

# Zonificación ecológica de la cuenca Manquehue-El Peñón (2019-2024): un enfoque basado en biodiversidad y presión antrópica

Ecological Zoning of the Manquehue-El Peñón basin (2019-2024):  
A biodiversity and anthropogenic pressure-based approach

Marco A. Peña<sup>1</sup>  
Jonathan A. Uribe<sup>2</sup>

*Recibido 10 de enero de 2025; aceptado 6 de julio de 2025*

## RESUMEN

La zonificación ecológica como instrumento para el ordenamiento territorial sustentable, está orientada a evaluar sistemas socioecológicos mediante la integración de atributos de biodiversidad y presiones antrópicas. Su relevancia radica en la necesidad de equilibrar conservación y desarrollo, especialmente en ecosistemas degradados como los de Chile central, donde sólo remanentes del bosque nativo original permanecen. Los ecosistemas que circundan la ciudad de Santiago, Chile, específicamente, cuentan con escasas directrices de manejo sustentadas en criterios socioecológicos, como ocurre con el Sitio Prioritario y Área de Preservación Ecológica conformada por la cuenca de los cerros Manquehue-El Peñón. El objetivo de este estudio fue proponer una zonificación ecológica de dicha área, que pueda orientar sobre su planificación y gestión ambientalmente sustentable. Para esto, fueron estimados y cartografiados los principales atributos ecológicos de sus coberturas vegetales y los impactos generados por las actividades antrópicas que se desarrollan en el interior de la cuenca de interés, para así proponer una zonificación indicativa de su nivel de riesgo y de manejo recomendado. Los resultados destacan que el 15,8% de la superficie estudiada, principalmente correspondiente a la zona baja

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Universidad Alberto Hurtado, Chile, correo electrónico: [mapena@uahurtado.cl](mailto:mapena@uahurtado.cl). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0303-8082>

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad Alberto Hurtado, Chile, correo electrónico: [jouribe@alumnos.uahurtado.cl](mailto:jouribe@alumnos.uahurtado.cl). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2285-5482>

de la cuenca, debe ser sujeta a restauración y manejo sostenible, mientras que el 77,8% requiere ser preservada, debido al alto valor ecológico conferido por franjas de vegetación ripariana; amenazadas por la urbanización descontrolada y la degradación por actividades humanas. Futuros estudios de esta índole aplicados a ecosistemas similares deberían cotejar la pertinencia de variables adicionales, adaptadas al contexto de sequía que enfrenta la zona central del país.

*Palabras clave: zonificación ecológica, perturbaciones antrópicas, vegetación esclerófila, ordenamiento territorial sustentable, usos/coberturas de suelo.*

## **ABSTRACT**

Ecological zoning as an instrument for sustainable territorial planning is oriented toward evaluating socio-ecological systems through the integration of biodiversity attributes and anthropogenic pressures. Its relevance stems from the need to balance conservation and development, especially in degraded ecosystems like those of central Chile, where only remnants of the original native forest persist. The ecosystems surrounding Santiago, Chile, as the Manquehue-El Peñón hills basin, designated as a Priority Site and Ecological Preservation Area, lack management guidelines grounded in socioecological criteria. The objective of this study was to propose an ecological zoning plan for the area to guide its environmentally sustainable planning and management. To achieve this, the main ecological attributes of the vegetation land covers and the impacts of anthropic activities within the basin of interest were assessed and mapped, enabling the development of an indicative zoning plan based on ecological risk levels and recommended management measures. The results highlight that 15.8% of the studied surface, primarily corresponding to the lower basin, should be targeted for restoration and sustainable management. In contrast, 77.8% of the studied surface requires preservation due to the high ecological value of riparian vegetation buffers, which are threatened by uncontrolled urbanization and human-induced degradation. Future studies of this nature, applied to similar ecosystems, should consider additional variables tailored to the drought conditions affecting central Chile.

*Key words: ecological zoning, anthropic disturbances, sclerophyllous vegetation, sustainable land-use planning, land use/land covers.*

## **1. Introducción**

La zonificación ecológica es una herramienta clave para el ordenamiento territorial sustentable, en tanto persigue conciliar la conservación de la biodiversidad con el desarrollo territorial en un marco espacial explícito, superando las limitaciones de los instrumentos de planificación tradicionales. Esto se torna especialmente sensible en zonas como las Mediterráneas, cuyos ecosistemas enfrentan presiones antrópicas históricas y crecientes debido a sus

favorables condiciones de habitabilidad (Schulz *et al.*, 2011; Peñuelas *et al.*, 2017; Ministerio del Medio Ambiente [MMA] & Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2021). Inicialmente, esta herramienta plantea un diagnóstico ecológico sistémico que permite evaluar los impactos reales o potenciales, para después determinar riesgos ecológicos y zonificar medidas ambientales (Müssner & Plachter, 2002; Groves *et al.*, 2002; Gobierno Regional Metropolitano [GORE RM], 2005; Pérez *et al.*, 2013; MMA & ONU, 2021).

La zona de Chile central se inserta en un clima Mediterráneo de ecosistemas xeromórficos dominados por el tipo forestal esclerófilo. Sus especies leñosas se caracterizan por conservar sus hojas y humedad durante todo el año, cumpliendo un rol ecológico y climático clave en tanto barrera natural ante el actual proceso de desertificación, además de brindar servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar socioambiental (Díaz & Acosta 2012; Romero & Vásquez, 2005). No obstante, a causa de su histórica degradación antropogénica, hoy este tipo forestal conforma remanentes de su condición primigenia, alcanzando una superficie de entre el 10 y 15% de la existente hacia 1550 (Gajardo, 1994; Gangas, 2015; Miranda *et al.*, 2023). Por lo anterior, los ecosistemas xeromórficos de Chile central han sido declarados *hotspot* de biodiversidad endémica (Gajardo, 1994; Myers *et al.*, 2000; Olson & Dinerstein, 2002; Díaz & Acosta, 2012).

En esta zona, se ubica la ciudad capital del país; Santiago, con una población de más de siete millones de habitantes (40% de la población nacional), que hacia 2035 proyecta una demanda de suelo urbano de ~1.200 ha por año, lo cual intensificará la presión sobre sus lindes rurales (Atienza & Aroca, 2012; Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2017; Rojas, 2022). Si bien el crecimiento de la ciudad es normado por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), este se atiene a criterios urbanísticos que no consideran la naturaleza de la cuenca como marco geográfico de referencia explícita. Así, pese a que restringe la urbanización sobre las que denomina Áreas de Valor Natural, se ha encontrado que el 42% de estas presentan usos incompatibles con los declarados (Zerega, 2014). Por otra parte, tanto las Áreas de Preservación Ecológica, acotadas por dicho instrumento, como los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, identificados en la Estrategia Nacional de Biodiversidad, constituyen en la práctica extensas zonas abandonadas, carentes de planes de manejo específicos, así como de recursos y responsabilidades administrativas a que supeditarse (Pangui, 2014; GORE RM, 2015). Si bien el objetivo de los Sitios Prioritarios es proteger al menos el 10% de los ecosistemas relevantes de la Región, en la práctica ese porcentaje es inferior a uno (GORE RM, 2015; Alaniz *et al.*, 2016; Pliscoff, 2022). Esta brecha entre planificación e implementación ha permitido que las inmobiliarias lleven a cabo una urbanización descontrolada en muchos terrenos en laderas, mediante el loteo de parcelas de media hectárea (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2016).

La presión que ejerce la ciudad sobre sus ecosistemas circundantes es evidenciable principalmente en cerros isla y el piedemonte andino (Fernández, 2009, 2011; Picon *et al.*, 2023). Así sucede con la emblemática estribación situada al norte de la ciudad, marcada por un paisaje de cordones montañosos

cubiertos de vegetación esclerófila, donde destaca el cerro Manquehue. Esta abarca varias comunas, formando parte del Sitio Prioritario Lo Barnechea-Colina y también de un Área de Preservación Ecológica. Sus laderas y quebradas de los sectores de Chicureo y Chamisero; comuna de Colina, han sido urbanizadas con edificaciones de hasta 10 pisos, mientras que en torno a la vía intercomunal Paseo Pie Andino; comunas de Lo Barnechea y Colina, se han construido proyectos inmobiliarios que vulneran la normativa vigente (Massai *et al.*, 2020; *Chicureo Hoy*, 2002; Riffo, 2022; Martínez & Vallina, 2023; Dirección de Medio Ambiente Huechuraba [DMAH], 2024).

Desde las cumbres de los cerros Manquehue y El Peñón, en la comuna de Huechuraba, se extiende en dirección surponiente la cuenca sur más grande de dicha estribación; disectada por la Autopista Nororiente. Sólo una fracción menor de esa cuenca cuenta con inventarios de flora y fauna (Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora [CODEFF], 2017a, 2017b), en tanto que el reciente Plan Maestro Ambiental de la comuna de Huechuraba ha avanzado en organizar y mapear sus componentes ecológicos (DMAH, 2024).

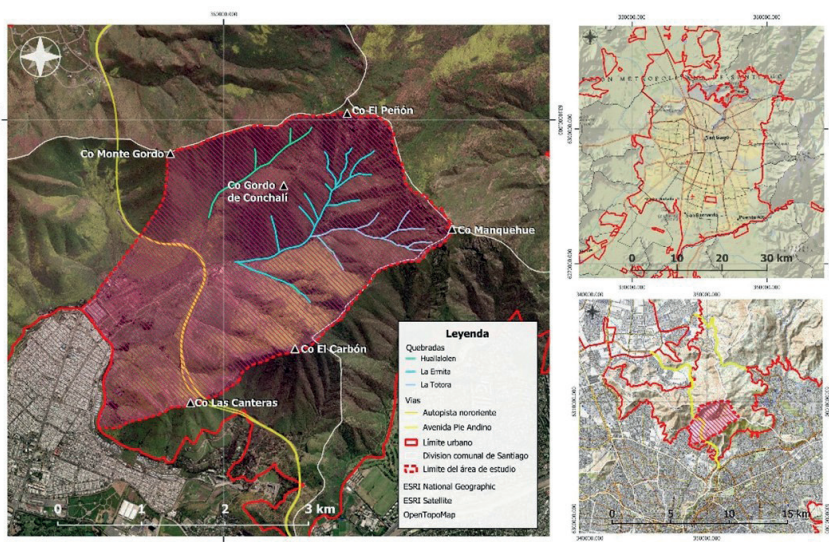
El presente estudio plantea una propuesta de zonificación ecológica de escala local para la cuenca de los cerros Manquehue-El Peñón, que pese al marco regulatorio que la rige, se encuentra propensa a la agudización de perturbaciones derivadas de la expansión urbana, requiriendo, por lo tanto, una evaluación integrada de sus atributos de biodiversidad y presiones antrópicas. La propuesta se articula en base a tres objetivos específicos secuenciales, comenzando por la 1) caracterización de las principales coberturas de suelo del área de estudio, para luego, 2) estimar su valor ecológico y presión antrópica y con ello; 3) determinar riesgos ecológicos de lo que se desprendan acciones de manejo, esperando con esto contribuir a su planificación y gestión ambientalmente sustentable.

## 2. Metodología

### 2.1 Área de estudio

La cuenca de los cerros Manquehue-El Peñón (33° 21' 04" S-70° 36' 00" O) es parte de una estribación de la subcuenca del río Mapocho, perteneciente a la cuenca del río Maipo, situándose en el límite norte del Área Metropolitana de Santiago, específicamente al norte de la comuna de Huechuraba (Figura 1). En este trabajo los límites de la cuenca quedaron definidos por la divisoria de aguas trazada por los cerros Cantera, El Carbón, Manquehue, El Peñón, y Monte Gordo, y por el canal El Carmen en su zona baja, el cual capta aguas del canal San Carlos, que las hace confluir en los canales Batuco y Colina al noroeste (Municipalidad de Huechuraba, 2013). La cuenca alcanza una superficie de 946 ha, y su altitud fluctúa entre los 582 msnm en el valle, y los 1.638 msnm en la cumbre del cerro Manquehue. Su red de drenaje está encabezada por las quebradas La Ermita, Huallalolén y La Totorá, las cuales se activan con las precipitaciones invernales. El clima en que se inserta el área de estudio es Mediterráneo, con una marcada

estacionalidad, caracterizada por precipitaciones invernales que alcanzan promedios anuales de 356 mm, y una temporada estival de aproximadamente siete meses que alcanza en promedio una temperatura máxima de  $\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Dirección Meteorológica de Chile [DMC], 2024).



**Figura 1.** Localización del área de estudio, correspondiente a la cuenca de los cerros Manquehue-El Peñón, inserta en la estribación de la subcuenca del río Mapocho, al norte de la ciudad de Santiago, Región Metropolitana de Chile.

La vegetación corresponde a formaciones vegetales secundarias de bosque y matorral esclerófilo, distribuidas en función de las condiciones de altitud y exposición del relieve (Gajardo, 1994). Algunas de las especies vegetales icónicas de estas formaciones son Quillay (*Quillaja saponaria* Molina), Litre (*Lithraea caustica* (Molina) Hook & Arn) y Peumo (*Cryptocarya alba* (Molina) Looser). La fauna en tanto, se compone de especies como Yaca (*Thylamys elegans* Waterhouse), Cururo (*Spalacopus cyanus* Molina), Puma (*Puma concolor* Linnaeus), Pequito (*Accipiter chilensis* Philippi & Landbeck), Cóndor (*Vultur gryphus* Linnaeus) y Aguilucho chico (*Buteo albigula* Philippi & Landbeck) entre otros (CODEFF, 2017a, 2017b).

La cuenca de los cerros Manquehue-El Peñón pertenece a una que normativamente fue declarada en 2003 como un Área de Prohibición de Caza, según el Decreto Exento N° 693/2003 del Ministerio de Agricultura (Biblioteca del Congreso Nacional [BCN], 2003a). Además, desde 2010 forma parte de un Área de Preservación Ecológica, definida por el PRMS (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU], 2010), y desde 2015, fue declarada Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, conformando para estos efectos, el Sitio Prioritario Colina-Lo Barnechea (GORE RM, 2015). Pese a estos reconocimientos,

el ecosistema de la cuenca ha sido históricamente objeto de perturbaciones antrópicas, tales como la deforestación en zonas bajas para pastoreo y cultivo, la construcción de la subestación eléctrica El Salto y líneas de alta tensión, y de la Autopista Nororiente (Comisión Nacional de Medio Ambiente [CONAMA], 1999; Ministerio de Obras Públicas [MOP], 2005; Municipalidad de Huechuraba, 2013).

El acceso público a la cuenca se ve limitado por la barrera que supone el canal El Carmen, pues si bien existen puntos de cruce próximos a la población La Pincoya, única zona residencial colindante al área de estudio, estos son de carácter privado. Los suelos bajos de la cuenca, actualmente ocupados por actividades silvoagropecuarias de tipo extensiva, se han visto sujetos a la especulación inmobiliaria, contemplándose la construcción de viviendas en 400 ha de estos, lo que para su concreción requeriría modificar el actual límite urbano y el uso de suelo ahí designado (*La Tercera*, 2010; Pino, 2017).

## 2.2 Materiales

Se utilizó el Catastro de Uso de Suelo y Vegetación (Ministerio de Agricultura [MINAGRI], 2019); archivo vectorial disponible en el sitio *web* de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Ministerio de Agricultura, además del archivo vectorial correspondiente a la clasificación de Pisos Vegetacionales (Luebert & Plissock, 2017), disponible en el Geoportal de Chile; sitio *web* de IDE Chile. Estas capas temáticas fueron procesadas con la ayuda de los *software Google Earth Pro*®, *Open Street Maps*® y *Q Gis*®, versión 3.16.

## 2.3 Métodos

La metodología propuesta abordó los objetivos específicos previamente enunciados mediante tres grandes etapas: 1) inventario territorial, 2) evaluación ecológica y 3) zonificación ecológica.

*Inventario territorial*: esta etapa consistió en cartografiar los principales usos/coberturas de suelo presentes en el área de estudio. Con tal fin, fue considerado primariamente el campo "Uso de tierra" del Catastro de Suelo y Vegetación (MINAGRI, 2019), para luego verificar la existencia y acotar los límites de sus clases sobre imágenes satelitales actuales del área de estudio, disponibles en *Google Earth Pro*® y mediante una visita a terreno (como es detallado en el próximo párrafo). Lo anterior, resultó en la definición de 15 clases de usos/coberturas de suelo; ocho asociadas a vegetación nativa arbórea/arbustiva de tipo esclerófila, seis a actividades antrópicas y una a suelo desnudo.

Una campaña de terreno fue realizada con motivo de constatar y acotar las clases de uso/cobertura de suelo consideradas, además de registrar la composición florística de aquellas correspondientes a vegetación nativa; información requerida para la subsecuente etapa de evaluación ecológica. Para esto, sobre cada clase fueron definidas deliberadamente cuatro parcelas de 6 m de diámetro ( $n=$  ocho clases de vegetación nativa  $\times$  cuatro parcelas) (McCoy, 2005), dentro de las que se midió la presencia de especies vegetales leñosas y suculentas, a fin de asignarle esos valores a toda la clase que representan.

*Evaluación ecológica:* esta etapa comprendió, primeramente, la estimación del Valor Ecológico de las ocho clases de vegetación nativa definidas en la etapa previa, y seguidamente, la estimación de la Presión Antrópica de las seis clases de este tipo de actividad también definidas en dicha etapa. De la superposición espacial de ambos se obtuvo el Riesgo Ecológico, lo que facultó avanzar hacia la zonificación ecológica.

Para estimar el Valor Ecológico, las clases de vegetación nativa fueron puntuadas a partir de un grupo de cinco variables de biodiversidad derivadas del registro florístico realizado en terreno; tres de filtro fino o escala local: enfocado en las especies, y dos de filtro grueso o de paisaje: enfocado en el ecosistema (Groves *et al.*, 2002; MMA & ONU, 2021).

Las variables comprendidas en el primer grupo fueron: 1) riqueza de especies nativas (abundancia de especies que natural y originariamente se distribuyen en el tipo de ecosistema o zona bajo estudio), 2) riqueza de especies endémicas (abundancia de especies que sólo pueden desarrollarse en el ecosistema o zona bajo estudio) y 3) especies amenazadas (*i.e.*, estados de conservación Vulnerable, en Peligro y en Peligro Crítico).

Las variables comprendidas en el segundo grupo fueron: 4) distancia a quebradas y 5) formaciones vegetales remanentes. Para esto, las quebradas fueron vectorizadas y jerarquizadas de acuerdo con el método de Horton (1945), para luego definir anillos equidistantes a estas de 40 m. La cantidad de anillos fue incrementando con el aumento de jerarquía del dren, de modo tal que mientras los drenes nacientes (orden 1) sumaron dos anillos, el dren principal (orden 4; Quebrada Lo Hermita) sumó cinco anillos, alcanzando así un *buffer* o área de influencia total de 200 m, cifra que se atiene a lo sugerido por la Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal en lo que respecta a protección de cauces y su vegetación ripariana (BCN, 2003b). La remanencia (proporción de superficie de ecosistemas actualmente presentes respecto a su extensión histórica potencial), fue obtenida a partir de dividir la superficie de las clases de vegetación nativa por aquella provista por la cartografía de Luebert y Pliscoff (2017), aplicándose previo al cálculo, un filtro de persistencia que conservó sólo los polígonos de clases (actuales) inscritos en su correspondiente piso vegetacional (referencia histórica) (MMA & ONU, 2021).

Los valores cuantitativos de estas siete variables fueron discretizados en rangos que permitieron asignarles una puntuación cualitativa ordinal entre 0 y 5, donde: 0= ausencia, 1= muy baja, 2= baja, 3= moderada, 4= alta, 5= muy alta. La síntesis de variables puntadas para estimar el Valor Ecológico de las clases de interés es mostrada en la Tabla 1.

Para estimar la Presión Antrópica, las clases de actividad antrópica consideradas fueron puntuadas de acuerdo con cuatro variables: 1) alcance (% de superficie ocupada por la actividad versus % de superficie total del área de estudio), 2) impacto (significancia de la transformación del medio natural que representa la actividad), 3) permanencia (temporalidad estimada de la actividad en el territorio), y 4) tendencia (cambios detectables en los últimos cinco años asociados al alcance, impacto o permanencia). Para cada una

de estas variables se definieron anillos equidistantes desde cada actividad, cuya anchura y cantidad fueron definidas según lo sugerido por referencias bibliográficas o discrecionalmente cuando no las hubo (Tabla 2). La clase "línea de alta tensión" consideró un área de influencia única de 40 m según lo sugerido por la bibliografía consultada (CONAMA, 1999).

**Tabla 1.** Puntuación cualitativa (0-5) asignada a los rangos de valores de las cinco variables de Valor Ecológico empleadas

<i>Variables de Valor Ecológico</i>									
<i>Filtro fino</i>					<i>Filtro grueso</i>				
<i>Riqueza de especies nativas</i>		<i>Riqueza de especies endémicas</i>		<i>Especies amenazadas</i>		<i>Distancia a quebradas</i>		<i>Formaciones vegetales remanentes</i>	
<i>Puntuación</i>	<i>Rango (%)</i>	<i>Puntuación</i>	<i>Rango (%)</i>	<i>Puntuación</i>	<i>#</i>	<i>Puntuación</i>	<i>Rango (m)</i>	<i>Puntuación</i>	<i>Rango (%)</i>
0	x = 0 (ausencia)	0	x = 0 (ausencia)			0	> 200 (ausencia)	0	x = 0 (ausencia)
1	0 < x ≤ 20 (muy baja)	1	0 < x ≤ 20 (muy baja)	0	0 (ausencia)	1	40-80; orden 1 80-120; orden 2 120-160; orden 3 160-200; orden 4 (muy baja)	1	0 < x ≤ 20 (muy baja)
2	20 < x ≤ 40 (baja)	2	20 < x ≤ 40 (baja)	3	1 (moderada)	2	0-40; orden 1 40-80; orden 2 80-120; orden 3 120-160; orden 4 (baja)	2	20 < x ≤ 40 (baja)
3	40 < x ≤ 60 (moderada)	3	40 < x ≤ 60 (moderada)			3	0-40; orden 2 40-80; orden 3 80-120; orden 4 (moderada)	3	40 < x ≤ 60 (moderada)
4	60 < x ≤ 80 (alta)	4	60 < x ≤ 80 (alta)	5	≥ 2 (muy alta)	4	0-40; orden 3 40-80; orden 4 (alta)	4	60 < x ≤ 80 (alta)
5	x > 80 (muy alta)	5	x > 80 (muy alta)			5	0-40; orden 4 (muy alta)	5	x > 80 (muy alta)

**Tabla 2.** Áreas de influencia definidas para cada clase de actividad antrópica

Actividad antrópica	Área de influencia			
	Total (m)	# anillos	Equidistancia	Justificación
Autopista nororiental	280	4	No aplica	Impacto de ruido (MOP, 2002)
Línea de alta tensión	40	0	No aplica	Riesgo de incendio por caída de tendido eléctrico, y riesgo de colisión de aves (CONAMA, 1999)
Subestación eléctrica	240	3	80	Riesgo de alteración por movilidad de personal privado: juicio del investigador
Asentamiento menor	400	4	100	
Terreno agrícola	240	3	80	Riesgo de alteración por desviación de caminos: juicio del investigador
Caminos de tierra	9	3	3	

Los valores cuantitativos de estas cuatro variables fueron discretizados en rangos que permitieron puntuarlos cualitativamente (0-5) como en el caso del Valor Ecológico. La síntesis de variables puntuadas para estimar la Presión Antrópica de las clases de interés es presentada en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Puntuación cualitativa (0-5) asignada a los rangos de valores de las cuatro variables de Presión Antrópica empleadas

Variables de Presión Antrópica							
Alcance		Impacto		Permanencia		Tendencia	
Puntuación	Rango (%)	Puntuación	Rango	Puntuación	Rango (años)	Puntuación	Rango
0	x = 0 (nulo)	0	Nulo	0	x = 0 (nula)	0	Disminución fuerte
1	0 < x ≤ 5 (localizado)	1	Leve	1	0 < x ≤ 5 (corto plazo)	1	Disminución moderada
2	5 < x ≤ 15 (aislado)	2	Moderado	2	5 < x ≤ 20 (mediano plazo)	2	Disminución leve
3	15 < x ≤ 30 (extendido)	3	Medio	3	20 < x ≤ 50 (largo plazo)	3	Mantenimiento
4	30 < x ≤ 50 (muy extendido)	4	Alto	4	50 < x ≤ 100 (permanente)	4	Incremento leve
5	x > 50 (generalizado)	5	Severo	5	x > 100 (indefinido)	5	Incremento fuerte

A partir de los pasos anteriores, cada polígono de las clases de usos/coberturas de suelo definidas sumó una puntuación total de Valor Ecológico y Presión Antrópica, siendo en cada caso clasificadas mediante el método de Jenks o quiebres naturales, tradicionalmente empleado para construir cartografías categóricas a partir de datos discretos, debido a su habilidad de minimizar la varianza intraclase y maximizar la diferencia interclase. Así, las seis clases resultantes en cada caso fueron: muy alto (5), alto (4), medio (3), bajo (2), muy bajo (1) y ausencia (0).

*Zonificación ecológica:* las clasificaciones de Valor Ecológico y Presión Antrópica posibilitaron subsecuentemente, la determinación del Riesgo Ecológico, entendido como un diagnóstico del territorio que representa la posibilidad de ocurrencia de algún efecto nocivo sobre el ecosistema, siendo las actividades antrópicas la causa del riesgo, y el ecosistema el objeto de afectación (Universidad de Chile, 2002; MMA & ONU, 2021). Para esto, ambas clasificaciones fueron ingresadas a una matriz de doble entrada, situando en la columna el Valor Ecológico y en la fila la Presión Antrópica, de modo tal que, a mayor valor de ambas para un área dada, mayor valor de la clase de Riesgo Ecológico y viceversa. Así, se obtuvieron seis clases de Riesgo Ecológico: “muy alto” (5), “alto” (4), “medio” (3), “bajo” (3), “muy bajo” (1) y “nulo” (0), descartándose polígonos ocupados por actividades antrópicas o suelos desnudos, intrínsecamente carentes de Valor Ecológico (no aplica).

Por último, se efectuó una zonificación ecológica indicativa de las necesidades y medidas ambientales del ecosistema, y orientadora de las restricciones a las actividades antrópicas en el territorio. Esta zonificación, establece indicaciones generales sobre cómo debería manejarse el ecosistema, mediante la asignación espacial de clases de “preservación” (restricción a toda actividad antrópica a fin de resguardar el ecosistema), “restauración” (reparación del ecosistema a condiciones cercanas a las previas a la perturbación) y “conservación” (establece minimizar los impactos antrópicos en el medio y en lo posible contribuir a restaurar el ecosistema) (Universidad de Chile, 2002; MMA & ONU, 2021).

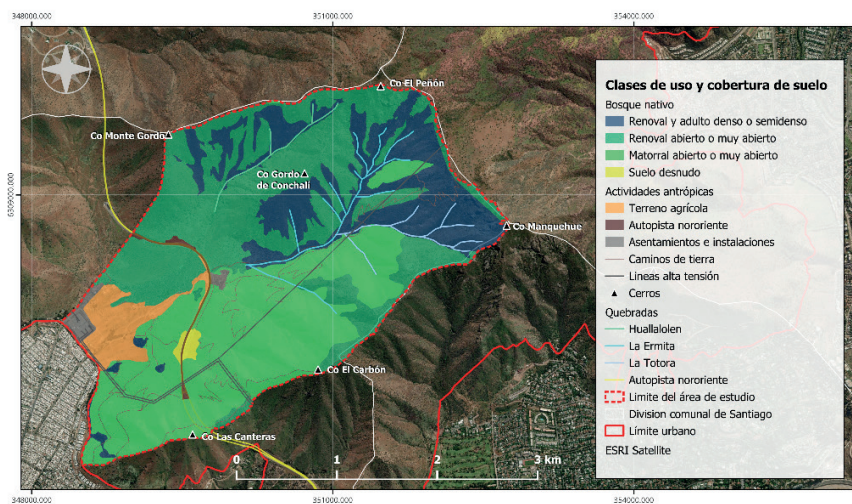
Operacionalmente estas clases también se derivan de la matriz de doble entrada previamente descrita, pero dado que constituyen propuestas, responden a un criterio de factibilidad. De este modo, a mayor Valor Ecológico y menor Presión Antrópica en un área dada, más prioritaria y factible es la medida de preservación, en tanto que, al invertirse esta relación, más factible y coherente es la medida de “uso sustentable”. Adicionalmente, las clases de actividad antrópica, inherentemente carentes de Valor Ecológico, se clasificaron como “uso extensivo” o “uso Intensivo”, de acuerdo con el tipo de actividad.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Inventario territorial**

La Figura 2 otorga una aproximación espacial a los usos/coberturas de suelo del área de estudio, siendo la totalidad de clases de vegetación nativa aquí

consideradas individualizadas en la Tabla 4. Tras constatarlas en terreno, se reasignó una clase de plantación forestal a vegetación nativa: “bosque nativo renoval abierto”, en tanto una nueva clase: “bosque nativo renoval denso”, fue identificada en la forma de franjas riparianas. Por otra parte, se refinó la delimitación de los polígonos que las conforman a una escala cartográfica 1:35.000, más adecuada a los niveles de aproximación local y detalle espacial requeridos por el estudio en cuestión.



**Figura 2.** Distribución espacial de las clases de usos/coberturas de suelo definidas para el área de estudio.

Fuente: adaptado de MINAGRI (2019).

### 3.2 Evaluación ecológica

La Tabla 4 presenta la puntuación de Valor Ecológico asignada a cada uno de los polígonos de las clases de vegetación nativa de acuerdo con las cinco variables de biodiversidad consideradas. Estos alcanzaron puntuaciones muy altas (5) en cuanto a su riqueza de especies nativas, exceptuando uno perteneciente a la clase “bosque nativo adulto renoval semidenso”, cuya puntuación moderada (3) se debió a la presencia de la especie forestal introducida eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill). De forma similar, la puntuación alcanzada por dichos polígonos respecto de su riqueza de especies endémicas, fue predominantemente muy alta, exceptuando polígonos que debido a la presencia de la especie nativa no endémica flor de la gloria chilena (*Ecchremocarpus scaber* Ruz & Pav), descendieron a una puntuación alta (4), además del polígono de bosque nativo previamente mencionado, que a causa de la ausencia de endemismo no obtuvo puntuación (0). En cuanto a la presencia de especies amenazadas, únicamente un grupo de polígonos de la clase “bosque nativo renoval abierto”, obtuvo un puntaje

superior a 0, debido a la presencia de guayacán (*Porlieria chilensis* I.M. Johnston); declarada Vulnerable por el MMA (2023).

**Tabla 4.** Puntuación asignada a cada polígono de las clases de vegetación nativa del área de estudio según variable de Valor Ecológico

Clase de vegetación nativa		Variables de Valor Ecológico					Suma
Nombre	Polígono (m <sup>2</sup> )	Riqueza de especies nativas	Riqueza de especies endémicas	Especies amenazadas	Distancia a quebradas	Formaciones remanentes	
Bosque Renoval Denso	34.137,4	5	4	0	4	0	13
	9.312,15	5	4	0	3	0	12
	1.801,78	5	4	0	2	0	11
	1.118,53	5	4	0	1	0	10
	11.841,2	5	4	0	0	0	9
	88.519,6	5	4	0	5	1	15
	132.050	5	4	0	4	1	14
	40.467	5	4	0	3	1	13
	9.420,37	5	4	0	2	1	12
	12.885,6	5	4	0	1	1	11
9.060	5	4	0	0	1	10	
Bosque Adulto Renoval	9334,18	3	0	0	0	0	3
Semidenso							
Bosque Renoval Semidenso	525.285	5	5	0	0	0	10
	193.978	5	5	0	0	1	11
	459.672	5	5	0	0	5	15
	141.350	5	5	0	1	0	11
	64.086	5	5	0	1	1	12
	214.502	5	5	0	2	0	12
	75.254	5	5	0	2	1	13
	176.757	5	5	0	3	0	13
	98.793	5	5	0	3	1	14
	63.257	5	5	0	4	0	14
	47.058	5	5	0	4	1	15
	0,6	5	5	0	5	0	15
	24.529	5	5	0	5	1	16

Continuación Tabla 4

Clase de vegetación nativa		Variables de Valor Ecológico						
Nombre	Polígono (m <sup>2</sup> )	Riqueza de especies nativas	Riqueza de especies endémicas	Especies amenazadas	Distancia a quebradas	Formaciones remanentes	Suma	
Bosque Renoval	9.060	5	5	3	0	0	13	
	25.995	5	5	3	0	1	14	
	103.795	5	5	3	0	5	18	
	223.730	5	5	3	1	0	14	
	25.040,8	5	5	3	1	1	15	
	7.611,3	5	5	3	1	5	19	
	229.140	5	5	3	2	0	15	
	Abierto	21.295,4	5	5	3	2	1	16
		1.690,68	5	5	3	2	5	20
		204.032	5	5	3	3	0	16
		23.528,6	5	5	3	3	1	17
		96.969,6	5	5	3	4	0	17
		7.497,38	5	5	3	4	1	18
		10.180,6	5	5	3	5	0	18
Bosque Renoval	334.867	5	5	0	0	0	10	
	566.064	5	5	0	0	1	11	
	46.963,2	5	5	0	1	0	11	
	27.262,8	5	5	0	1	1	12	
	40.473,6	5	5	0	2	0	12	
	24.884,7	5	5	0	2	1	13	
	Muy Abierto	29.017	5	5	0	3	0	13
		19.035,3	5	5	0	3	1	14
		5.392,28	5	5	0	4	0	14
		9583,18	5	5	0	4	1	15
2.439,67	5	5	0	5	1	16		
2.488.740	5	5	0	0	0	10		
Matorral con Suculentas	69.607,4	5	5	0	1	0	11	
	57.723,7	5	5	0	2	0	12	
	63.712,7	5	5	0	3	0	13	
Abierto	15.960,7	5	5	0	4	0	14	
	3.304,22	5	5	0	5	0	15	
Matorral	142.919	5	5	0	0	0	10	
	32.198	5	5	0	1	0	11	
	Abierto	32.750	5	5	0	2	0	12
		37.398	5	5	0	3	0	13
	16.720,78	5	5	0	4	0	14	

Continuación Tabla 4

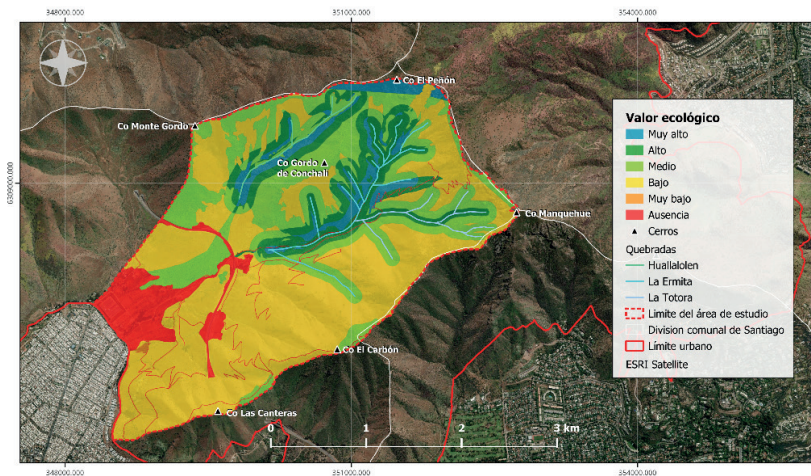
Clase de vegetación nativa		Variables de Valor Ecológico					
Nombre	Polígono (m <sup>2</sup> )	Riqueza de especies nativas	Riqueza de especies endémicas	Especies amenazadas	Distancia a quebradas	Formaciones remanentes	Suma
Matorral	149.444	5	5	0	0	1	11
	72.206	5	5	0	1	0	12
	83.104,6	5	5	0	2	0	13
Muy Abierto	85.022,4	5	5	0	3	0	14
	42.106	5	5	0	4	0	15
	10.449,7	5	5	0	5	0	16

Según Luebert y Pliscoff (2017) el área de estudio se inscribe en dos pisos vegetacionales: bosque esclerófilo Mediterráneo andino de quillay y litre (113.557 m<sup>2</sup>), y bosque espinoso Mediterráneo andino de espino (*Acacia caven* Molina) y chilca (*Baccharis paniculata* DC) (1.535.960 m<sup>2</sup>). En la actualidad, el 87,72 y 16,21% de la superficie de esos pisos vegetacionales respectivamente, permanece, razón por la que el puntaje de remanencia asignado al primer piso fue muy alto (5) y al segundo muy bajo (1).

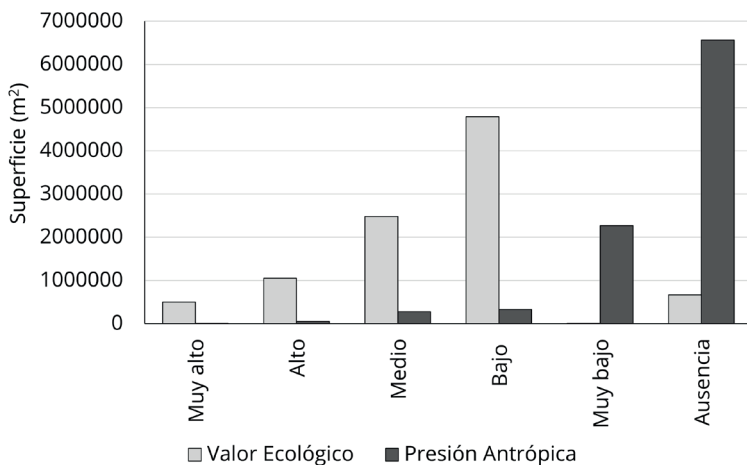
El 70% del área de estudio (6.500.270 m<sup>2</sup>) se encuentra fuera de su área de influencia de las quebradas (> 200 m), por lo que no tuvieron puntuación (0). Las puntuaciones asignadas al resto del área según distanciamiento a quebradas fueron: muy baja (1) para los anillos más externos del sistema de quebradas; baja (2) para los externos, aunque centrales, en los drenes de orden 1; moderada (3) para aquellos menos marginales y centrales en el caso de los drenes de orden 2; alta (4) para aquellos centrales de los drenes de orden 3 (incluidas las quebradas Huallalolén y La Totorá) y muy alta (5) para el anillo central de la Quebrada La Ermita.

Las clases de puntajes de Valor Ecológico y la superficie que cubren son presentadas en las Figuras 3 y 4, respectivamente, permitiendo apreciar la prevalencia espacial de las clases “bajo” y “medio” (4.791.300 y 2.478.700m<sup>2</sup>, respectivamente), circunscritas principalmente a las franjas riparianas de la cuenca de interés.

La Tabla 5 muestra la puntuación de Presión Antrópica asignada a cada uno de los polígonos de las clases de actividad antrópica de acuerdo con las cuatro variables consideradas. En cuanto a alcance, las clases fluctuaron entre puntuaciones baja (2: “aislado”) y muy baja (1: “localizado”), debidas a su discrecionalidad puntual o lineal en el espacio. En cuanto a impacto, las clases “autopista nororiente” y “asentamiento menor” obtuvieron una puntuación muy alta (5: “severo”), en respuesta al elevado dinamismo y difusión de su intervención en la cuenca (dado por el tráfico recurrente de personas), en contraposición con las clases restantes, a las que se les asignaron las menores



**Figura 3.** Cartografía de Valor Ecológico del área de estudio.



**Figura 4.** Superficie ocupada por las clases de Valor Ecológico y Presión Antrópica del área de estudio.

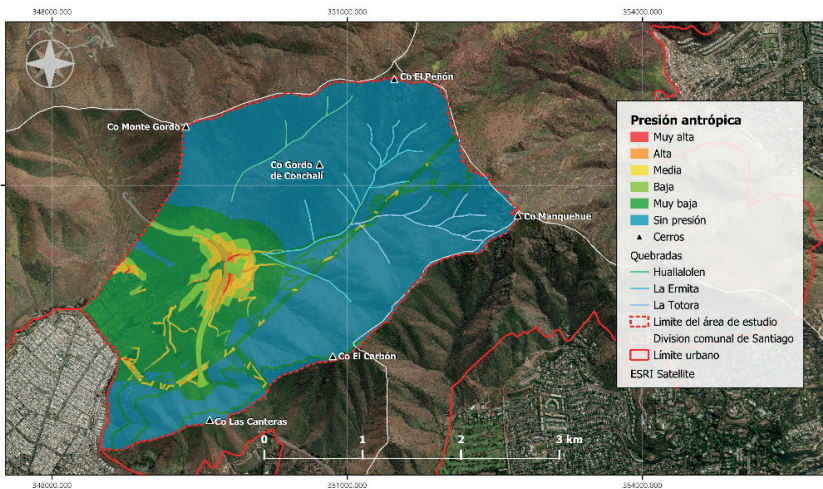
puntuaciones. En términos de permanencia, las clases “subestación eléctrica”, “línea de alta tensión” y “autopista nororiente” obtuvieron una puntuación muy alta (5: “indefinido”), a causa de su intrínseca irreversibilidad, aspecto que se morigera en el caso de las clases restantes, a las que consecuentemente, se les asignaron menores puntajes. La variable tendencia arrojó una puntuación moderada en todas las clases (3: “mantención”), en tanto en el último quinquenio no exhibieron cambios en su alcance, impacto y permanencia.

**Tabla 5.** Puntuación asignada a cada polígono de las clases de vegetación nativa del área de estudio según variable de Presión Antrópica

Clase de actividad antrópica	Variables de Presión Antrópica						
	Clase	Superficie (m <sup>2</sup> )	Alcance	Impacto	Permanencia	Tendencia	Suma
Subestación eléctrica		87.664,34	1	3	5	3	12
Línea de alta tensión*		-	1	2	5	3	11
Autopista nororiente		65.153,5	2	5	5	3	15
Caminos de tierra		102.754,5	1	2	4	3	10
Asentamiento menor		23.388,1	2	5	3	3	13
Terreno agrícola		25.430,93	2	2	2	3	9

\* No aplica el cálculo de superficie sobre LAT (línea de alta tensión) por su carácter espacial lineal.

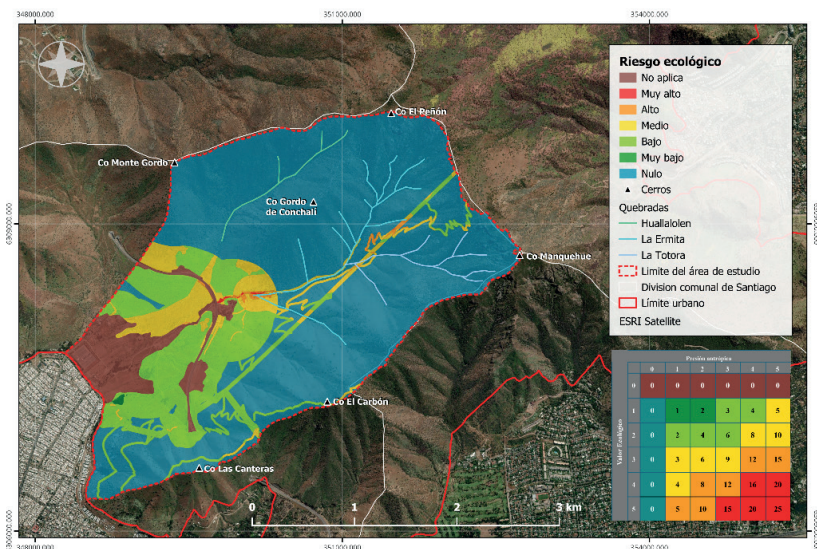
Las clases de puntajes de Presión Antrópica y la superficie que cubren son presentadas en las Figuras 4 y 5, respectivamente. Descartando aquellas áreas carentes de puntuación, se evidencia la dominancia espacial de la clase “muy bajo” (2.260.720 m<sup>2</sup>) en torno a la sección baja de la cuenca, donde se alojan numerosas actividades antrópicas.



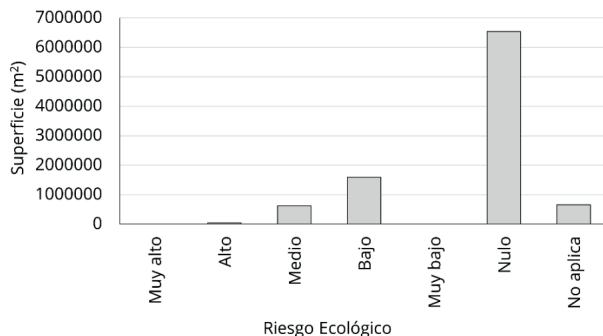
**Figura 5.** Cartografía de Presión Antrópica del área de estudio.

### 3.3 Zonificación ecológica

Las Figuras 6 y 7 muestran la distribución espacial y superficie ocupada por las clases de Riesgo Ecológico, respectivamente, resultantes del cruce de clases de Valor Ecológico y Presión Antrópica. El mayor Riesgo Ecológico se concentró en torno a la sección baja de la cuenca, donde se observa la predominancia de las clases “medio” y “bajo” (622.288 y 1.592.258 m<sup>2</sup>, respectivamente). Las clases de Riesgo Ecológico “alto” y “muy alto” en tanto (43.929 y 5.672 m<sup>2</sup>, respectivamente), se remitieron a puntos muy acotadas del área de estudio, asociados a la autopista, senderos y asentamientos poblados.

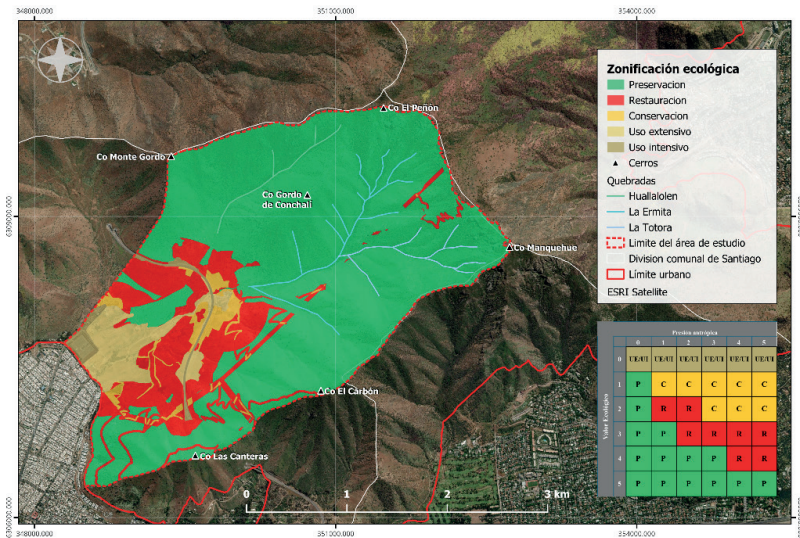


**Figura 6.** Cartografía de Riesgo Ecológico del área de estudio, resultante del cruce de clases de Valor Ecológico y Presión Antrópica, detallado en la matriz adosada a la leyenda.

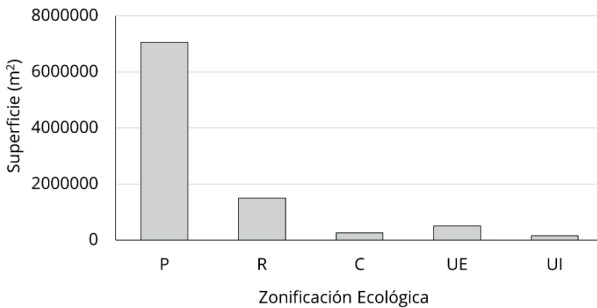


**Figura 7.** Superficie ocupada por las clases de Riesgo Ecológico del área de estudio.

Finalmente, las Figuras 8 y 9 presentan la distribución espacial y superficie ocupada por las clases de zonificación ecológica, respectivamente, resultantes del cruce de clases de Valor Ecológico y Presión Antrópica. La clase “preservación” fue la más dominante, cubriendo el 77,84% del área de estudio (7.056.653 m<sup>2</sup>) y distribuyéndose en torno a gran parte de las superficies carentes de Riesgo Ecológico. La clase “restauración”, abarcó la segunda mayor superficie del área de estudio (1.502.481 m<sup>2</sup>), quedando circunscrita a gran parte de superficies clasificadas con un Riesgo Ecológico “bajo”. Las clases restantes se localizaron de forma muy puntual en la zona baja de la cuenca, donde la totalidad de actividades antrópicas se emplazan.



**Figura 8.** Cartografía de zonificación ecológica del área de estudio, detallada en la matriz adosada a la leyenda.



**Figura 9.** Superficie ocupada por las clases de zonificación ecológica definidas para el área de estudio: preservación (P), restauración (R), conservación (C), uso extensivo (UE), uso intensivo (UI).

## 4. Discusión y conclusiones

La fiabilidad de los resultados arrojados por un estudio de zonificación ecológica como el aquí presentado, dependerá en primera instancia, de la calidad de la información empleada en la etapa de inventario territorial. Esto implica contar con fuentes secundarias o primarias sobre las principales coberturas/usos de suelo a ser valoradas posteriormente, con un nivel de detalle espacial acorde a la escala cartográfica definida por la dimensión y heterogeneidad espacial del área de estudio. Por este motivo, resulta sugerible que estudios de esta índole basados en dicho catastro, puedan someterlo a verificación, como aquí se buscó hacer, o recurrir a fuentes alternativas, como el recientemente creado Plan Maestro Ambiental de la comuna de Huechuraba (DMAH, 2024). Este brinda una cartografía de clasificación de formaciones vegetales que abarca la cuenca de interés, sustentándose, de formar similar al presente estudio, en la modificación del Catastro de Uso de Suelo y Vegetación mediante interpretación visual de imágenes satelitales y trabajo en terreno. Para esto, incorporó criterios de cobertura, dominancia y fisonomía, que le confieren el suficiente detalle informativo como para emplearla en metodologías de zonificación ecológica.

Si bien la selección de las variables de biodiversidad empleadas en la etapa de evaluación ecológica de este estudio se fundamentó en evidencias bibliográficas sobre su utilidad en contextos de zonificación ecológica del país (Centro EULA, 2004; GORE RM, 2015; Pérez *et al.*, 2013; MMA & ONU, 2021), cabe escrutar la pertinencia de su elegibilidad en atención a las singularidades del ecosistema objetivo. Al respecto, en el área de estudio, la baja presencia de flora exótica significó que las variables riqueza de especies nativas y de especies endémicas, arrojaran puntuaciones predominantemente muy altas en las clases de vegetación nativa consideradas, comportándose virtualmente como constantes y teniendo, por consiguiente, un efecto neutro en la discriminación de Valor Ecológico.

Aunque lo anterior denota un aspecto positivo en relación con del estado de conservación de los ecosistemas objetivo, también abre la posibilidad de incorporar otras variables que pudieran resultar ser más diferenciadoras de los atributos ecológicos del área de estudio, contribuyendo a refinar la valoración perseguida. Esto, a la luz del singular declive que está experimentando el bosque esclerófilo chileno en comparación con sus homólogos a nivel mundial, como consecuencia de la prolongación de sequías asociadas al cambio climático, menguando los servicios ecosistémicos que este brinda; muchos dependientes de la preservación de la estructura y composición de sus formaciones (Garreaud *et al.*, 2019; Miranda *et al.*, 2023; Smith-Ramírez *et al.*, 2023).

En esta línea, en el contexto nacional han sido empleadas variables de filtro fino relacionados con la diversidad y dominancia de la flora (PNUD, 2016), o con consideraciones especiales de conservación de sus especies (Centro EULA, 2004). Sobre esto último, la literatura internacional reconoce diversos criterios de conservación de una especie de flora dada, a partir de lo cual la

define como: focal, objetivo, sombrilla, emblemática, piedrangular, rara, etc. (Groves *et al.*, 2002; Gallego & Finegan, 2004; Higgins & Esselman, 2006; Kattan *et al.*, 2007; Foundations of Success [FOS], 2018). En cuanto a filtro grueso, han sido empleadas variables de representatividad, singularidad y pristinidad de ecosistemas, así como variables vinculadas con servicios ecosistémicos o infraestructura ecológica (Centro EULA, 2004; Pérez *et al.*, 2013; Vásquez, 2016; MMA y ONU, 2020, 2021). Por otra parte, la inclusión de variables físicas de tipo geológico, edáfico, climático, hidrológico, ecológico y biogeográfico (Müssner & Platcher, 2002; Higgins & Esselman, 2006; FOS, 2018), podría verse favorecida por la creciente disponibilidad de modelos bioclimatológicos, modelos digitales de elevación e índices espectrales de vegetación (MMA & ONU, 2021).

Los resultados evidencian que las áreas con mayor Valor Ecológico del área de estudio correspondieron ciertamente a franjas de vegetación ribereña. Estas, se caracterizan por conformar corredores biológicos, cuyo rol ecológico se ve amenazado principalmente por la introducción y asilvestramiento de especies exóticas, la compactación de suelos por el tránsito humano/animal frecuente y el raleo ilegal. A pesar de que en Chile existen numerosos cuerpos legales y reglamentarios sobre zonas riparianas, su ineficacia e incumplimiento advierte sobre la necesidad de preservarlas explícitamente mediante herramientas de planificación como lo son las zonificaciones ecológicas (Romero *et al.*, 2014).

Cabe destacar que los resultados de las clasificaciones de Valor Ecológico y Presión Antrópica aquí presentados, responden al criterio estadístico del método de quiebres naturales empleado; sujeto a la distribución de los datos, haciéndolos, por lo tanto, caso-dependientes. Por esta razón, la exploración de clasificaciones de ambas dimensiones basadas en criterios empíricos podría ser de utilidad en estudios que pretendan la transferibilidad y comparabilidad de resultados.

La metodología aquí propuesta busca superar las limitaciones de la planificación convencional al integrar escalas múltiples de análisis: indicadores de filtro fino y grueso, respondiendo así a la necesidad de adaptar estos instrumentos a las dinámicas socioecológicas reales de los *hotspots* de biodiversidad, donde suelen fallar al aplicar criterios rígidos a escalas inapropiadas (Delgado, 2013; Romero y Vásquez, 2005; MMA & ONU, 2021). Como resultado, mientras la zona alta de la cuenca presenta bajos riesgos ecológicos, justificando su preservación, el sector bajo enfrenta presiones antrópicas críticas que demandan restauración y manejo sustentable. Estos hallazgos podrían ser considerados por organismos con competencia en planificación territorial, con miras a anticiparse a la agudización de presiones sobre este Sitio Prioritario y Área de Preservación Ecológica, que por su proximidad a la ciudad Santiago se erige como una zona estratégica para el bienestar ambiental de su población.

## Bibliografía

- Alaniz, A.; Galleguillos, M. & Pérez-Quezada, J. (2016). Análisis de la representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas para la conservación de ecosistemas amenazados: El Caso del *hotspot* de Chile Central. 1<sup>er</sup> Congreso Nacional 2016 SNASPE, 22-25 noviembre, CONAF y Universidad de Temuco. Temuco, Chile.
- Atienza, M. & Aroca, P. (2012). Concentración y crecimiento en Chile: una relación negativa ignorada. *EURE*, 38 (114), 257-277.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612012000200010>
- Chicureo Hoy* (junio 29, 2022). Modificación en Plan Regulador Comunal de Colina busca definir altura máxima de edificación. Actualidad.  
<https://www.chicureohoy.cl/actualidad/modificacion-en-plan-regulador-comunal-de-colina-busca-definir-altura-maxima-de-edificacion/>
- Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF) (2017a). Inventario de fauna vertebrada terrestre presente en la comuna de Vitacura.  
[https://vitacura.cl/descargas/la\\_municipalidad/ordenanzas/Inventario%20Fauna%20Vitacura.pdf](https://vitacura.cl/descargas/la_municipalidad/ordenanzas/Inventario%20Fauna%20Vitacura.pdf)
- Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF) (2017b). Inventario de flora vascular terrestre presente en la ladera sur del cerro Manquehue, comuna de Vitacura.  
[https://vitacura.cl/descargas/la\\_municipalidad/ordenanzas/Inventario%20Flora%20Vitacura.pdf](https://vitacura.cl/descargas/la_municipalidad/ordenanzas/Inventario%20Flora%20Vitacura.pdf)
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN) (febrero 8, 2003a). Decreto 693 exento. *Establece Área Prohibida de Caza "Santiago Andino", Región Metropolitana*.  
<https://bcn.cl/3lo79>
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN) (julio 30, 2003b). Ley 20283. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Ministerio de Agricultura. <https://bcn.cl/2f284>
- Centro EULA (2004). *Establecimiento de un ordenamiento territorial orientado a la protección y uso sustentable del área del cordón de Cantillana*.  
[https://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-37028\\_eula.pdf](https://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-37028_eula.pdf)
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (1999). *Informe técnico. Estudio de Impacto Ambiental proyecto: "Línea de transmisión a subestación de transformación el Salto"*.
- Delgado, G. C. (2013). ¿Por qué es importante la ecología política? *Revista Nueva Sociedad*, 244, 47-60. <https://nuso.org/articulo/por-que-es-importante-la-ecologia-politica/>
- Díaz, F. & Acosta, B. (2012). Bosque y matorral esclerófilo mediterráneo. *Revista Ambienta*, 98, 52-65.
- Dirección de Medio Ambiente Huechuraba (DMAH) (2024). *Plan maestro ambiental Huechuraba*. [https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2024/07/PlanMaestroAmbiental\\_Huechuraba.pdf](https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2024/07/PlanMaestroAmbiental_Huechuraba.pdf)
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC) (2024). Reporte anual de la evolución del clima en Chile. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/publicaciones/reporteEvolucionClima/reporteEvolucionClima2023.pdf>
- Fernández, I. (2009). Recuperación de los cerros islas: ¿Una posible solución a los problemas ambientales de Santiago? *Ambiente Total*, 2 (3), 2-12.
- Fernández, I. (2011). Los cerros islas como hábitats de fauna y generadores de servicios ambientales para la ciudad de Santiago de Chile. *Ciencia Ambiental*, 1, 9-15.

- Foundations of Success (FOS) (2018). *Conceptualizing and planning conservation projects and programs*.  
[https://fosonline.org/wp-content/uploads/2011/11/Conceptualizing-and-Planning-Conservation-Projects-and-Programs-DRAFT\\_2019.pdf](https://fosonline.org/wp-content/uploads/2011/11/Conceptualizing-and-Planning-Conservation-Projects-and-Programs-DRAFT_2019.pdf)
- Gajardo, M. R. (1994). *La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Gallego, B. & Finegan, B. (2004). Evaluación de enfoques para la definición de especies arbóreas indicadoras para el monitoreo de la biodiversidad en un paisaje fragmentado del corredor biológico mesoamericano. *Recursos Naturales y Ambiente*, 41, 49-61.
- Gangas, R. (2015). Una mirada al matorral y bosque esclerófilo de Chile: importancia, transformación y desafíos. *Bosque Nativo*, 54, 29-36.
- Garreaud, R.; Boisier, J. P.; Rondanelli, R.; Montecinos, A.; Sepúlveda, H. G. & Veloso-Águila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40 (1), 421-439.
- Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (GORE RM) (2015). *Estrategia regional para la conservación de la biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015-2025*. [https://www.gobiernosantiago.cl/wpcontent/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia\\_Regional\\_para\\_la\\_Conservacion\\_de\\_la\\_Biodiversidad\\_RMS\\_2015-2024\\_2014.pdf](https://www.gobiernosantiago.cl/wpcontent/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia_Regional_para_la_Conservacion_de_la_Biodiversidad_RMS_2015-2024_2014.pdf)
- Groves, C. R.; Jensen, D. B.; Valutis, L. L.; Redford, K. H.; Shaffer, M. L.; Scott, J. M.; Baumgartner, J. V.; Higgins, J. V.; Beck, M. W. & Anderson, M. G. (2002). Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice: a seven-step framework for developing regional plans to conserve biological diversity, based upon principles of conservation biology and ecology, is being used extensively by the nature conservancy to identify priority areas for conservation. *BioScience*, 52 (6), 499-512.  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0499:PFBCPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0499:PFBCPC]2.0.CO;2)
- Higgins, J. & Esselman, R. (2006). *Ecoregional Assessment and Biodiversity Vision Toolbox. The Nature Conservancy*. <https://www.conservationgateway.org/Files/Pages/ecoregional-assessment-to.aspx>
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *GSA Bulletin*, 56 (3), 275-370.  
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2017). Estimaciones y proyecciones a nivel regional de la población de Chile 2002-2035. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>
- Kattan, G.; Naranjo, L. M. & Rojas, V. (2007). Selección de especies focales. En G. Kattan & L. M. Naranjo (eds.), *Regiones biodiversas, Elementos para la planificación de Sistemas Regionales de Áreas Protegidas*. WCS Colombia-Fundación Ecoandina-WWF Colombia: Cali, Colombia, (154-166).
- La Tercera* (2010). Yuraszeck, Zylberberg y Brito toman el control de 1.200 hectáreas en Huechuraba. <https://www.latercera.com/diario-impreso/yuraszeck-zylberberg-y-brito-toman-el-control-de-1200-hectareas-en-huechuraba/>
- Luebert, F. & Pliscoff, P. (2017). *Pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff 2017*. Geoportal IDE Chile. <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/download/d9aca777-8e22-35ee-96a1-c8cfe7d8019a>

- Martínez, K. & Vallina, A. (2023). Ocupación territorial en la precordillera andina: ¿futura conurbación en comunas del sector nororiente de la Región Metropolitana de Santiago, Chile? *Ería*, 43, 275-291. <https://10.17811/er.43.2023.275-291>
- Massai, N.; Ortiz, D. & Riffo, J. (marzo 5, 2020). El área protegida que está en riesgo por el avance de proyectos inmobiliarios en Chicureo y La Dehesa. *Interferencia*. <https://interferencia.cl/articulos/el-area-protegida-que-esta-en-riesgo-por-el-avance-de-proyectos-inmobiliarios-en-chicureo>
- McCoy, R. M. (2005). *Field Methods in Remote Sensing*. The Guilford Press.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI) (2019). *Catastro de uso de suelo y vegetación*. <https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/>
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2023). *Clasificación de especies*. <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA & Organización de las Naciones Unidas —ONU) (2020). *Planificación ecológica a escala local: Zona central, Chile*. [https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2020/12/Libro\\_Plan\\_Eco\\_GEFMontana.pdf](https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2020/12/Libro_Plan_Eco_GEFMontana.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA & Organización de las Naciones Unidas —ONU) (2021). *Guía metodológica: Planificación ecológica a escala local y regional*. [https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2021/03/Guia\\_Metodologica\\_PlanEco\\_GEFMontana.pdf](https://gefmontana.mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2021/03/Guia_Metodologica_PlanEco_GEFMontana.pdf)
- Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2002). *Estudio de Impacto Ambiental: Concesión internacional acceso nor-oriente a Santiago sector oriente enlace Centenario - enlace Av. del Valle: Resumen ejecutivo*. <https://catalogo.extension.cchc.cl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4862>
- Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2005). Declaración de Impacto Ambiental: Rectificación del trazado descrito en los considerandos 3.2.1 a 3.2.7 de la Resolución Exenta N.º 273/2003. <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=e8/ef/25bffcfc762129c9ff81684607763aeb2eb4>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2010). *Ordenanza Plan Regulador Metropolitano de Santiago 2010*. <https://ciperchile.cl/pdfs/2015/03/mineria-maipu/PRMS.pdf>
- Miranda, A.; Syphard, A. D.; Berdugo, M.; Carrasco, J.; Gómez-González, S.; Ovalle, J. F.; Delpiano, C. A.; Vargas, S.; Squeo, F. A.; Miranda, M. D.; Dobbs, C.; Mentler, R.; Lara, A. & Garreaud, R. (2023). Widespread synchronous decline of Mediterranean-type forest driven by accelerated aridity. *Nature Plants*, 9, 1810-1817. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01541-7>
- Municipalidad de Huechuraba (2013). *PLADECO de Huechuraba 2013-2026*. <https://www.huechuraba.cl/files/get/299>
- Müssner, R. & Plachter, H. (2002). Methodological standards for nature conservation: casestudy landscape planning. *Journal for Nature Conservation*, 10 (1), 3-23. <https://doi.org/10.1078/1617-1381-00002>
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. San Diego Management & Monitoring Program. *Nature*, 403, 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Olson, D. M. & Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89 (2), 199-224. <https://doi.org/10.2307/3298564>
- Pangui, C. J. (2014). *Propuesta de zonificación del sitio prioritario para la conservación Mehuín-Río Lingue, en base a valoración de atributos naturales y culturales*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Austral de Chile].

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/fifp191p/doc/fifp191p.pdf>

- Peñuelas, J.; Sardans, J.; Filella, I.; Estiarte, M.; Llusà, J.; Ogaya, R.; Carnicer, J.; Bartrons, M.; Rivas-Ubach, A.; Grau, O.; Peguero, G.; Margalef, O.; Pla-Rabés, S.; Stefanescu, C.; Asensio, D.; Preece, C.; Liu, L.; Verger, A.; Barbeta, A.; Achotegui-Castells, A.; Gargallo-Garriga, A.; Sperlich, D.; Farré-Armengol, G.; Fernández-Martínez, M.; Liu, D.; Zhang, C.; Urbina, I.; Camino-Serrano, M.; Vives-Ingla, M.; Stocker, B.D.; Balzarolo, M.; Guerrieri, R.; Peaucelle, M.; Marañón-Jiménez, S.; Bórnez-Mejías, K.; Mu, Z.; Descals, A.; Castellanos, A. & Terradas, J. (2017). Impacts of global change on Mediterranean forests and their services. *Forests*, 8 (12), 463. <https://doi.org/10.3390/f8120463>
- Pérez, J., Valdés, A. & Ulloa, J. (2013). Valor Ecológico, Servicios Ecosistémicos y Plan Indicativo de los Sitios Prioritarios Cerros de Lonquén y Chena. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120286>
- Picon, M. C.; de la Barrera, F.; Contreras, C.; Reyes-Paecke, S. & Berrizbeitia, A. (2023). Cerros isla en las ciudades de Chile: oportunidades para una planificación ecológica. *Revista INVI*, 38 (108), 255-298. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2023.66953>
- Pino, P. (octubre 2, 2017). Yuraszcek y familias Rabat y Schiess entre los propietarios del cerro Manquehue. *La Segunda*. <https://digital.lasegunda.com/2017/10/02/A/GT38C159>
- Pliscoff, P. (2022). *Actualización de las Áreas Protegidas de Chile: Análisis de Representatividad y Riesgo Climático*. Centro de Estudios Públicos (CEP). <https://www.cepchile.cl/investigacion/actualizacion-de-las-areas-protegidas-de-chile-analisis-de/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2016). *Estudio para la definición de áreas de protección natural y/o patrimonial, en el piedemonte andino del sector oriente*. Universidad de Chile. [https://metropolitana.minvu.gob.cl/wp-content/files\\_mf/1620847178ANEXOD1.PDF](https://metropolitana.minvu.gob.cl/wp-content/files_mf/1620847178ANEXOD1.PDF)
- Riffo, J. (febrero 25, 2022). Super de Medioambiente ordena evaluación ambiental del proyecto inmobiliario Chaguay y sienta precedente sobre construcción en áreas de preservación ecológica. *Interferencia*. <https://interferencia.cl/articulos/super-de-medioambiente-ordena-evaluacion-ambiental-del-proyecto-inmobiliario-chaguay-y>
- Rojas, I. (febrero 22, 2022). Febrero en Santiago y urbanismo. *El mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2022/02/22/febrero-en-santiago-y-urbanismo/>
- Romero, F.; Cozano M.; Gangas, R. & Naulin, P. (2014): Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*, 35 (1), 3-12. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Romero, H. & Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *EURE*, 31 (94), 97-117. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009400006>
- Schulz, J.J.; Cayuela, L.; Rey-Benayas, J. M.; Schröder, B. (2011). Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). *Applied Vegetation Science*, 14, 571-582. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01135.x>
- Smith-Ramírez, C.; Grez, A.; Galleguillos, M.; Cerda, C.; Ocampo-Melgar, A.; Miranda, M. D.; Muñoz, A. A.; Rendón-Funes, A.; Díaz, I.; Cifuentes, C.; Alaniz, A.; Seguel, O.; Ovalle, J.; Montenegro, G.; Saldes-Cortés, A.; Martínez-Harms, M. J.; Armesto, J. J. & Vita, A. (2023). Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and

- shrublands on the verge of collapse: A review. *Journal of Arid Environments*, 211, 104927. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104927>
- Universidad de Chile (2002). *Planificación Ecológica del Territorio. Guía Metodológica*. Andros. [https://www.u-cursos.cl/fau/2016/1/GEO-802/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=1361717](https://www.u-cursos.cl/fau/2016/1/GEO-802/1/material_docente/bajar?id_material=1361717)
- Vásquez, A. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63, 63-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100005>
- Zerega, E. A. (2014). *Análisis del plan regulador metropolitano de Santiago en las zonas rurales y de conservación de la biodiversidad de la Región Metropolitana*. [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Chile]. [https://enzozerega-portfolio-files.s3.eu-north-1.amazonaws.com/BD\\_Thesis\\_Enzo\\_Zerega.pdf](https://enzozerega-portfolio-files.s3.eu-north-1.amazonaws.com/BD_Thesis_Enzo_Zerega.pdf)