áreas SNASPE y los centros poblados, se utilizó la herramienta “*Near*” del software ArcGis, calculando así la distancia lineal en metros entre el borde del polígono del “Área Protegida” y el borde del polígono de “Centros Poblados” más cercano, obteniéndose así la variable de “Distancia a centros poblados”.

De igual manera, para obtener la “Cercanía a vías principales”, se utilizó como base el shape de la red vial nacional del Ministerio de Obras Públicas (MOP) seleccionándose sólo las vías pavimentadas como categoría de análisis para luego proceder a utilizar “*Near*” calculando la distancia lineal entre la vía pavimentada más cercana y el borde del “Área Protegida”.

La variable “Tamaño del área” se calcula directamente en la tabla de atributos del polígono de “Áreas Protegidas” usando la herramienta “*calculate geometry*”.

El número de visitantes por área protegida se obtiene a partir de las estadísticas de visitación de CONAF calculándose un promedio del periodo 2017 a 2019, últimos 3 años disponibles según la información proporcionada por CONAF, constituyendo así la variable “Número de visitantes”.

A través de una solicitud formal a CONAF se obtuvo el número de guardaparques por área protegida, sin embargo, esta información no está presente para cada una de las áreas SNASPE puesto que “...no cuentan con administración efectiva, por no contar con infraestructura y en algunos casos por no contar con caminos públicos y en otros casos inaccesibilidad vía marítima” (CONAF, 2021). No obstante, la información fue tratada en el software Excel y luego cargada en ArcGis para luego utilizar la herramienta “*join*” para agregar esta información a la capa vectorial de “Áreas Protegidas” según su ID de registro del área. Las áreas cuya información no existía fue considerada como 0 y de esta forma se obtuvo la variable “Número de guardaparques”.

La variable “Cursos hídricos” se obtuvo a partir de la capa vectorial de cursos hídricos de la BCN, la que fue cortada según la capa vectorial de las áreas del SNASPE continentales, posteriormente se aplicó la herramienta “*dissolve*” de ArcGis para unir los cursos dentro de las unidades y se utilizó la extensión en kilómetros como unidad de evaluación.

3.3.2. Cálculo de Vulnerabilidad

Para el cálculo de vulnerabilidad las variables escogidas fueron tratadas en el software ArcGIS delimitando la extensión espacial de estas con respecto al territorio continental de Chile y a continuación a la extensión espacial del SNASPE, ambos pasos utilizando la herramienta “clip” del software.

El paso siguiente corresponde a la transformación de la información linear a continua, utilizando la herramienta “polygon to raster” del software ArcGIS obteniendo así las variables en el formato necesario para someterlas al análisis multicriterio a través de la calculadora ráster.

Finalmente se realizó una reclasificación según el método “Jenk’s natural break” en ArcGIS el que determina el mejor ordenamiento de valores en distintas clases minimizando la varianza entre dichas clases, pero maximizándolas dentro de las mismas a través de un proceso de iteración (Chen *et al.*, 2013) lo que permite un mejor análisis territorial de cada una de las variables y, por consiguiente, de su análisis conjunto; creando así 5 categorías o niveles para cada una de ellas que se detallan en la siguiente tabla (ver tabla n°3) donde las variables descritas son las siguientes:

CVP = Cercanía a vías principales, CCP = Cercanía a centros poblados, NV = Número de visitantes, T = Tamaño del área, NG = Número de guardaparques, RI = Rutas interiores y CH = Cursos hídricos

Tabla n°3: Intervalos de clasificación de datos por variables.

	Clasificación de los datos						
Categoría	CVP (kilómetros)	CCP (kilómetros)	NV (miles)	T (Ha)	NG	RI (n° de rutas)	CH (kilómetros)
Muy Bajo	0 – 2.238	0 – 285,1	0 – 3.269	6,6 - 1.735,8	0 – 1	0 – 1	0 – 85,9
Bajo	2.239 – 3.996	285,2 – 2.792,9	3.270 – 11.428	1.735,9 – 8.722,9	2 – 5	2 – 7	86 – 258,8
Medio	3.997 – 6.901	2.792,9 – 5.061,6	11.429 – 27.831	8.723 – 30.618,1	6 – 10	8 – 23	258,9 – 600,8
Alto	6.902 – 8.427	5.061,7 – 15.257,2	27.832 – 140.134	30.618,2 – 125.610,9	11 – 16	23 – 46	600,9 – 1.087,7
Muy Alto	8.428 – 9.661	15.257,3 – 122.617,5	140.135 – 576.078	125.611 - 3.525.901	17 - 30	47 - 73	1.087,8 – 3.374,44

Fuente: Elaboración propia (2021).

A continuación, se utilizó la herramienta “Raster Calculator” asignando valores iguales a cada macro variable dentro del cálculo de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = \frac{(CCP + CVP + T + NV/4) + NG + (RI + CH/2)}{3}$$

$$\text{Con: Introducción y Transporte} = \frac{CCP+CVP+T+NV}{4}$$

$$\text{Establecimiento} = NG$$

$$\text{Dispersión} = \frac{RI+CH}{2}$$

Cabe destacar que para las variables de “tamaño del área” y “número de guardaparques” la escala se invierte antes de ingresar a la fórmula, esto puesto que para ambas variables un valor mayor significa una menor vulnerabilidad.

De esta forma se consigue el primer resultado preliminar de la vulnerabilidad del SNASPE, sin embargo, se consideró como regla de decisión a partir del valor ecológico de las variables analizadas el que un área SNASPE posea 3 o más de estas variables en categoría Muy Alta quedando categorizada automáticamente como Muy Alta en el resultado final de vulnerabilidad independientemente de que al realizar el cálculo de los rásters de las variables esta quedara en una categoría más baja de vulnerabilidad.

3.4 Cálculo del riesgo.

Para el cálculo del riesgo se utilizaron como inputs de información el resultado del cálculo de vulnerabilidad obtenido en el paso metodológico anterior y la capa de información que corresponde a la amenaza de establecimiento potencial de EEI se obtiene a partir del trabajo de Lira (2019). Considerando ambas variables con el mismo peso en base a la ecuación clásica del riesgo descrita a continuación, se utilizó la herramienta “*Raster Calculator*” para obtener el resultado final que corresponde al riesgo por establecimiento potencial de EEI para todas las áreas pertenecientes al SNASPE presentes en Chile continental:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Capítulo 4: Resultados

4.1 Resultados por variable.

De las 7 variables utilizadas para construir el índice de Vulnerabilidad existen dos que concentran la mayor cantidad de unidades del SNASPE en la categoría más alta dentro de su propia escala, estas son; “Cercanía a centros poblados” con 58 unidades (58%) y “Tamaño del área” con 53 (53%) seguidas por “Número de guardaparques” con 26 (26%), “Cercanía a vías principales” con 19 (19%), “Cursos hídricos” con 6 (6%), “Rutas interiores” con 4 (4%) y finalmente “Número de visitantes” con 3 (3%). Esto toma mayor relevancia al posteriormente aplicar la regla de decisión para determinar el nivel de Vulnerabilidad de cada unidad.

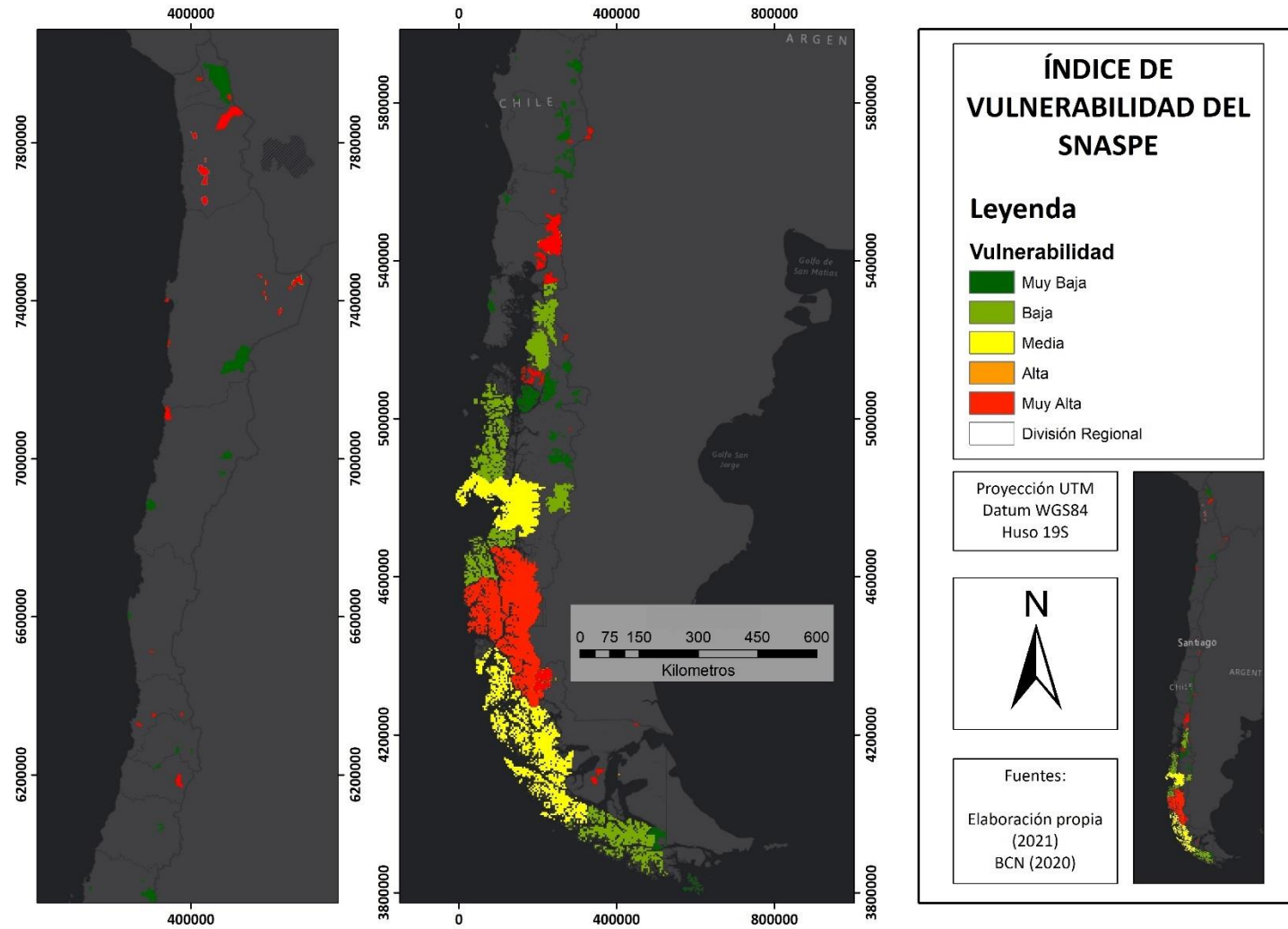
Por otro lado, las variables que presentaron una mayor cantidad de unidades en las categorías más bajas dentro de sus respectivas escalas son: “Número de visitantes” con 53% y “Número de guardaparques” con 45%, seguidas por “Distancia a vías principales” con 40%.

Los resultados para cada variable por macrozona pueden observarse en los anexos (ver anexos n°2 al n°8).

4.2 Vulnerabilidad ecológica del SNASPE frente al establecimiento potencial de EEI.

A continuación (ver figura n°4) se presenta el resultado de la Vulnerabilidad del SNASPE frente al establecimiento potencial de EEI para todo Chile continental. Se observa que un 29% (29 unidades) de las unidades del SNASPE presentan una Vulnerabilidad Muy Alta, sólo una unidad (MN Laguna de los Cisnes) presenta una Vulnerabilidad Alta (1%), 2 (2%) unidades (PN Laguna San Rafael y PN Kawésqar) en categoría Media, 6 (6%) unidades (PN Pumalin, PN Corcovado, RN Las Guaitecas, PN Patagonia, RN Katalalixar y PN Alberto de Agostini) en categoría Baja y el resto (62%) en categoría Muy Baja de Vulnerabilidad.

Figura N°4: Mapa Vulnerabilidad del SNASPE.



Fuente: Elaboración propia (2021).

4.2.1. Monumentos Naturales

Los Monumentos Naturales (MN) representan sólo el 0,19% del SNASPE en Chile continental y es, además, la categoría que presenta una menor vulnerabilidad frente al establecimiento potencial de EEI en donde el 17,6% de los Monumentos Naturales presentan una vulnerabilidad Muy Alta, sólo una de ellas presenta vulnerabilidad Alta (5,9%) y el resto (76,5%) poseen una vulnerabilidad Muy Baja.

4.2.2. Parques Nacionales

La categoría con un mayor porcentaje de representación del total del SNASPE en Chile continental corresponde a los Parques Nacionales (74,15%) y si bien la mayoría de las unidades (58,4%) presenta una vulnerabilidad Muy Baja, constituye la categoría de conservación de mayor preocupación con un 39% de estos presentando una Muy Alta vulnerabilidad y mientras que sólo una unidad (2,6%) presenta una vulnerabilidad Baja.

4.2.3. Reservas Nacionales

Las Reservas Nacionales representan el 29% del total del SNASPE de Chile continental de los cuales un 34% de las Reservas Nacionales presentan una vulnerabilidad Muy Alta, una unidad (2,25%) posee una vulnerabilidad Media, dos unidades (4,5%) vulnerabilidad Baja y el 59,3% restante presentan una vulnerabilidad Muy Baja. Esta categoría de conservación corresponde a la segunda con mayor vulnerabilidad con respecto a las variables analizadas.

El listado completo de las unidades SNASPE que presentan Muy Alta Vulnerabilidad desglosados por categoría de conservación es el siguiente:

Tabla n°4: Unidades del SNASPE con Muy Alta Vulnerabilidad según tipo.

Monumento Natural	MN Paposo Norte	
	MN Quebrada de Cardones	
	MN Salar de Surire	
Parque Nacional	PN Melimoyu	PN Pan de Azúcar
	PN Alerce Andino	PN Puyehue
	PN Hornopiren	PN Torres del Paine
	PN La Campana	PN Vicente Pérez Rosales
	PN Morro Moreno	PN Volcán Isluga
	PN Pali-Aike	
Reserva nacional	RN Llanquihue	RN Las Chinchillas
	RN Los Flamencos	RN Las Vicuñas
	RN Río Blanco	RN Malleco
	RN Alto Bio-Bio	RN Mocho Choshuenco
	RN China Muerta	RN Pampa del Tamarugal
	RN Futaleufú	RN Río Los Cipreses
	RN Lago Peñuelas	RN Trapananda
	RN Laguna Parrillar	

Fuente: Elaboración propia (2021).

Si bien las áreas de la tabla resumen anterior presentan todas una Vulnerabilidad Muy Alta, en su mayoría estas fueron recategorizadas bajo la regla de decisión mencionada en el capítulo anterior. De manera más específica, de las 29 unidades, 27 fueron categorizadas bajo esta regla en el máximo nivel de Vulnerabilidad, además es importante destacar que 7 de ellas poseen 4 de las variables estudiadas en categoría de Muy Alta, siendo las siguientes: MN Paposo Norte, MN Quebrada de Cardones, MN Salar de Surire, PN Melimoyu, RN Llanquihue, RN Los Flamencos y RN Río Blanco.

En cuanto a la distribución espacial, se puede observar que en la macro región norte 9 de las 18 (50%) unidades SNASPE presentes poseen una vulnerabilidad muy alta con la región de Tarapacá con el 100% de su superficie protegida bajo esta categoría. Por otro lado, las 9 unidades restantes se categorizan como muy bajas. En cuanto a la distribución por superficie de la vulnerabilidad, la categoría muy alta representa el 38,5% mientras que la categoría muy baja 61,5% restante.

La macro región centro posee sólo 7 de las 39 (18%) unidades SNASPE en categoría de vulnerabilidad muy alta constituyendo, además, aproximadamente el 20% de la superficie protegida dentro de la zona. Por otro lado, el 82% restante de las unidades SNASPE presenta una vulnerabilidad muy baja frente al establecimiento de EEI ocupando el 80% de la superficie protegida.

La macro región sur se presenta como la más heterogénea con respecto al resultado de vulnerabilidad posee aproximadamente un 35% (14) de las unidades SNASPE en categoría de vulnerabilidad muy alta lo que constituye un 36% de la superficie protegida. Aproximadamente un 30% de las unidades presenta una vulnerabilidad muy baja, sin embargo, esto sólo corresponde al 6% de la superficie protegida. Un 25% presenta una vulnerabilidad baja, un 7% vulnerabilidad media

y sólo una unidad (3%) se encuentra en la categoría alta de vulnerabilidad, representando cerca del 27%, 30,7% y un 0,3% de la superficie abarcada por las unidades SNASPE respectivamente.

4.3 Riesgo ecológico del SNASPE frente al establecimiento potencial de EEI.

La figura n°5 muestra el resultado del riesgo obtenido para todas las unidades del SNASPE en Chile continental, donde se observa que en general la macro región norte presenta una mayor proporción de unidades en la categoría de riesgo Muy Bajo con respecto a la macro región centro y sur. La macro región centro presenta principalmente valores medios de riesgo, mientras que la macro región sur presenta el mayor número de valores altos concentrados en su porción norte.

4.3.1. Monumentos Naturales

Solo dos (11,8%) Monumentos Naturales (MN) de Chile continental presentan parte de su superficie con valores de riesgo muy altos. El MN Quebrada de Cardones posee aproximadamente el 65% de su superficie en este nivel de riesgo, mientras que el 35% restante se categoriza como riesgo bajo. Por otro lado, el MN Paposos Norte presenta aproximadamente el 50% de su superficie con riesgo muy alto y 50% con riesgo bajo.

Catorce (82,35%) MN presentan un riesgo muy bajo en la totalidad de su superficie y sólo un MN (5,85%) presenta un riesgo alto, siendo esta categoría la que abarca toda su superficie. Estos resultados hacen que esta categoría de conservación se constituya como la de menor riesgo dentro del SNASPE.

4.3.2. Parques Nacionales

Un 39,5% de los PN en Chile continental presentan parte de su superficie con valores de riesgo muy alto constituyéndose como la categoría de conservación de mayor riesgo dentro del SNASPE; de entre estos destacan los PN Volcán Isluga, Vicente Pérez Rosales y Alerce Andino los cuales poseen más del 70% de su superficie en riesgo muy alto, siendo el último el único cuya superficie total se encuentra bajo esta categoría. Existen 7 unidades (18,5%) con la totalidad de su superficie en riesgo muy bajo y un 21% (8 unidades) cuya superficie presenta mayoritariamente un riesgo bajo o muy bajo. Finalmente, el 21% restante corresponde a unidades cuya superficie presenta una mezcla heterogénea de categorías de riesgo, sin embargo 4 de ellos (PN Hornopiren, PN Pumalín, PN Corcovado y PN Laguna San Rafael) presentan más del 50% de su superficie dentro de las categorías de riesgo medio a muy alto.

4.3.3. Reservas Nacionales

Esta categoría de conservación presenta 8 unidades (18,2% del total) cuya superficie posee la categoría muy alta de riesgo, además, 5 de estas se encuentran ocupadas en al menos un 90% por la categoría más alta de riesgo, dentro de las cuales 4 (RN Las Chinchillas, RN Lago Peñuelas, RN Llanquihue y RN Trapananda) poseen la totalidad bajo esta categoría. Además, un 27,3% de las unidades presentan un riesgo muy bajo en la totalidad de su superficie y un 31,8% (14 unidades) donde su superficie presenta al menos un 60% de riesgo bajo o muy bajo sin presentar riesgo muy alto.

Existen 3 unidades (6,8%) cuya superficie se ve mayoritariamente ocupada por la categoría de riesgo medio y el 15,9% de las RN poseen la mayoría de su superficie bajo categorías de riesgo entre valores altos y bajos sin sobresalir en ninguna de ellas.

4.4 Ranking del riesgo ecológico del SNASPE frente al establecimiento potencial de EEI.

La tabla siguiente muestra las unidades del SNASPE con mayor riesgo, su superficie en hectáreas para las categorías de riesgo y su porcentaje de ocupación del total de la superficie para cada unidad:

Tabla N°5: Ranking de unidades del SNASPE con mayor riesgo ecológico.

Nombre	Nivel de Riesgo	Área (Há)	Porcentaje
RN Las Chinchillas	Muy Alto	4.299,00	100,0%
RN Lago Peñuelas	Muy Alto	9.262,30	100,0%
RN Llanquihue	Muy Alto	33.972,00	100,0%
RN Trapananda	Muy Alto	2305	100,0%
PN Alerce Andino	Muy Alto	39.255,00	100,0%
RN Futaleufú	Muy Alto	11.099,80	92,0%
PN Vicente Pérez Rosales	Muy Alto	225.102,86	88,7%
MN Laguna de los Cisnes	Alto	25,00	100,0%
PN Pali Aike	Muy Alto-Alto	4.361,01	86,7%
PN Volcán Isluga	Muy Alto	124.417,73	71,2%

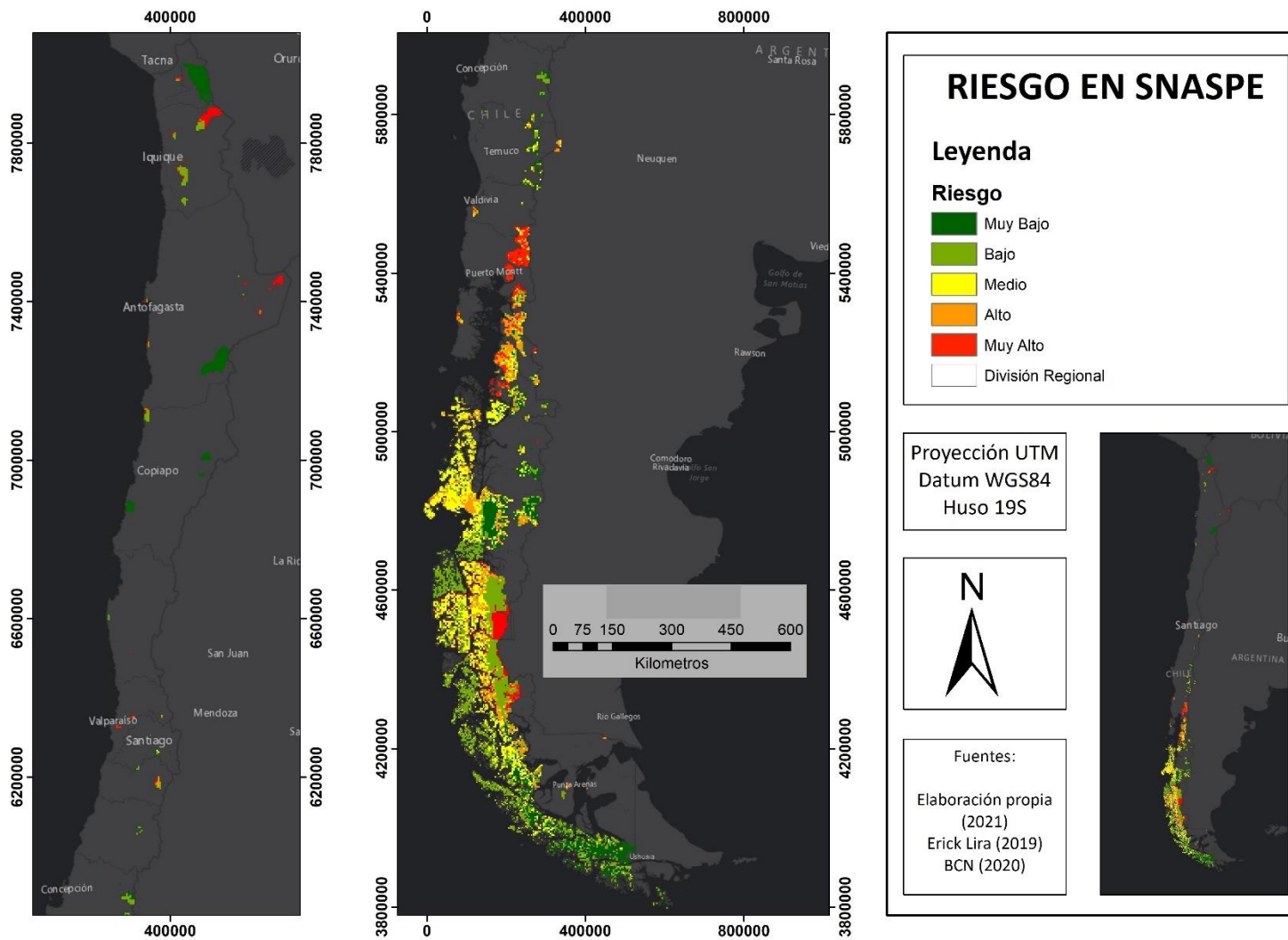
Fuente: Elaboración propia (2021).

Los resultados muestran que las macro regiones centro y sur son las que se ven mayormente afectadas, principalmente entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, siendo esta última la que concentra la mayor cantidad de unidades en riesgo Muy Alto.

Al realizar el análisis comparado del resultado de riesgo con los resultados por variable se obtiene que la mayoría de los valores altos se relacionan con las variables "Tamaño del Área" y con "Cercanía a centros Poblados". Específicamente, todas las unidades presentes en el ranking de mayor riesgo presentan resultados en la categoría muy alta de sus respectivas escalas para ambas variables,

además, los resultados de amenaza también presentan valores mayoritariamente medios a altos para las zonas donde se ubican estas unidades.

Figura N°5: Mapa del Riesgo del SNASPE.



Fuente: Elaboración propia (2021).

Capítulo 5: Discusiones y conclusiones

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el riesgo ecológico derivado del establecimiento potencial de 18 especies exóticas invasoras dentro de los límites de las unidades del SNASPE en Chile continental. Los resultados muestran que las zonas mayormente afectadas corresponden a las regiones de Valparaíso, Los Ríos y Los Lagos, lo que resulta preocupante si se considera que estas pertenecen al hot spot de biodiversidad llamado “Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forests” considerada como zona prioritaria de conservación a nivel mundial (Myers et al. 2000 & Arroyo et al. 2006), además, esta zona presenta la mayor superficie en la categoría más alta de riesgo con 6 unidades por sobre el 80% de su superficie afectada y una unidad completamente cubierta por esta categoría.

Existen diferencias sustanciales entre los resultados de Vulnerabilidad y Riesgo para el SNASPE con la primera presentando una mayor concentración de las categorías extremas (“muy alta” y “muy baja”) en contraste con la mayor heterogeneidad de las categorías de riesgo, esto quiere decir que la capa de amenaza calculada por Lira (2019) funciona como atenuante de los resultados extremos lo que posiblemente se explique por la disponibilidad de los datos utilizados para calcular amenaza y vulnerabilidad; en el primer caso la información fue obtenida para todo el territorio nacional continental, mientras que en el segundo caso, la falta de información obliga a recortar la extensión de la misma a los límites de las unidades SNASPE, acentuando así los resultados extremos en función de las variables.

Al comparar los resultados del cálculo de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo se obtiene que, más allá de la diferencia en cuanto a valores para cada una, se evidencia una concordancia de las zonas mayormente afectadas a un establecimiento potencial de EEI, la que se distribuye entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos en las zonas centro y centro sur del territorio nacional. Lo anterior además se condice con el trabajo de Pliscoff (2015) que calcula el riesgo ecosistémico en base a los criterios de la UICN donde los resultados arrojan que el mayor riesgo se presenta en la misma franja territorial, lo que podría deberse a la relación entre las variables utilizadas en este y las utilizadas en la presente investigación y esto a su vez significa que las variables analizadas en Pliscoff podrían usarse en una siguiente iteración de la presente investigación.

Si bien a nivel general los resultados de amenaza y riesgo presentan valores similares, ninguna de las unidades SNASPE presentes en el ranking de riesgo están presentes en el ranking de amenaza elaborado por Lira (2019). Entonces, es la vulnerabilidad la que determina esta diferencia y esto tiene relación con la naturaleza de ambos conceptos; en la presente investigación, la amenaza es entendida como la probabilidad de que un invasor se establezca en el territorio nacional producto de factores bioclimáticos, mientras que la vulnerabilidad contempla factores intrínsecos de las áreas protegidas continentales que facilitan el proceso de invasión por lo que contempla variables sociopolíticas que no contempla la amenaza, como el tamaño del área o la función de los guardaparques que son justamente variables altamente determinantes en los resultados de vulnerabilidad y, finalmente, del riesgo.

En cuanto a las variables utilizadas para el cálculo de la vulnerabilidad ecológica, tanto “cercanía a centros poblados” como “tamaño del área” categorizan más del 50% de las unidades del SNASPE

como muy alto peligro en sus respectivas escalas. El resultado de la primera variable se condice con lo propuesto por autores como Hong et al. (2016) y Zhang et al. (2016) que destacan el rol de las perturbaciones antrópicas asociadas a la expansión urbana y a la cercanía de ciudades a zonas naturales. Por otra parte, la mayoría de las áreas protegidas en Chile, salvo las que se encuentran en la macrozona sur, poseen una baja extensión territorial, las que además están subrepresentadas dentro del SNASPE (Vergara & Bravo, 2014) lo que requiere especial atención dado que el tamaño del área actúa como protección frente a factores de deterioro y amenazas para la biodiversidad (Maiorano, Falcucci & Boitani, 2008; Foxcroft et al., 2011; Liedtke et al., 2020).

Por otro lado, el trabajo de Joppa, Loarie & Pimm (2008) destaca también la importancia de la zona alrededor del área protegida como factor de protección frente a la degradación por distintos factores, variable que no fue evaluada en este trabajo, pero que constituye una posible adición a futuro a este tipo de evaluaciones.

Con respecto a las limitaciones de la presente investigación, destaca la escasez de la información espacial necesaria para construir el índice de vulnerabilidad utilizado; existiendo una evidente precariedad de la información estatal oficial disponible, especialmente en las variables de “rutas interiores” y “número de guardaparques”. Para la primera se tuvo que recurrir a plataformas abiertas de información y, si bien la última fue posible obtenerla directamente con CONAF, esta se encontraba incompleta. Junto a esto, la escala espacial de la información utilizada dificulta el análisis a escala local tanto para las variables como para el resultado de la vulnerabilidad y del riesgo a nivel nacional.

Finalmente, para las variables cuya información disponible es insuficiente se propone ser complementada a través de estudios específicos a nivel local o a través de otras variables asociadas a las ya utilizadas que den cuenta de dichas condiciones para las unidades SNASPE. Además, establecer un ranking del riesgo para estas unidades permite enfocar esfuerzos destinados a la conservación de la biodiversidad.

A pesar de las limitaciones anteriormente mencionadas, la metodología utilizada en esta investigación podría constituir un aumento del conocimiento científico con respecto a las EEI y a la conservación de la biodiversidad a nivel nacional, sirviendo como herramienta preliminar para priorizar acciones u otros estudios del mismo carácter con un mayor nivel de detalle y a escala local. Además, la metodología se presenta como una herramienta primeriza, pero novedosa para evaluar el estado de la conservación y, a partir de las variables utilizadas, como una forma de medir la eficacia del SNASPE como medio de protección de la biodiversidad en Chile.

Bibliografía

Andeshandbook. https://andeshandbook.org/montanas_y_rutas.

Arroyo, M. et al. (2006). El Hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. En CONAMA, Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Editores Ltda., Chile. [fecha de consulta 4 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120068>

Bazzichetto, M. et al. (2018). Plant invasion risk: A quest for invasive species distribution modelling in managing protected áreas. *Ecological Indicators* 95, pp. 311–319.

Badii, M. et al. (2015). Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 10(2), pp. 156-174. [fecha de consulta 10 de junio de 2020]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/biodiversidad.pdf>

BCN (2020). Chile Nuestro País. [fecha de consulta 7 de julio de 2020]. Disponible en: https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html

Blackburn, T. et al. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 26(7), pp. 333-339.

Carvalho, G. (2009). Especies exóticas e invasiones biológicas. *Ciencia Ahora*, 23. [fecha de consulta 11 de junio de 2020]. Disponible en: <http://www.plantasvasculares.uns.edu.ar/dpv/papers%20conservaci%C3%B3n/Carvalho%20Invasiones%20biologicas.pdf>

Chen, J. et al. (2013). Research on Geographical Environment unit división Based on the method of Natural Breaks (Jenks). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 11-4/W3.

Cinner, J. et al. (2013). Evaluating Social and Ecological Vulnerability of Coral Reef Fisheries to Climate Change. *PLoS ONE* 8(9): e74321. [fecha de Consulta 16 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3770588/>

Claussen, A. & González, T. (2015). Levantamiento de Información Relacionada a Protocolos para el Manejo de Especies Exóticas Invasoras en Áreas Protegidas Continentales. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, pp. 54. [fecha de consulta 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://especies-exoticas.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/8.-Protocolo-para-el-manejo-de-EEI-en-AP-continentales.pdf>

CONAF (2019) Parques de Chile. In: CONAF. <http://www.conaf.cl/parques-nacionales/parques-de-chile/>

CONAF (2020). Cuerpo de Guardaparques. [fecha de consulta 3 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.conaf.cl/parques-nacionales/cuerpo-de-guardaparques/>

CONAF (2021). Consulta de información de transparencia. Solicitud OIRS Número: 3443/2021.

Contreras-López, M. et al. (2018). Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central. [fecha de consulta 11 de junio de 2020]. Disponible en:

<http://142.44.210.7/bitstream/CEHUM2018/1589/1/Contreras%2C%20Figueroa%2C%20Salcedo%2C%20Vergara%2C%20Zuleta%2C%20Bravo.%20Vulnerabilidad%20de%20humedales%20y%20dunas%20litorales%20en%20Chile%20central.pdf>

Foxcroft, L. et al. (2010). Protected-Area Boundaries as Filters of Plant Invasions. *Conservation Biology* 25(2), pp. 400–405. [fecha de Consulta 4 de julio de 2020]. Disponible en: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1523-1739.2010.01617.x>

Hong, W. et al. (2016). Establishing an ecological vulnerability assessment indicator system for spatial recognition and management of ecologically vulnerable areas in highly urbanized regions: A case study of Shenzhen, China. *Ecological Indicators* 69, pp. 540–547.

Joppa, L., Loarie, S. y Pimm, S. (2008). On the protection of "protected areas". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(18), pp. 6673–6678.

Jorquera-Jaramillo, C. et al. (2012). Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista chilena de historia natural*, 85(3), pp. 267-280. [fecha de Consulta 11 de junio de 2020]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000300002>

Liedtke R, Barros A, Essl F, Lembrechts JJ, Wedegärtner REM, Pauchard A & Dullinger S. 2020. Hiking trails as conduits for the spread of non-native species in mountain areas. *Biological Invasions*, 22: 1121-1134

Lira, E. (2019). Evaluación de la amenaza por el establecimiento potencial de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo en el sistema nacional de áreas silvestres protegidas del estado (SNASPE). [Memoria de título]. Universidad de Chile.

Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2004) 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).

Luebert F., Plischoff P. (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Mack, R. et al. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10, pp. 689–710

Maiorano, L., Falcucci, A. y Boitani, L. (2008). Size-dependent resistance of protected areas to land-use change. *Proceedings B*, 275(1640), pp. 1297–1304.

MMA (2011). Las Áreas Protegidas de Chile: Antecedentes, Institucionalidad, Estadísticas y Desafíos. [fecha de consulta 11 de junio de 2020]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6990/HUM2-0008.pdf?sequence=1>

MMA (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 220 pp.

Myers, N. et al. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) (2016). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Santiago, Chile, 66 pp.
- Penghua, Q. et al. (2007). Analysis of the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 27(4), pp. 1257-1264.
- Pérez, J. et al. (2004). Risks of the introduction of tilapia (*Oreochromis sp.*) (Perciformes: Cichlidae) in aquatic ecosystems of Chile. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), pp. 195-199.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100015>
- Pezoa A (2001) Estrategias de conservación de la diversidad biológica. Libro Rojo de la Flora Nativa Sitios Prioritarios para su conservación. La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena, pp. 273 - 28.
- Pimentel, D. et al. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84(1), pp. 1-20.
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2017). Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Licitación N° 1588-133-LE09. [fecha de consulta 11 de junio de 2020]. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-50188_recurso_4.pdf
- Pliscoff, P. 2015. Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 63 pp.
- Quiroz, C. et al. (2009). Quantitative analysis of the research in biological invasions in Chile: Trends and challenges. *Revista chilena de historia natural*, 82(4), 497-505. [fecha de consulta 10 de junio de 2020]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000400005>
- Song, G. et al. (2010). The Ecological Vulnerability Evaluation in Southwestern Mountain Region of China Based on GIS and AHP Method. *Procedia Environmental Sciences* 2, pp. 465–475
- Tejedor, N. et al. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas* 21 (1-2), pp. 148-166. [fecha de Consulta 16 de abril de 2020]. Disponible en: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/34>
- Trivelli M (2014) Reseña de la vegetación de Chile. Servicio agrícola y ganadero. División de protección de los recursos naturales renovables.
- Vergara, G. & Bravo, P. (2014). Análisis comparativo de representatividad ecosistémica del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. *Biodiversidata* 1, pp. 48-52.
- Vicente, J. et al. (2013). Using Life Strategies to Explore the Vulnerability of Ecosystem Services to Invasion by Alien Plants. *Ecosystems* 16, pp. 678–693.

Vilà M, Valladares F, Traveset A, et al (2008) Invasiones biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid

Wikiexplora. http://www.wikiexplora.com/Trekking_Chile.

Yu, T. et al. (2020). Exploring Variability in Landscape Ecological Risk and Quantifying Its Driving Factors in the Amu Darya Delta. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17(1), p. 79. [fecha de Consulta 22 de abril de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17010079>

Zhang, F. et al. (2016). Ecological vulnerability assessment based on multi-sources data and SD model in Yinma River Basin, China. *Ecological Modelling* 349, pp. 41–50.

Anexos

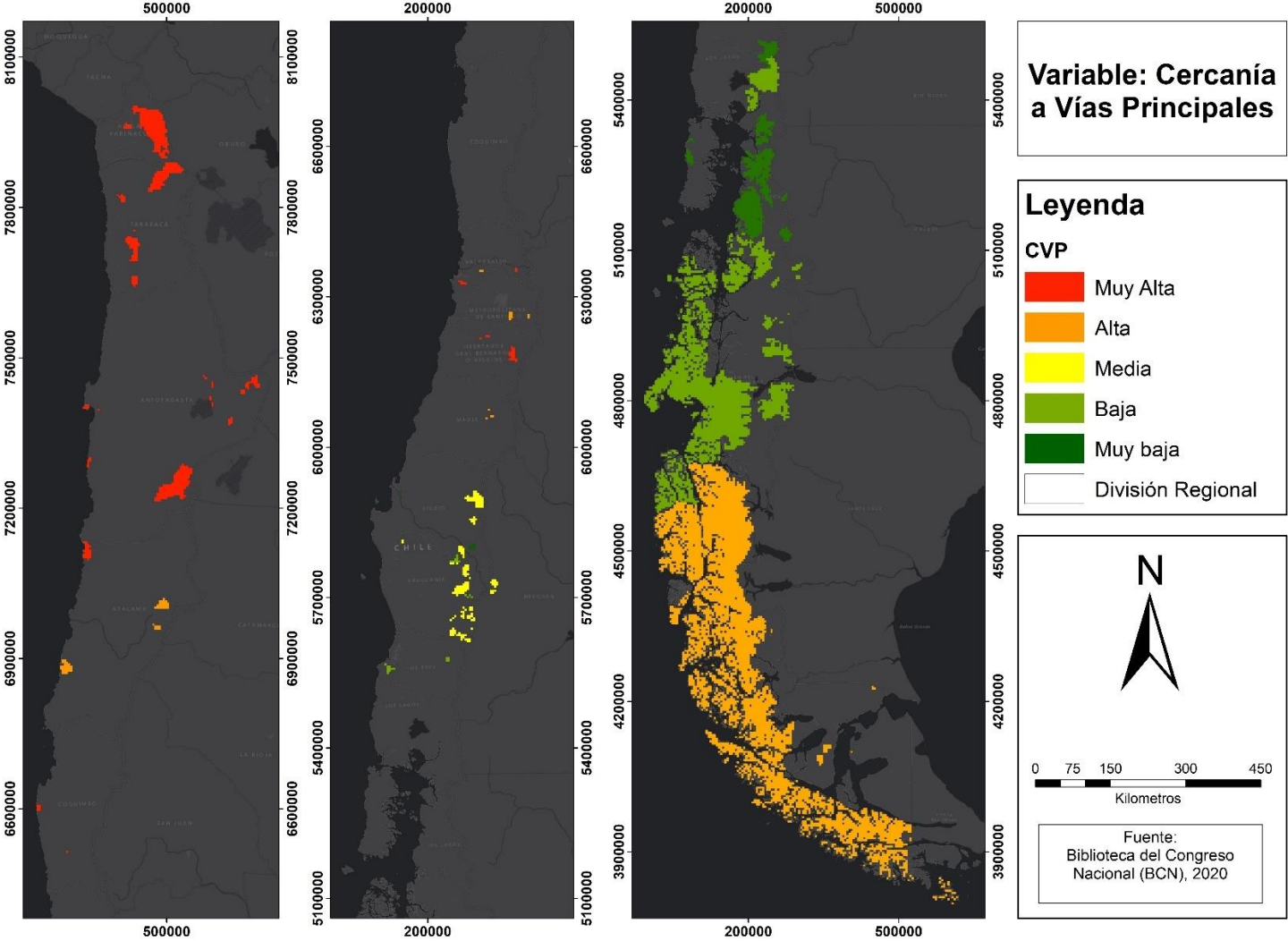
Anexo N°1: Listado de las 18 EEI más dañinas del mundo analizadas por Lira (2019).

Nombre científico	Nombre común	Reino	Descripción
<i>Arundo donax</i>	Caña común	Plantae	Originaria del Este de Asia. Formación de masas de vegetación cerrada, impidiendo el crecimiento de otras especies.
<i>Capra hircus</i>	Cabra	Animalia	Originaria de Afganistán y Suroeste de Asia. El constante pastoreo provoca la erosión y degradación de suelos.
<i>Cervus elaphus</i>	Ciervo común	Animalia	Originario de Europa y Asia central. Portador y transmisor de enfermedades y parásitos.
<i>Cinara cupressi</i>	Pulgón del ciprés	Animalia	Originaria de Norteamérica. Gran capacidad de adaptación a nuevas especies de ciprés, provocando la mortalidad de ellos.
<i>Eichhornia crassipes</i>	Jacinto de agua	Plantae	Originaria del Amazonas. Provoca la disminución e intercambio de oxígeno, como también la penetración de luz a la columna de agua.
<i>Fallopia japonica</i>	Hierba nudosa	Plantae	Originaria de Japón, Corea y China. Capaz de producir contaminación orgánica por descomposición de sus hojas, formación densa de poblaciones en riberas, dificultando establecimiento de especies ribereñas.
<i>Felis catus</i>	Gato	Animalia	Originario del este del Mediterráneo. Grandes depredadores que amenazan a poblaciones de aves y otras especies de fauna, especialmente en islas donde han evolucionado en aislamiento relativo de los depredadores.

Lantana camara	Cinco negritos	Plantae	Originaria del sur de Estados Unidos. Provoca la disminución de pastos y bosques, venenosa para el ganado, sobre todo el equino.
Linepithema humile	Hormiga argentina	Animalia	Originaria de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Hormiga dominante y agresiva que ha logrado desplazar a hormigas y artrópodos a través de la depredación y competencia.
Lythrum salicaria	Arroyuella	Plantae	Hierba originaria de Eurasia. Provoca cambios relacionados a la carga de fosforo en las aguas, resultando en la eutrofización acelerada de los cuerpos de agua.
Mus musculus	Ratón común	Animalia	Originaria de Europa, Asia y África. Depredadores de huevos, transmisión de enfermedades y parásitos.
Mytilus galloprovincialis	Mejillón mediterráneo	Animalia	Molusco originario del mediterráneo y el atlántico. Puede modificar el flujo del agua, nutrientes y oxígeno, reduciendo la turbiedad.
Oryctolagus cuniculus	Conejo	Animalia	Su distribución original corresponde al Noreste de África, Península Ibérica y Francia. Afectan directamente a la vegetación al remover pastos, plantas y competir con otras especies.
Pomacea canaliculata	Caracol manzana	Animalia	Caracol acuático originaria de América del sur. Importantes vectores de parásitos y pueden provocar importantes pérdidas económicas en cultivos de arroz.
Rattus rattus	Rata negra	Animalia	La rata negra tiene su origen en la India. Esta ha contribuido a la extinción de aves, mamíferos pequeños, reptiles y plantas especialmente en islas.
Sus scrofa	Jabalí	Animalia	El jabalí o cerdo salvaje tiene su origen en Eurasia y parte de África, puede causar degradación del suelo debido a la búsqueda de alimento, contribuyendo a la erosión y solidificación de suelos.

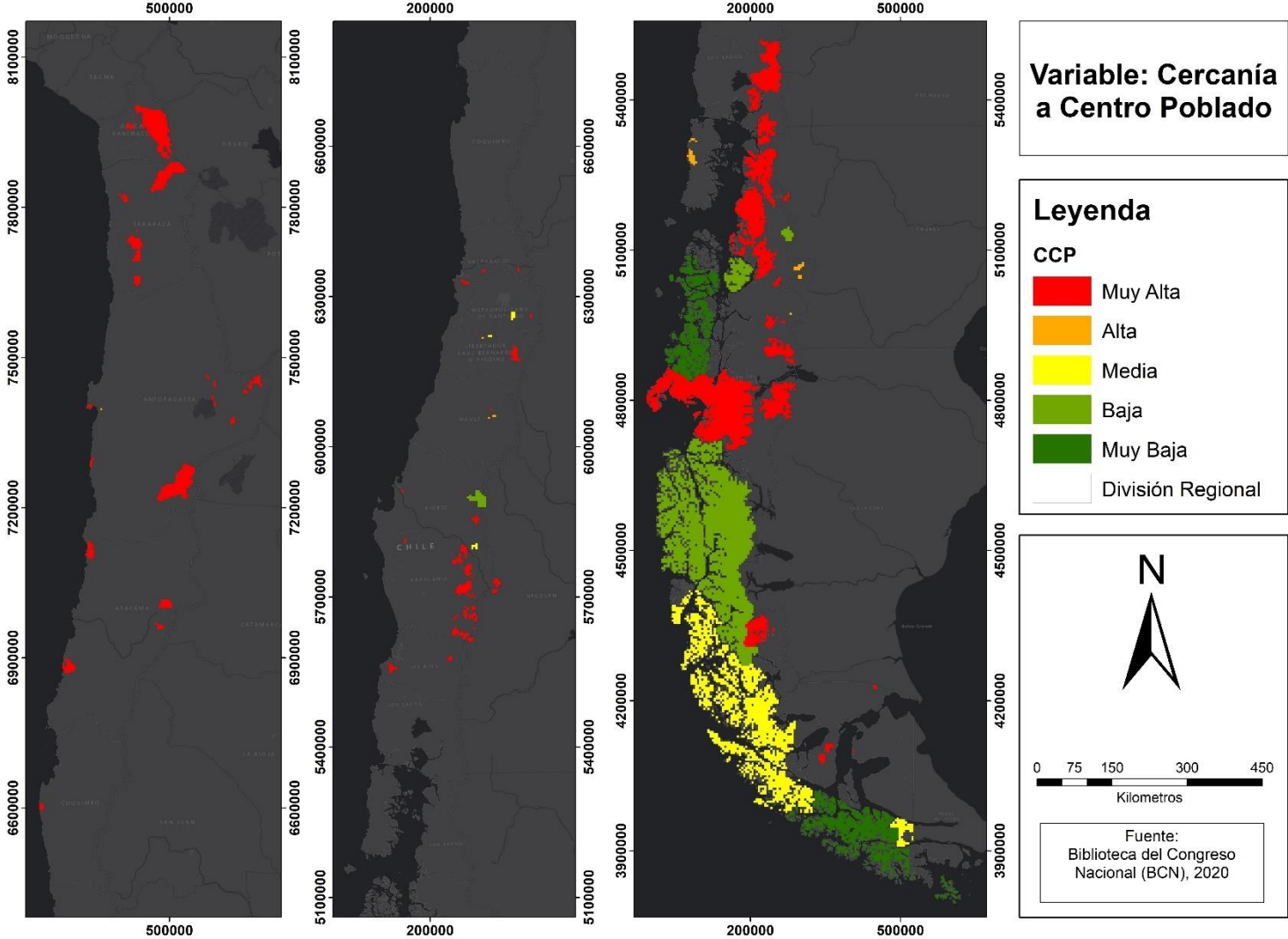
Ulex europaeus	Espinillo	Plantae	El espinillo es originario del oeste y suroeste de Europa, pueden alterar regímenes hidrológicos, dinámica de nutrientes, disponibilidad de luz, cambios en el pH y de salinidad.
Vespula vulgaris	Avispa común	Animalia	Originaria de Eurasia y norte de África, compite y depreda otros artrópodos, amenazando a especies nativas, además puede provocar picaduras en humanos.

Anexo N°2: Resultado Variable Cercanía a Vías Principales.



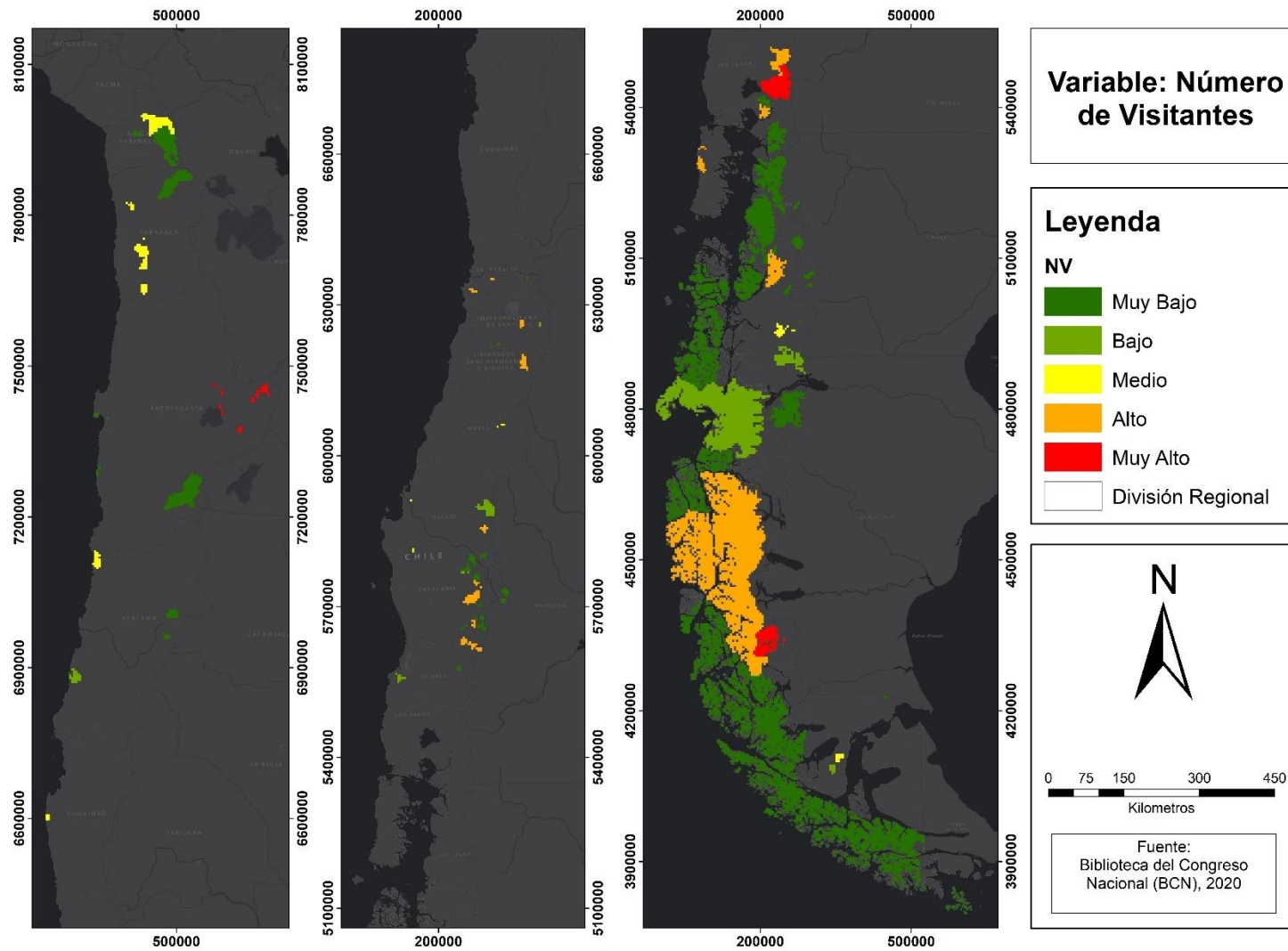
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°3: Resultado Variable Cercanía a Centro Poblado.



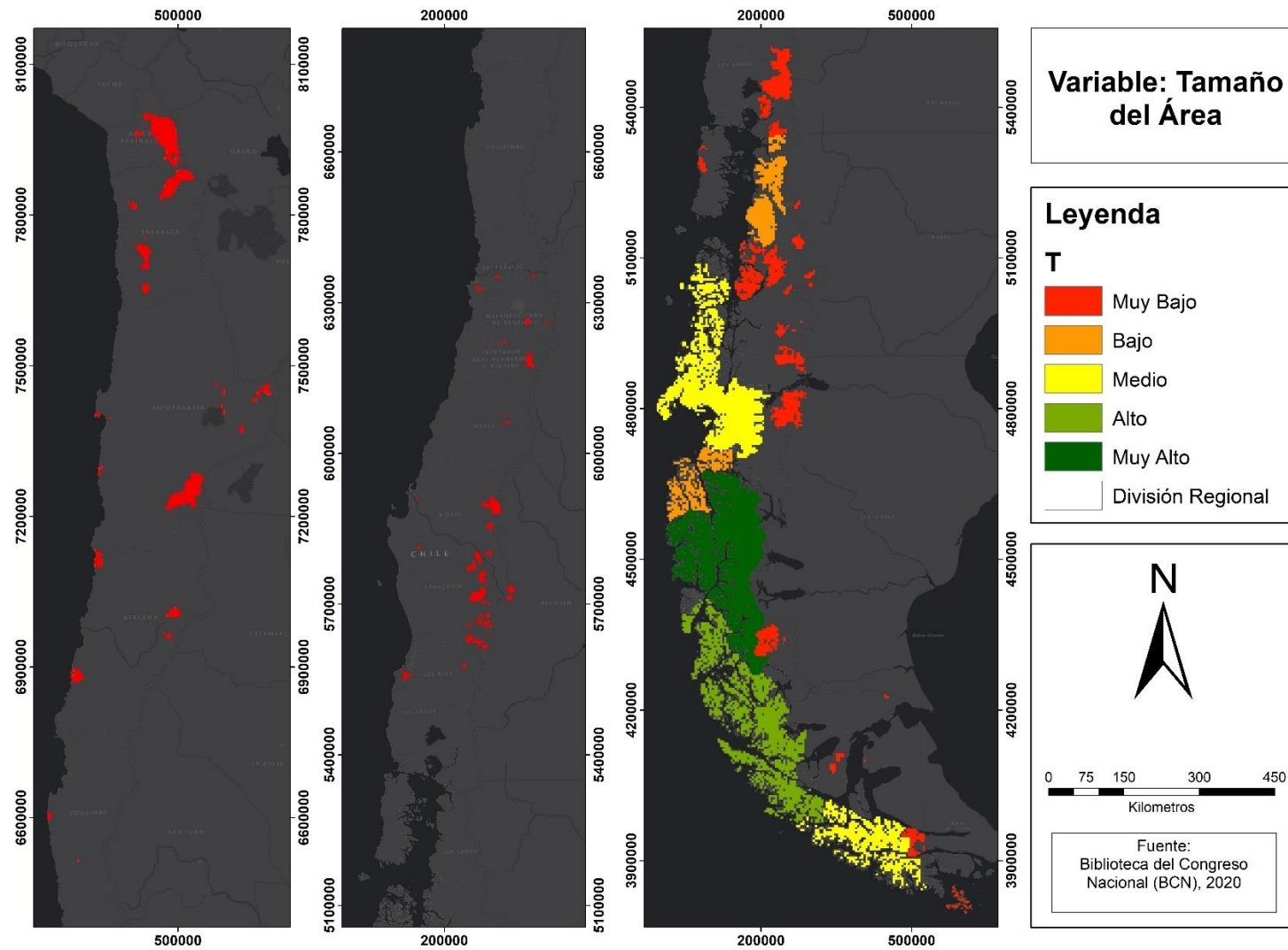
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°4: Resultado Variable Número de Visitantes.



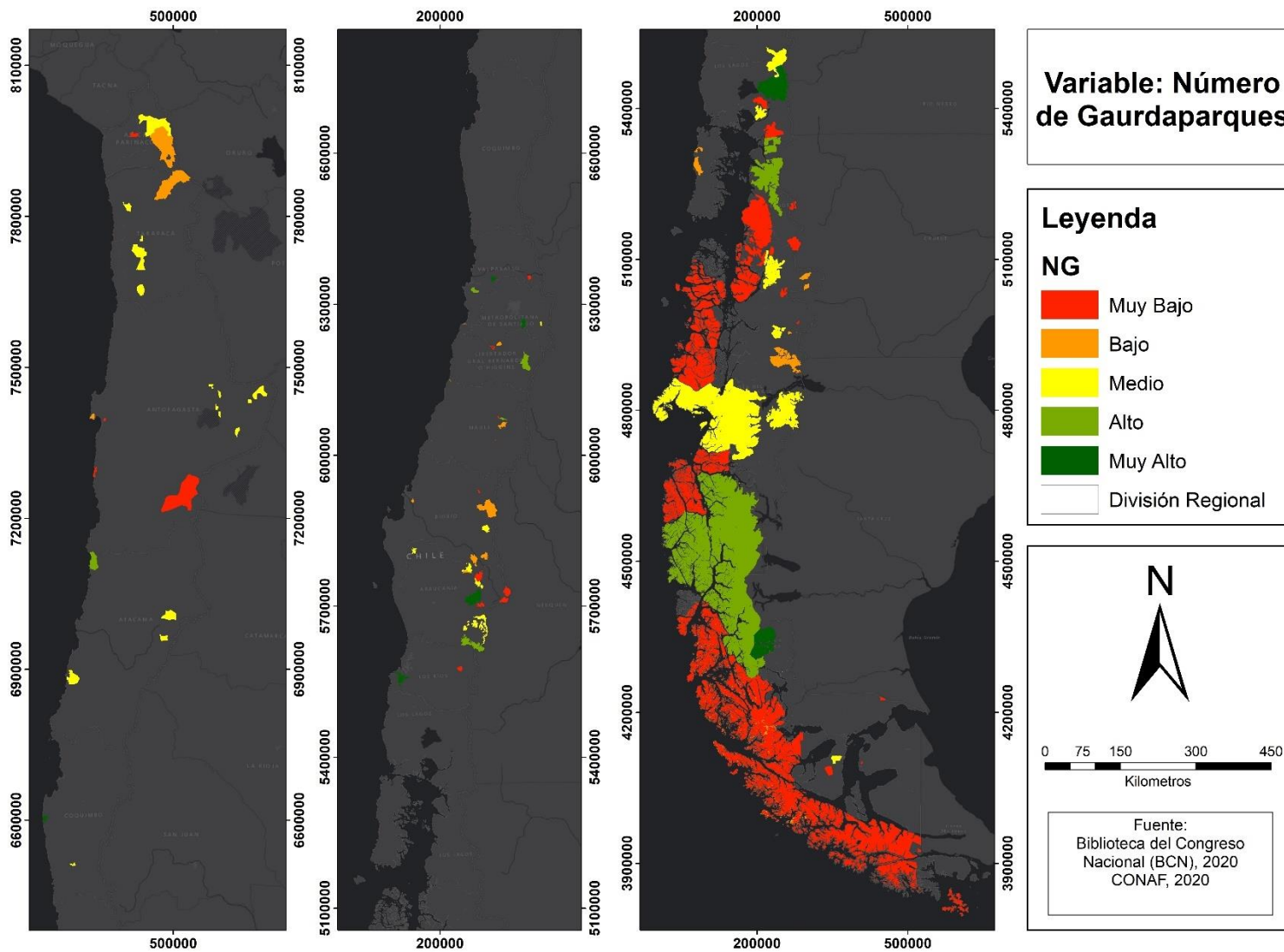
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°5: Resultado Variable Tamaño del Área.



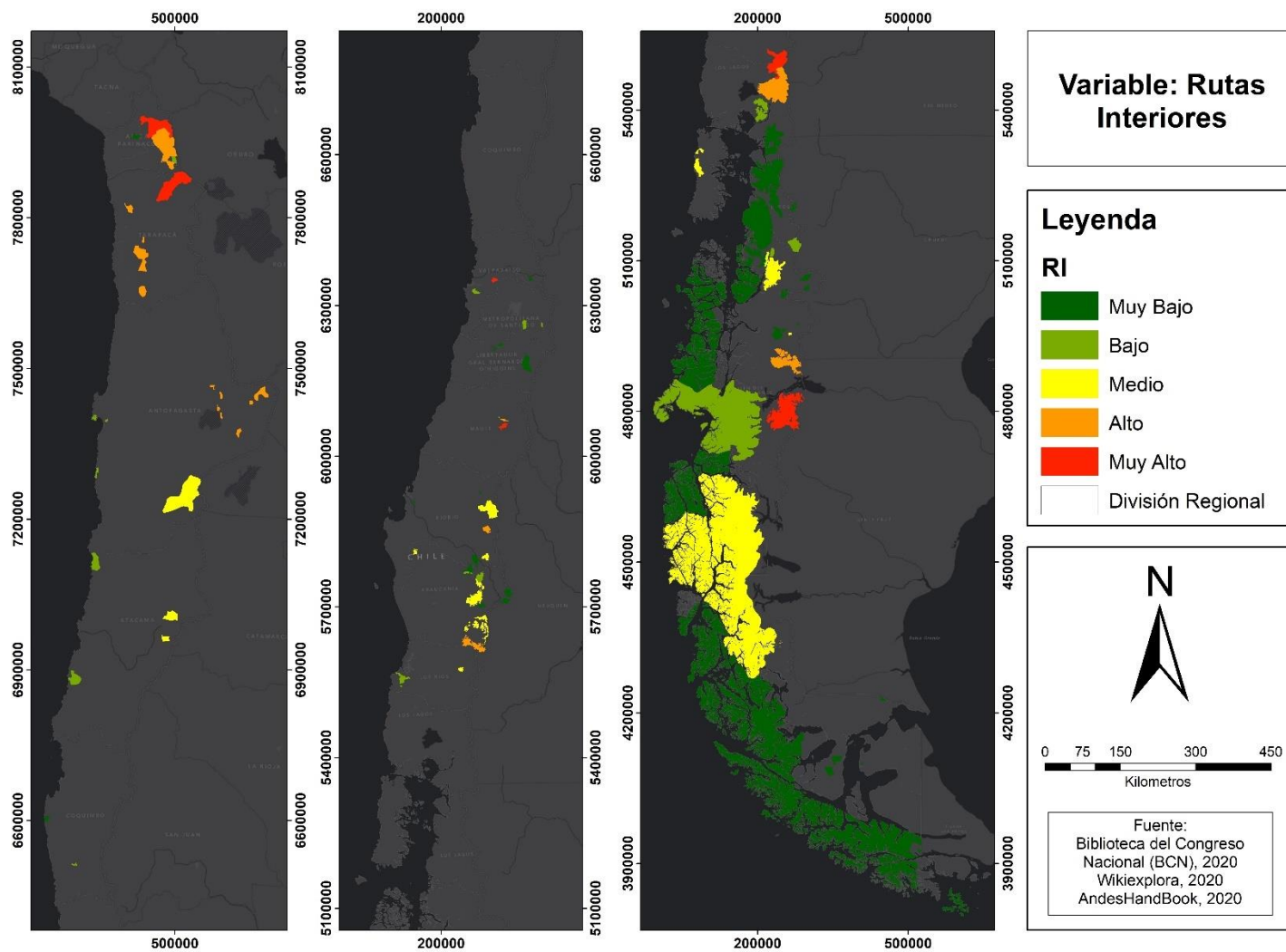
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°6: Resultado Variable Número de Guardaparques.



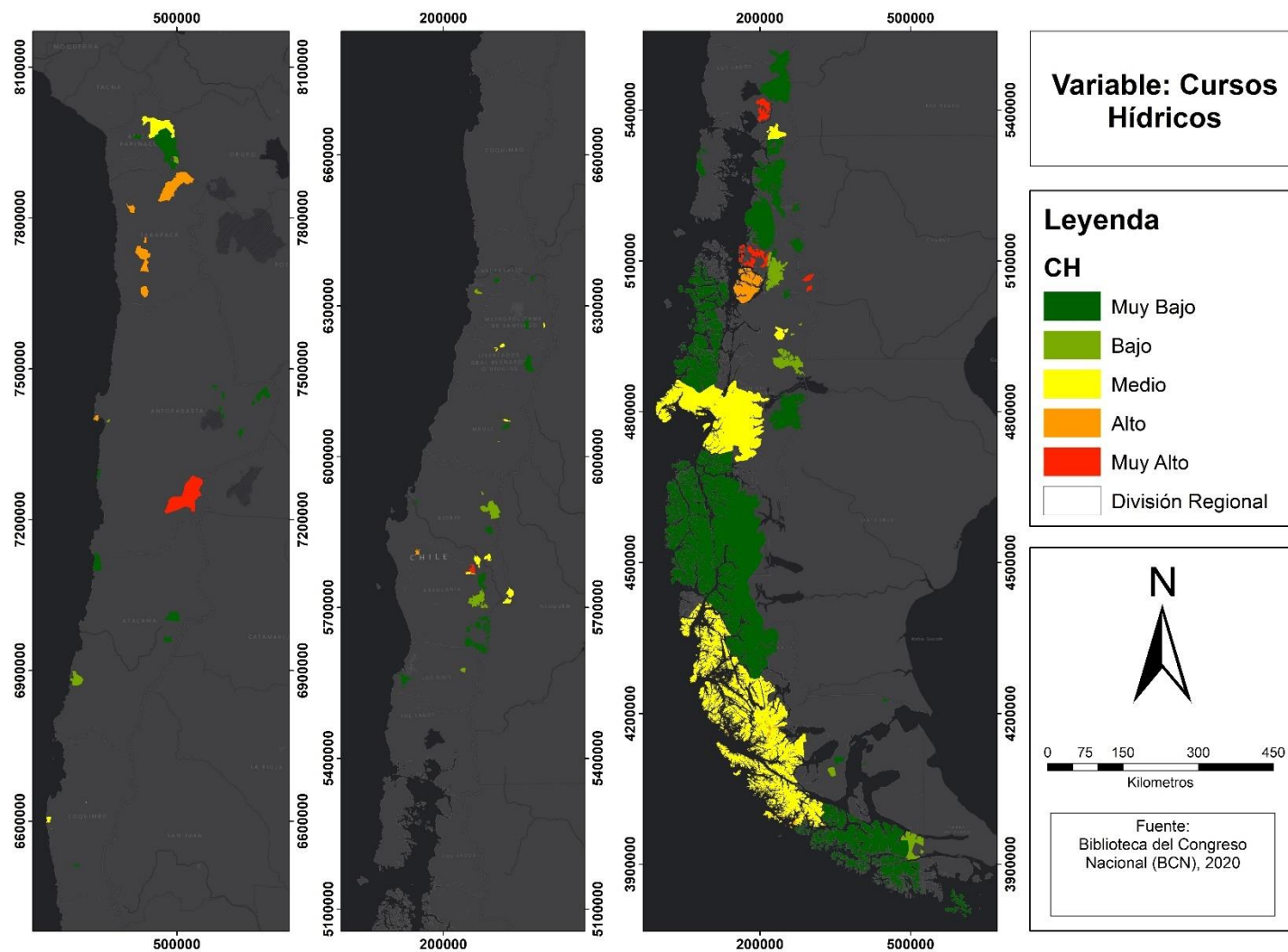
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°7: Resultado Variable Rutas Interiores.



Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo N°8: Resultado Variable Cursos Hídricos.



Fuente: Elaboración propia (2021).