

Propuesta de corredores ecológicos en la cuenca del río Aconcagua, región de Valparaíso, Chile*

Carla Mujica Vera♦

Resumen

La pérdida y fragmentación del hábitat representan una amenaza crítica para la biodiversidad, especialmente en contextos de creciente presión territorial. Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo proponer corredores ecológicos en la cuenca del río Aconcagua, región de Valparaíso (Chile), que favorezcan la conectividad entre áreas protegidas. La metodología se basó en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante la elaboración de un mapa de fricción y el análisis de rutas de menor costo, priorizando elementos del paisaje como quebradas, zonas ribereñas y humedales. Como resultado, se identificaron seis corredores potenciales que enlazan áreas núcleo. Se evidencian como barreras principales la infraestructura vial y la actividad minera, mientras que los usos agrarios y forestales podrían integrarse a la red de conectividad desde una lógica de manejo híbrido. Se concluye que los cuerpos de agua y humedales cumplen un rol estratégico en la conectividad ecológica, particularmente en un contexto de escasez hídrica. La articulación efectiva de estos elementos requiere políticas públicas integradoras que reconozcan la complejidad socioecológica del territorio.

Palabras clave: biodiversidad, conservación de la naturaleza, corredores biológicos, cuenca hidrográfica, planificación del uso de la tierra, recursos hídricos, sistema de información geográfica.

Ideas destacadas: artículo de investigación que propone corredores biológicos en la cuenca del río Aconcagua, utilizando SIG para conectar áreas protegidas. Identifica barreras y oportunidades del territorio, resaltando el papel de humedales y políticas integradoras frente a la crisis hídrica y la fragmentación del hábitat.



RECIBIDO: 26 DE ENERO DE 2022. | EVALUADO: 18 DE JULIO DE 2022. | ACEPTADO: 05 DE JUNIO DE 2023.

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Mujica Vera, Carla. 20245 “Propuesta de corredores ecológicos en la cuenca del río Aconcagua, región de Valparaíso, Chile”. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 34 (2): 422-437. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v34n2.100709>.

* Investigación enmarcada en el Seminario de Grado para el título de Geógrafa, otorgado por la Universidad Alberto Hurtado.

♦ Universidad Alberto Hurtado, Santiago – Chile. ✉ mujicaveracarla@gmail.com – ORCID: 0000-0002-2178-2158.

✉ Correspondencia: Carla Mujica Vera, Av. Principal Capitán Ignacio Carrera Pinto 1243, Conchalí, Región Metropolitana, Chile.

Proposal For Ecological Corridors in the Aconcagua Basin, Valparaíso Region, Chile

Abstract

Habitat loss and fragmentation represent a critical threat to biodiversity, especially in contexts of increasing territorial pressure. In view of this problem, the present study aims to propose ecological corridors in the Aconcagua river basin, Valparaíso region (Chile), that favor connectivity between protected areas. The methodology was based on the use of Geographic Information Systems (GIS), through the elaboration of a friction map and the analysis of least-cost routes, prioritizing landscape elements such as streams, riparian zones and wetlands. As a result, six potential corridors linking core areas were identified. The main barriers are road infrastructure and mining activity, while agricultural and forestry uses could be integrated into the connectivity network from a hybrid management logic. It is concluded that water bodies and wetlands play a strategic role in ecological connectivity, particularly in a context of water scarcity. The effective articulation of these elements requires integrative public policies that recognize the socioecological complexity of the territory.

Keywords: biodiversity, nature conservation, biological corridors, watershed, land use planning, water resources, geographic information system.

Highlights: research article that proposes biological corridors in the Aconcagua river basin, using GIS to connect protected areas. It identifies barriers and opportunities of the territory, highlighting the role of wetlands and integrative policies in the face of the water crisis and habitat fragmentation.

Proposta de corredores ecológicos na bacia do rio Aconcagua, região de Valparaíso, Chile

Resumo

A perda e a fragmentação do habitat representam uma ameaça crítica à biodiversidade, especialmente em contextos de crescente pressão territorial. Em vista desse problema, o presente estudo tem como objetivo propor corredores ecológicos na bacia do rio Aconcágua, região de Valparaíso (Chile), que favoreçam a conectividade entre áreas protegidas. A metodologia baseou-se no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio da elaboração de um mapa de fricção e da análise de rotas de menor custo, priorizando elementos da paisagem, como riachos, zonas ripárias e áreas úmidas. Como resultado, foram identificados seis corredores em potencial ligando áreas centrais. A infraestrutura rodoviária e a atividade de mineração foram identificadas como as principais barreiras, enquanto os usos agrícolas e florestais poderiam ser integrados à rede de conectividade por meio de uma lógica de gerenciamento híbrido. Conclui-se que os corpos d'água e as áreas úmidas desempenham um papel estratégico na conectividade ecológica, especialmente em um contexto de escassez de água. A articulação efetiva desses elementos exige políticas públicas integradoras que reconheçam a complexidade socioecológica do território.

Palavras-chave: biodiversidade, conservação da natureza, corredores biológicos, bacia hidrográfica, planejamento do uso da terra, recursos hídricos, sistema de informações geográficas.

Ideias destacadas: artigo de pesquisa que propõe a implementação de corredores biológicos na bacia do rio Aconcágua, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para conectar áreas protegidas. Identifica barreiras e oportunidades territoriais, destacando o papel das zonas úmidas e das políticas integradoras frente à crise hídrica e à fragmentação dos habitats.

Introducción

La transformación antrópica del medio, en disonancia con el resto de las especies, ha provocado una creciente pérdida y fragmentación del hábitat (Rudnick et ál. 2012). La pérdida de hábitat se define como la disminución de su cantidad disponible a causa de la transformación del paisaje, mientras que su fragmentación se refiere como un proceso de largo plazo en el que un área continua de hábitat se divide en pequeños parches, aislados entre sí y rodeados por una matriz cuyas características difieren del hábitat original (Wilcove, McLellan y Dobson 1986). Ambos procesos se encuentran estrechamente relacionados. Entre sus principales causas se encuentran la intensificación de la agricultura y del aprovechamiento forestal, los procesos de urbanización y suburbanización, la construcción de infraestructura a gran escala, las actividades extractivas y los incendios forestales (Gurrutxaga y Lozano 2010).

Estas transformaciones han generado importantes pérdidas de biodiversidad (Santos y Tellería 2006; Haddad et ál. 2015, WWF 2020), entendidas como todas las formas de vida en la Tierra, “incluidos ecosistemas, animales, plantas, hongos, microorganismos y diversidad genética” (CBD 2011, 2). Tal situación ha llevado a diversos autores a hablar de una crisis ambiental (Hoekstra et ál 2004; Gudynas 2010; Gurrutxaga y Lozano 2010), en tanto los ecosistemas sustentan la vida humana al brindar servicios de provisión, regulación, soporte y servicios culturales (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Esta interdependencia ha dotado de urgencia a las acciones de conservación (IUCN 1980; WWF 2020).

Una de las estrategias más comunes para la conservación de la biodiversidad es el establecimiento de áreas protegidas, definidas internacionalmente como “[u]n espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley 2008, 10). En Chile, las áreas protegidas se categorizan como reservas, parques, santuarios, monumentos y áreas de protección privada (Praus, Palma y Domínguez 2011). Sin embargo, diversos autores advierten que estas áreas, por sí solas, suelen presentar un grado de aislamiento que compromete los objetivos de conservación iniciales (Bennet 2003; Jongman y Pungetti 2004; CBD 2011; Holl y Aide 2011; Rudnick et ál. 2012) en tanto no garantizan procesos ecológicos como el flujo genético, migración,

dispersión, y recolonización, todos fundamentales para el mantenimiento de poblaciones sanas (Gurrutxaga y Lozano 2006; Baguette et ál. 2012; Rudnick et ál. 2012; Correa et ál. 2015). Adicionalmente, la efectividad de estas áreas puede verse limitada por las características del paisaje circundante, lo cual puede generar estrés climático, mayor presencia de predadores e influencia de especies exóticas invasoras (Farina 2006).

Existe, por tanto, un amplio consenso en torno a conectar los hábitats, dado que la conectividad favorece los procesos de flujo e intercambio que sostienen la vida de las especies (Taylor et ál. 1993; Forman 1995; Bennet 2003; Lindenmayer y Fischer 2006).

La conectividad ecológica, o del paisaje, se refiere a la capacidad de los paisajes para facilitar o impedir el movimiento de genes, propágulos (polen y semillas), individuos y poblaciones (Taylor et ál. 1993; Rudnick et ál. 2012; Pulsford et ál. 2012). De acuerdo con Taylor, Fahrig y With (2006), esta se compone de dos dimensiones: (i) la conectividad estructural, referida a las relaciones espaciales de continuidad y adyacencia entre elementos estructurales del paisaje, ignorando el comportamiento de los organismos, y (ii) la conectividad funcional, entendida como el grado de movimiento efectivo de los organismos en función de la estructura del paisaje. Esto implica que la conectividad es dependiente de cada especie, dado que estas poseen distintas capacidades de dispersión y preferencias de hábitat (Crooks y Sanjayan 2006; Rudnick et ál. 2012; Saura 2013).

Desde la ecología del paisaje se identifican tres elementos clave que lo componen: (i) los parches, que corresponden a las distintas unidades morfológicas diferenciables en el territorio; (ii) los corredores, que son las conexiones físicas entre fragmentos; y (iii) la matriz, que constituye el componente dominante del paisaje en el que se sostienen parches y corredores (Forman 1995; Vila subirós et ál. 2006). Los nodos o parches representan áreas de hábitat rodeadas de una matriz inhóspita (Pascual-Hortal y Saura 2006) y adquieren valor por su función como refugio, zonas de alimentación o reproducción, puntos de origen y destino de flujos de dispersión, o pasos intermedios entre otras áreas (Saura 2013). Los corredores, por su parte, permiten relaciones topológicas o conexiones funcionales entre estos nodos (Saura 2013). La existencia o ausencia de conexión dependerá de la capacidad potencial de una especie para dispersarse entre los dos nodos (Saura 2013).

Así, los actuales esfuerzos de conservación de la biodiversidad subrayan la necesidad de conectar hábitats,

debido a que ello posibilita el movimiento y la adaptación de las especies frente a un entorno cambiante (Pulsford et ál. 2015), especialmente relevante en un contexto de cambio climático (IPCC 2002; Mawdsley, O’Malley y Ojima 2009). En el caso chileno, la Estrategia Nacional de Biodiversidad identifica la necesidad de establecer una infraestructura ecológica compuesta por zonas de amortiguación, corredores biológicos y otras áreas de soporte, con el objetivo de “avanzar hacia una integración y funcionamiento sistémico de las áreas protegidas, conformando un mosaico interconectado de áreas naturales que posibilite la conectividad de los ecosistemas a lo largo de un territorio” (MMA 2017, 35).

A partir de lo expuesto, emergen interrogantes clave para avanzar en la conservación de la biodiversidad: ¿cómo fortalecer las iniciativas existentes hacia un sistema de áreas interconectadas?, ¿qué áreas deben ser conectadas?, y ¿cuáles presentan mayor potencial para facilitar la conectividad ecológica? Este estudio busca dar respuesta a estas preguntas en el contexto de la cuenca del río Aconcagua, ubicada en la región de Valparaíso,

mediante el siguiente objetivo general: diseñar corredores ecológicos en los sectores con mayor aptitud territorial para la conservación de la biodiversidad. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos: (i) identificar las áreas de interés que cuenten con algún grado de protección; (ii) modelar una red de conectividad ecológica utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG); y (iii) evaluar el potencial de ciertos sectores para la restauración ecológica.

Materiales y métodos

Dada la extensión del presente estudio y la disponibilidad de datos, se empleó un modelo parche-matriz-corredor, basado en la identificación de nodos y rutas de menor costo a través de una superficie de resistencia al desplazamiento de biodiversidad en general. Este modelo ha sido ampliamente utilizado para el diseño de corredores ecológicos potenciales entre parches de hábitats (Sawyer, Epps y Brashares 2011). El desarrollo metodológico se resume en la Figura 1.

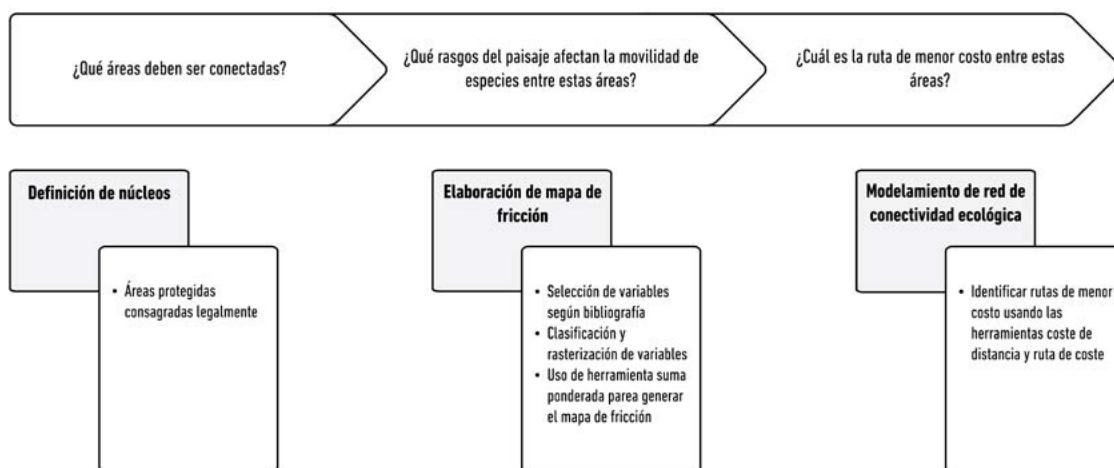


Figura 1. Esquema metodológico.

Fuente: elaboración propia con base en Sawyer, Epps y Brashares (2011).

Definición de núcleos a conectar

Se seleccionaron aquellas áreas incluidas en el Registro Nacional de Áreas Protegidas¹ que cuentan con consagración jurídica formal y rango legal (Praus,

Palma y Domínguez 2011), y que se encuentran completamente dentro de los límites de la cuenca del río Aconcagua. Se excluyeron del análisis los paisajes marinos y costeros. La Tabla 1 detalla las áreas consideradas. A cada una de estas se le extrajo su centroide para definir puntos de origen y destino en la modelación de la red de conectividad.

¹ Para mayor información véase <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/>.

Tabla 1. Áreas Protegidas seleccionadas

| Categoría | Fundamento normativo | Nombre | ha | Cód. nacional | Comuna(s) |
|----------------------------|---|----------------------------|--------|---------------|------------------|
| Parque Nacional | D.S. N° 531/67, D.L. N° 1.939/77, Ley N° 19.300, D.S. N° 4.363/31 | La Campana | 8.000 | WDPA-035 | Hijuelas y Olmué |
| Reserva Nacional | D.S. N° 531/67 y Ley N° 19.300 | Río Blanco | 5.222 | WDPA-072 | Los Andes |
| Santuario de la Naturaleza | Ley N° 17.288 | Serranía El Ciprés | 1.114 | WDPA-128 | San Felipe |
| | | El Zaino - Laguna El Copín | 6.741 | WDPA-194 | Santa María |
| Sitio RAMSAR | D.S. N° 771/81 | Parque Andino Juncal | 13.796 | ICP-057 | Los Andes |

Fuente: elaboración propia con base en MMA (2025).

Elaboración del mapa de fricción

La evaluación de las posibles rutas de desplazamiento de las especies entre nodos es realizada comúnmente mediante la identificación de caminos de menor costo a través de una superficie de fricción (Sawyer, Epps y Brashares 2011; Saura 2013). La fricción se define como el grado de resistencia del hábitat al movimiento o la probabilidad de fracaso en su desplazamiento exitoso (Adriaensen et ál. 2003; Sawyer, Epps y Brashares 2011). Esta resistencia está determinada por variables como riesgo de mortalidad, el esfuerzo físico, el costo reproductivo y energético, entre otros factores limitantes (Adriaensen et ál. 2003; Saura 2013).

La construcción del mapa de fricción implicó la división del territorio en celdas mediante una grilla espacial, asignando a cada celda un valor que representa el grado de resistencia al movimiento según las coberturas

presentes. Se atribuyeron valores bajos a los parches de hábitat de mayor calidad, y estos aumentaron conforme el paisaje se distanciaba de las condiciones ideales para las especies (Saura 2013).

En la Tabla 2 se muestran las variables utilizadas para definir la fricción, se tomaron como base los estudios de Colorado, Vásquez y Mazo (2017) y Puebla, Rodríguez y Álvarez-Amargos (2020). Las capas de información fueron extraídas del portal IDE Chile (2021), que integra datos geoespaciales de organismos públicos en formato .shp. Se generaron zonas de influencia según las distancias establecidas y posteriormente se procedió a reclasificar todas las variables según la escala establecida en la Tabla 2. Luego, se transformaron las capas a formato ráster utilizando una resolución de 15 x 15 metros. Finalmente, se aplicó la herramienta *Suma Ponderada* para obtener la superficie de costos.

Tabla 2. Variables consideradas para realizar el mapa de fricción

| Variable | Peso | Fricción | | |
|----------------------------|------|----------------------------|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Cobertura de suelo | 0,4 | Bosque nativo y humedales. | Plantaciones forestales, terrenos agrícolas, y praderas y matorrales. | Áreas desprovistas de vegetación, áreas urbanas e industriales, cuerpos de agua, nieves eternas y glaciares. |
| Distancia a cursos de agua | 0,2 | Entre 0 y 100 m | Entre 100 y 300 m | Mayor a 300 m |
| Distancia al límite urbano | 0,2 | Mayor a 300 m | Entre 100 y 300 m | Entre 0 y 100 m |
| Distancia a red vial | 0,2 | Mayor a 300 m | Entre 100 y 300 m | Entre 0 y 100 m |

Detección de rutas de menor coste

Con base en la superficie de fricción, se aplicaron las herramientas *Coste de distancia* y *Ruta de coste*, las cuales permiten determinar el trayecto de menor resistencia entre áreas protegidas previamente seleccionadas. Se generaron los centroides de cada área como puntos de origen y destino, asegurando que cada una estuviera conectada, al menos, con otras dos áreas dentro de la red de conectividad.

Biodiversidad y riesgos ecosistémicos en la cuenca del Aconcagua: fundamentos para la conservación en la ecorregión mediterránea chilena

Área de estudio

La cuenca del río Aconcagua (Figura 2) se ubica en el extremo sur de la zona de los Valles Transversales, en la V Región de Valparaíso. Con un área de 7.340 km² y una orientación general de este a oeste, el río Aconcagua nace en la cordillera de los Andes, a una altitud de 1.430 m, con la confluencia de los ríos Juncal y Blanco. Recorre 142 km hasta su desembocadura en Concón (DGA 2004).

A lo largo de su trayecto atraviesa parcialmente las provincias de Los Andes, San Felipe, Quillota, y Valparaíso. El área presenta un clima mediterráneo con una estación seca prolongada, cuya variabilidad climática está influida por la presencia de la cordillera de los Andes y de la Costa (Luebert y Plisoff 2012). Esta región forma parte del *hotspot* de biodiversidad mediterránea de Chile, reconocido internacionalmente por su alta proporción de flora y fauna endémica (Arroyo et al. 2006).

A pesar de su relevancia ecológica, la cuenca enfrenta una alta presión antrópica debido a la concentración de diversas actividades humanas (Delgado, Sepulveda y Holendorf 2013). Entre las principales amenazas, en la escala regional, se encuentran los sectores productivos —industria, actividades portuarias, agricultura, pesca, forestales y minería— que poseen gran importancia socioeconómica, particularmente en el litoral de Valparaíso (GORE 2012). Asimismo, destacan la proliferación de especies exóticas invasoras, el crecimiento poblacional, el cambio de uso del suelo, la deficiente gestión de residuos y el impacto de la industria energética (MMA 2015). En conjunto, estos factores han contribuido a la pérdida, fragmentación y aislamiento de hábitats naturales (MMA 2015).

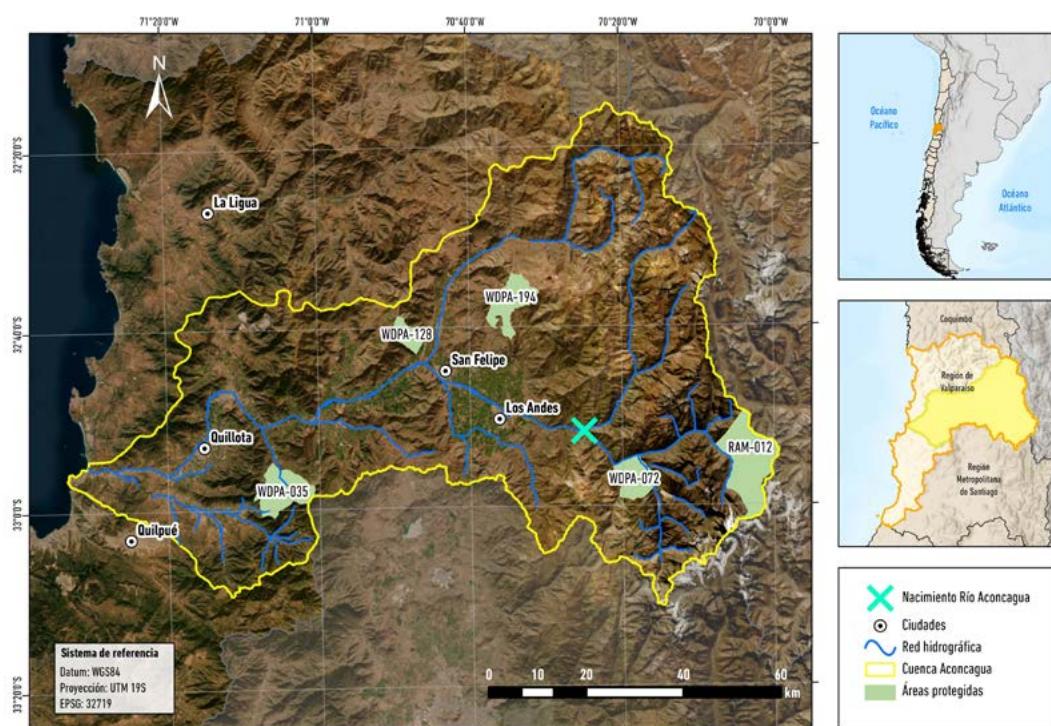


Figura 2. Área de estudio.

Datos: elaborado a partir de imagen satelital de Esri (2021) y IDE Chile (2021).

Biodiversidad en la cuenca: pisos vegetacionales y riesgos

Ante las altas fricciones para la movilidad ecológica que presenta la región de Valparaíso, resulta clave identificar los ecosistemas presentes. Para ello se recurre a los pisos vegetacionales de la cuenca del río Aconcagua (Figura 3), definidos según variables bioclimáticas, altitudinales, de formaciones vegetales, composición florística y la fisonomía de la vegetación del territorio (Luebert y Pliscoff 2006). Cada piso vegetacional representa “espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales con una fisonomía y especies dominantes asociadas a un piso bioclimático específico” (Treimun y Moya 2016). Su relevancia para el presente estudio radica en dos aspectos

fundamentales: (i) las comunidades vegetacionales asociadas que podrían verse beneficiadas con la propuesta de corredores ecológicos, y (ii) la urgencia de conservación de algunos ecosistemas terrestres a nivel nacional.

En relación con el estado de conservación de estos ecosistemas, Pliscoff (2015) aplicó los criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN, orientada a evaluar riesgos a la biodiversidad y a promover su conservación, uso sostenible y gestión adecuada. Esta metodología se basa en cinco criterios: (i) reducción en la distribución, (ii) distribución restringida, (iii) degradación ambiental, (vi) interrupción de los procesos bióticos, y (v) análisis cuantitativo del riesgo (Pliscoff 2015), clasificando los ecosistemas en ocho categorías (Figura 4).

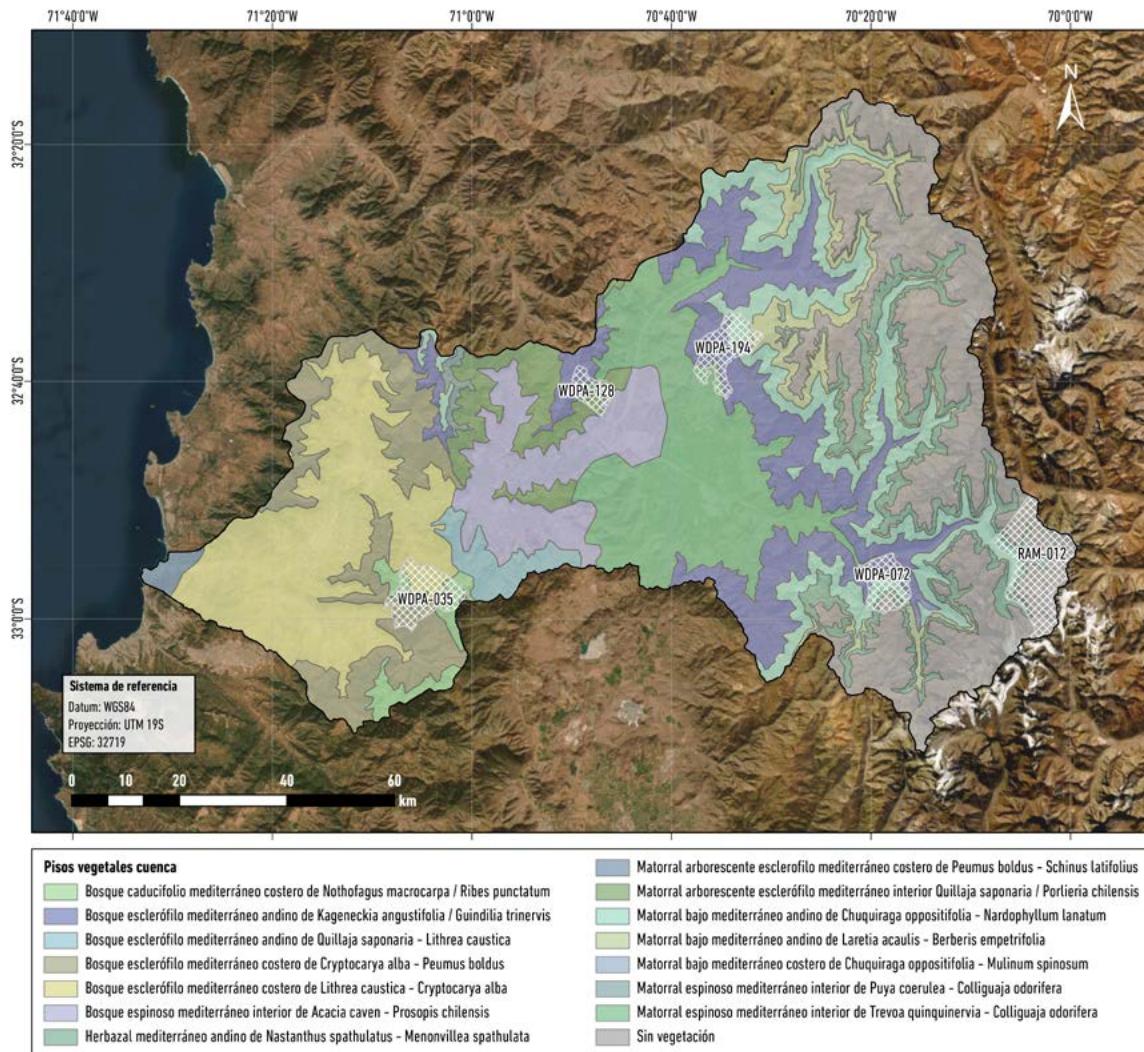


Figura 3. Pisos vegetacionales en la cuenca del río Aconcagua.

Datos: elaborado a partir de imagen satelital de Luebert y Pliscoff (2006) y IDE Chile (2021).



Figura 4. Estructura de las categorías de la Lista Roja de Ecosistemas de IUCN.

Fuente: Bland et ál. (2016).

Los criterios con suficiente data para la realización del estudio de Pliscoff (2015) fueron la disminución de la distribución geográfica (i), una distribución geográfica restringida (ii), y la degradación ambiental (iii). En base a esto, se calcularon los siguientes subcriterios:

- Subcriterio A2b: se estimó la disminución de la distribución geográfica según una proyección de la tasa de pérdida reciente entre 1992 y 2012 para extrapolarla de forma lineal a los

siguientes 30 años y así considerar un periodo total de 50 años.

- Subcriterio A3: se calculó la diferencia entre la distribución potencial de los pisos de vegetación (asumiendo cual sería el estado al año 1750) y la superficie remanente actual de los pisos (al 2014).
- Subcriterio B2: se calcula el área de ocupación (AOO) de los pisos vegetacionales según celdas de $10 \times 10 \text{ km}^2$.
- Criterio C2 de estrés hídrico, estrés térmico estival y estrés térmico invernal: se considera el estudio “Plan de Acción para la Protección y Conservación de la Biodiversidad, en un contexto de adaptación al Cambio Climático” (Pliscoff 2015), en que se calculó un índice de estrés como la variación positiva o negativa de los rangos de tolerancia bioclimática presentes respecto a un escenario al 2050.

Los resultados para los pisos vegetacionales presentes en la cuenca del río Aconcagua se presentan en la Tabla 3. Si bien éstos se basan en una escala nacional, la representatividad a nivel regional y de cuenca continúa siendo importante.

Tabla 3. Aplicación de los criterios de evaluación de riesgo IUCN para los ecosistemas terrestres de la cuenca del río Aconcagua

| ID | Piso de vegetación | A2b | A3 | B2 | C2 Estrés hídrico | C2 Estrés térmico estival | C2 Estrés térmico invernal | Clasificación final |
|-----|--|-----|----|----|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| 27 | Matorral espinoso mediterráneo interior de <i>Trevoa quinquenervia</i> y <i>Colliguaja odorifera</i> . | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| 28 | Matorral espinoso mediterráneo interior de <i>Puya coerulea</i> y <i>Colliguaja odorifera</i> . | LC | LC | NT | LC | LC | LC | NT |
| 32 | Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> y <i>Prosopis chilensis</i> . | LC | VU | LC | LC | LC | LC | VU |
| 36 | Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de <i>Peumus boldus</i> y <i>Schinus latifolius</i> . | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| 37 | Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior <i>Quillaja saponaria</i> y <i>Porlieria chilensis</i> . | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| 38 | Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Kageneckia angustifolia</i> y <i>Guindilia trinervis</i> . | LC | LC | LC | LC | VU | LC | VU |
| 39 | Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Cryptocarya alba</i> y <i>Peumus boldus</i> . | LC | LC | LC | VU | LC | LC | VU |
| 40 | Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Cryptocarya alba</i> . | LC | NT | LC | LC | LC | LC | LC |
| 41 | Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Quillaja saponaria</i> y <i>Lithrea caustica</i> . | LC | LC | LC | VU | LC | LC | VU |
| 46 | Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus macrocarpa</i> y <i>Ribes punctatum</i> . | LC | LC | LC | VU | LC | LC | VU |
| 111 | Matorral bajo mediterráneo costero de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> y <i>Mulinum spinosum</i> . | LC | LC | NT | VU | LC | LC | VU |

| | | | | | | | | |
|-----|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 112 | Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> y <i>Nardophyllum lanatum</i> . | LC |
| 113 | Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Laretia acaulis</i> y <i>Berberis empetrifolia</i> . | LC |
| 119 | Herbazal mediterráneo de <i>Nastanthus spathulatus</i> y <i>Menonvillea spathulata</i> . | LC |

Fuente: elaboración propia a partir de Pliscoff (2015).

Nota: preocupación menor (LC), casi amenazado (NT) y vulnerable (VU).

De los catorce pisos vegetacionales identificados, siete se encuentran clasificados como de Preocupación Menor (LC), uno como Casi Amenazado (NT), y seis como Vulnerables (VU). Dentro de estos últimos, destaca el estrés ambiental, particularmente el estrés hídrico, como el subcriterio más recurrente en la categoría de vulnerabilidad. Este panorama anticipa un escenario desfavorable para la conservación de la flora y fauna de esta ecorregión en el mediano plazo.

El estudio del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB 2010) ya advertía sobre la alta vulnerabilidad de ecosistemas como el Bosque espinoso mediterráneo interior frente a escenarios de cambio climático, señalando la reducción de su distribución y los riesgos asociados a las especies que alberga. Asimismo, el informe subraya la necesidad urgente de establecer acciones de conectividad ecológica y ampliación de las Áreas Protegidas como medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

Resultados

Se proponen seis rutas de conectividad que enlazan todas las áreas protegidas entre sí (Figura 5). Estas rutas corresponden a los trayectos de menor costo de desplazamiento, determinados según las variables consideradas: se priorizó la cobertura de bosque nativo y humedales, proximidad a cursos de aguas (a menos de 100 metros), y alejamiento del límite urbano y la red vial (a más de 300 metros). Las rutas propuestas son las siguientes:

a) Ruta entre WDPA-05 (Parque Nacional La Campana) y WDPA-072 (Reserva Nacional Río Blanco)

Con una longitud de 66,9 km, esta ruta atraviesa transversalmente la región de Valparaíso, cruza en su totalidad las comunas de Llay-Llay, Rinconada y Calle Larga, y parcialmente la comuna de Los Andes. Entre las principales barreras se

encuentran las autopistas de Aconcagua, y Los Libertadores, que conectan longitudinalmente las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago. Los elementos que favorecen la conectividad se encuentran diversas quebradas y esteros asociados al sistema fluvial de la cuenca, aunque estas zonas están fuertemente intervenidas por el desarrollo agrario, especialmente en los alrededores de las localidades de Llay-Llay, Rinconada, Calle Larga, y Caldera, donde se extienden parcelas de cultivo hacia el sur de la cuenca e incluso hacia las laderas. Además, se destaca la actividad minera al sur de Llay-Llay, donde se realiza extracción de cobre en minas a cielo abierto y subterráneas.

b) Ruta entre WDPA -072 (Reserva Nacional Río Blanco) y RAM-012 (Parque Andino El Juncal)

Esta ruta tiene una longitud de 18,9 km y se ubica transversalmente en la comuna de Los Andes, en dirección oeste. A lo largo del trayecto predominan cerros que superan los 4.000 m.s.n.m., donde la vegetación es escasa por sobre los 2.000 m.s.n.m., predominando el material rocoso. Las zonas vegetadas se concentran en sectores ribereños y quebradas, elementos priorizados en la propuesta. La ruta sigue humedales palustres, como vegas, asociados al valor ecológico del Parque Andino El Juncal, sitio Ramsar desde 2010. Esta área, de protección privada, alberga una red hídrica de ríos, arroyos, vegas andinas y manantiales subterráneos, con condiciones climáticas extremas que acentúan su relevancia ecológica (Ramsar 2010).

c) Ruta entre WDPA-072 (Reserva Nacional Río Blanco) y WDPA-194 (Santuario de la Naturaleza El Zaino - Laguna El Copín)

Con una extensión de 43,1 km, esta ruta atraviesa parcialmente la comuna de Los Andes y completamente la de San Esteban. Entre las barreras para la conectividad se encuentran diversas carreteras, como la ruta CH-60, que limita directamente con la Reserva Nacional Río Blanco y afecta tanto el trayecto como los objetivos

de conservación del área. También se identifican como barreras las rutas E-753 y E-795. Como elementos favorables para la conectividad destacan el río Colorado, el estero San Francisco y varias quebradas atravesadas por el trayecto. En contraste, la actividad minera desarrollada en el límite occidental de San Esteban —a menos de 1.000 metros del trayecto— representa un riesgo para la conectividad ecológica.

d) Ruta entre RAM-012 (Parque Andino El Juncal) y WDPA-194 (Santuario de la Naturaleza El Zaino - Laguna El Copín)

Esta ruta se extiende por 57,7 km y, al igual que la anterior, atraviesa parcialmente la comuna de Los Andes y totalmente la de San Esteban. Inicialmente sigue el curso del río Juncal, afluente del Aconcagua, y luego se dirige hacia el noroeste, siguiendo quebradas en zonas montañosas. A lo largo del trayecto se encuentran múltiples vegas de distintos tamaños. Aunque la ruta no presenta barreras viales, se identifican faenas mineras cercanas, especialmente en el límite suroriental del Santuario El Zaino - Laguna El Copín.

e) Ruta entre WDPA-194 (Santuario de la Naturaleza El Zaino - Laguna el Copín) y WDPA-128 (Serranía El Ciprés)

La ruta, de 16,3 km, atraviesa completamente la comuna de Putaendo. Se localiza al sur de la ciudad homónima, a una distancia mínima de 1,5 km. En los alrededores de la ciudad, el desarrollo agrícola es significativo, especialmente a lo largo del río Putaendo, y es cruzado por el trayecto propuesto. Las principales barreras son caminos pavimentados y la actividad minera en la quebrada La Herrera, vinculada a la explotación de cobre.

f) Ruta entre WDPA-128 (Serranía El Ciprés) y WDPA-135 (Parque Nacional La Campana)

Con una longitud de 38,1 km, esta ruta atraviesa las comunas de San Felipe, Panquehue, Catemu, Llay-Llay e Hijuelas. Parte del trayecto se desarrolla a lo largo del río Aconcagua, en una matriz agrícola consolidada. Las principales barreras identificadas son el desarrollo urbano —particularmente en Panquehue, Catemu y Llay-Llay—, la actividad minera en Catemu, y la infraestructura vial, incluyendo caminos pavimentados y las autopistas Los Andes y del Aconcagua.

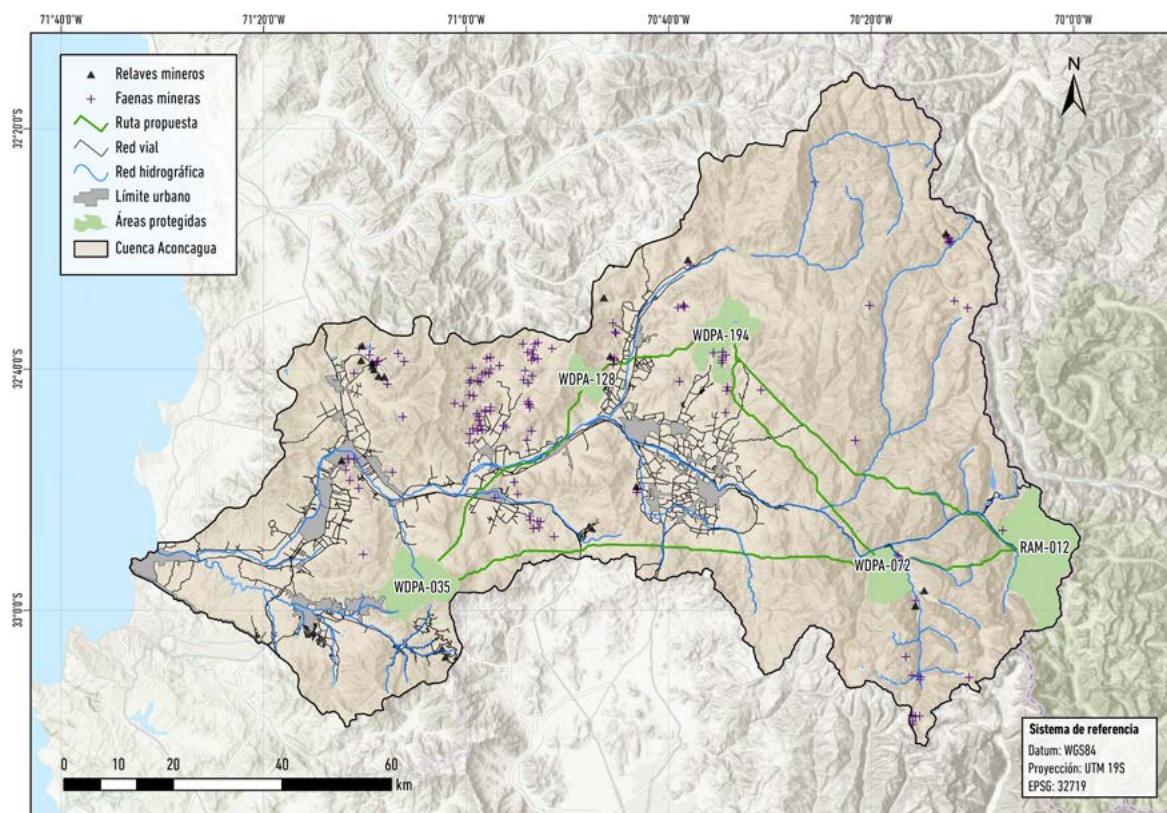


Figura 5. Rutas de conectividad propuestas para la cuenca del río Aconcagua.
Datos: IDE Chile (2021).

Potencialidades y limitantes de la conectividad

La coexistencia de diversas actividades productivas en la cuenca del río Aconcagua plantea un desafío en cuanto a la compatibilidad con otras formas de vida no humanas. En el actual contexto de pérdida de biodiversidad y cambio climático, se vuelve urgente promover iniciativas que concilien el desarrollo humano con el de todas las otras especies. En este sentido, resulta pertinente destacar tanto las potencialidades como las limitantes que presenta la cuenca del río Aconcagua para la conexión de hábitats.

Uno de los principales factores que afecta la conectividad ecológica es la infraestructura de transporte. Si bien estas obras suelen percibirse, en primera instancia, como positivas por los beneficios económicos y el flujo de mercancías que conlleva, también generan importantes impactos ecológicos. Entre los más relevantes se encuentran la fragmentación de ecosistemas y, derivadas de ella, el efecto barrera y el efecto borde. El efecto barrera impide el movimiento de especies entre dos áreas, inhibiendo su capacidad de dispersión y colonización, lo que provoca su aislamiento (Ministerio para la Transición Ecológica 2019). Por otra parte, el efecto borde se refiere a las alteraciones de las condiciones naturales del hábitat ocasionadas por las interacciones biológicas y físicas entre las carreteras y su entorno, en donde existe afectación por contaminación lumínica y acústica, difusión de otros contaminantes, inicio de incendios, frecuentación antrópica, gestión de aguas, dispersión de especies exóticas invasoras, y atropellos (Ministerio para la Transición Ecológica 2019).

Entre las estrategias orientadas a reducir estos impactos se encuentra la planificación e implementación de pasos de fauna (también conocidos como ecoductos o puentes verdes), estructuras físicas dispuestas sobre o bajo la infraestructura vial para facilitar el desplazamiento de fauna y mitigar el efecto barrera (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015). Para su diseño y localización, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan herramientas clave, pues permiten identificar los tramos de mayor afectación a la biodiversidad y evaluar la viabilidad de la conectividad entre las áreas a enlazar.

Otra posibilidad para fomentar la conectividad ecológica reside en el aprovechamiento del desarrollo forestal y agrícola. Esta dimensión es especialmente relevante en la cuenca del río Aconcagua, donde gran parte de las localidades deben su existencia al desarrollo agropecuario.

En este marco, se vuelve crucial compatibilizar dichas actividades con los objetivos de conservación, dado que las áreas rurales presentan una mayor permeabilidad ecológica en comparación con los entornos urbanos (Gurrutxaga y Lozano 2008). Esto requiere una gestión del paisaje que integre las distintas actividades del territorio y minimice los efectos negativos del modelo agrícola dominante, como el uso intensivo de agroquímicos, los monocultivos y la modificación genética (Stupino et ál. 2014). Dichas prácticas no solo degradan el suelo, sino que también fomentan el abandono de tierras. Frente a esta situación, las iniciativas de restauración del paisaje enfocadas en la conectividad ecológica pueden favorecer la biodiversidad, al ofrecer zonas de refugio, alimentación y reproducción para múltiples especies (Gurrutxaga y Lozano 2008).

Por otro lado, la alta presencia de faenas mineras en la cuenca representa una importante fuente de fricción para la conectividad, dado que implican contaminación del aire, agua y suelo (La Rotta y Torres 2017). La minería impacta la biodiversidad en múltiples escalas y procesos (Sonter, Saleem y Watson 2018), por lo que su inclusión en el análisis del trazado de rutas de conectividad constituye una línea de trabajo fundamental. Comprender la complejidad de su interacción con el territorio es esencial para establecer medidas de mitigación adecuadas. En este sentido, la labor del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es clave en el contexto de evaluación de impacto ambiental de proyectos. Sin embargo, para garantizar una conservación efectiva de la biodiversidad es necesario adoptar una visión integral, que contemple los impactos mineros a una escala mayor y en el largo plazo (Sonter, Saleem y Watson 2018). Un enfoque de cuenca resulta particularmente pertinente, ya que promueve la gestión integrada de los recursos naturales y articula a los distintos actores del territorio (Torres Beristáin 2013).

Finalmente, es importante subrayar el rol de los humedales en la conectividad ecológica de la cuenca. Estos ecosistemas acuáticos, caracterizados por la presencia estacional o permanente de cuerpos de agua someros, albergan una gran diversidad biológica y poseen un alto valor para la conservación (MMA 2018). En el área de estudio predominan los humedales andinos de tipo vegas, los cuales presentan altos niveles de endemismo, constituyen zonas clave de refugio y reproducción, y sustentan actividades de gran importancia económica y cultural para la cuenca hidrográfica (Ahumada et ál. 2011). Frente a la crisis climática y la persistente sequía que afecta a Chile central, la gestión y el manejo adecuado de humedales

resulta imprescindible. En esta misma línea, el enfoque de cuenca adquiere relevancia, debido a la relación estructural y funcional que existe entre humedales y el conjunto del sistema hidrográfico, lo que demanda una aproximación de carácter ecosistémico.

Conclusiones

La conectividad ecológica se plantea como una estrategia clave para la conservación de la biodiversidad, en tanto favorece procesos ecológicos fundamentales para la mantención y reproducción de poblaciones de especies que habitan en hábitats fragmentados y aislados entre sí. La aplicación de un modelo de conectividad basado en rutas de menor costo sobre una superficie de fricción permite abordar el fenómeno desde un enfoque híbrido: estructural, que prioriza la continuidad y adyacencia del paisaje, y funcional, que considera el movimiento específico de las especies. No obstante, los criterios adoptados presentan un nivel de generalidad que beneficia a un amplio espectro de especies.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo a nivel regional revelaron fricciones predominantemente medias a altas, configuradas por las actividades productivas desarrolladas en la región. En este contexto, se destaca el estado de las zonas ribereñas y su funcionalidad respecto a la conectividad: la alta presión humana sobre las fuentes de agua provoca que estas dejen de ser priorizadas en el modelo, al estar adyacentes a áreas de alta fricción, especialmente en la relación río-agricultura. Esta situación evidencia la necesidad de repensar nuestra relación con el agua y, particularmente, con la matriz productiva en sectores de alto consumo hídrico como la agricultura y la minería.

El análisis de fricción a escala regional también permitió identificar zonas de menor fricción, que luego fueron priorizadas en la modelación de la red de conectividad: las quebradas. Estas áreas representan una oportunidad para el establecimiento de corredores ecológicos, porque su uso está desincentivado en suelos de alta fricción —como los urbanos— debido al riesgo de desastres naturales. Además, se trata de zonas con alta biodiversidad y niveles superiores de humedad respecto a su entorno, lo que refuerza su relevancia en el contexto del cambio climático y la sequía.

A escala de cuenca, el río Aconcagua cuenta con cinco áreas protegidas formalmente reconocidas. Esto pone en evidencia las particularidades del Sistema de Áreas Protegidas en Chile, el cual no se alinea plenamente con

las categorías internacionales de manejo definidas por la UICN. En este sentido, se destaca la heterogeneidad en las categorías de conservación en el país, así como la fragmentación normativa que las vincula con otros organismos estatales y privados. Por ello, la implementación efectiva del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) resulta fundamental para integrar los objetivos de conservación a nivel nacional, sin importar su categoría o régimen de propiedad.

La aplicación del modelo de conectividad ecológica a las áreas protegidas seleccionadas permitió delinear seis corredores que atraviesan la cuenca tanto en sentido transversal como longitudinal. En todos los casos se privilegia el paso por quebradas y, en segundo lugar, por sectores próximos a ríos y paisajes agrarios. Dada la variabilidad en el manejo de cultivos y su impacto sobre los ecosistemas, resulta pertinente incorporar criterios que reflejen las diferencias en la dificultad de movimiento para las especies según el tipo de cultivo. Asimismo, los humedales andinos de vegas emergen como puntos estratégicos para la conservación, por su función como fuente de alimento y refugio, especialmente en el marco del Convenio Ramsar y ante la fragilidad hídrica de la zona central de Chile.

Entre las principales barreras a la conectividad se encuentran las autopistas, carreteras y caminos, que generan efectos de barrera y borde en la matriz del paisaje. Sin embargo, su impacto varía según el tipo y uso de la infraestructura. Para incorporar esta variabilidad en la modelación de redes de conectividad ecológica, Gurrutxaga, Lozano y del Barrio (2010) proponen asignar valores de resistencia basados en el tráfico promedio diario. De igual manera, se recomienda especificar con mayor precisión el criterio de distancia al límite urbano, como lo hacen Puebla, Rodríguez y Álvarez-Amargos (2020), quienes modelan esta variable en función de la densidad poblacional o fenómenos como la parcelación periurbana.

Asimismo, resulta relevante considerar las zonas de influencia de faenas y relaves mineros en la asignación de costos, dado el peso de la minería a nivel regional y nacional. Se propone incluir dichas zonas, identificadas en los estudios de impacto ambiental de los proyectos, en los criterios de exclusión para la priorización de corredores. Lo mismo aplica para otras amenazas al ecosistema, como hidroeléctricas, termoeléctricas, perforaciones y embalses. Más allá de la conectividad, es crucial visibilizar las relaciones entre las actividades productivas y el bienestar ecológico, especialmente en contextos de

conflicto socioambiental, como los que afectan a la región de Valparaíso. En este sentido, los corredores ecológicos pueden entenderse como una alternativa para mitigar, reparar y/o compensar los efectos negativos de diversos proyectos sobre el territorio.

Las rutas de conectividad propuestas constituyen un trabajo exploratorio sobre las dinámicas ecológicas de la cuenca del río Aconcagua. Para capturar adecuadamente sus singularidades, es indispensable continuar con investigaciones que aborden integralmente sus complejidades ecológicas y sociales. Es fundamental el trabajo interdisciplinario y el valor de la observación en terreno, que no pudo realizarse por razones sanitarias. A pesar de ello, los SIG se consolidan como herramientas valiosas para aproximarse a fenómenos complejos y elaborar diagnósticos preliminares del territorio.

Finalmente, para que las estrategias orientadas al fortalecimiento de la conectividad ecológica —como las rutas propuestas— se traduzcan en acciones concretas, es necesario contar con políticas públicas sólidas que fomenten la sinergia y colaboración entre los diversos actores del territorio. Esto requiere un entendimiento integral del funcionamiento de los sistemas naturales, lo cual demanda una aproximación que permita sostener dicha visión. En este marco, el enfoque de cuenca se presenta como una alternativa viable para la gestión y manejo de las interrelaciones entre los componentes del ecosistema y las transformaciones antrópicas que lo afectan.

Referencias

- Adriaensen, Frank, J. Paul Chardon, Geert De Blust, Else Swinnen, S. Villalba, Hubert Gulinck y Erik Matthysen. 2003. “The Application of ‘Least-cost’ Modelling as a Functional Landscape Model”. *Landscape and Urban Planning* 64 (4): 233-247. [https://doi.org/10.1016/s0169-2046\(02\)00242-6](https://doi.org/10.1016/s0169-2046(02)00242-6)
- Ahumada, Mario, Fernando Aguirre, Manuel Contreras y Alejandra Figueroa. 2011. *Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos*. Gobierno de Chile. Consultado el 13 de abril de 2021 <http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/guiaConsSeguimientoHumedales2011.pdf>
- Arroyo, Mary T. K., Pablo Marquet, Clodomiro Marticorena, Javier Simonetti, Lohengrin Cavieres, Francisco Squeo, Ricardo Rozzi y Francisca Massardo. 2006. “El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación”. En *Biodiversidad de Chile: patrimonios y desafíos*, editado por Gonzalo Badal, 94-97. Santiago, Chile: Ocho Libros Editores.
- Baguette, Michel, Simon Blanchet, Delphine Legrand, Virginie M. Stevens y Camille Turlure. 2012. “Individual Dispersal, Landscape Connectivity and Ecological Networks”. *Biological Reviews* 88 (2): 310-326. <https://doi.org/10.1111/brv.12000>
- Bennet, Andrew F. 2003 *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. Gland: IUCN Forest Conservation Programm.
- Bland, Lucie M., David A. Keith, Rebecca M. Miller, Nicholas J. Murray y Jon Paul Rodríguez. 2016. *Directrices para la aplicación de las Categorías y Criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN*. Gland: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales UICN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.RLE.1.es>
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2011. *Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, Including Aichi Biodiversity Targets*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montreal. Consultado el 13 de abril de 2021. [www.cbd.int/sp/targets/default.shtml](http://cbd.int/sp/targets/default.shtml)
- Colorado Zuluaga, Gabriel Jaime, Jorge Luis Vásquez Muñoz e Ingrid Natalia Mazo Zuluaga. 2017. “Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia)”. *Acta Biológica Colombiana* 22 (3): 379-393. <https://doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013>
- Correa Ayram, Camilo A., Manuel E. Mendoza, Andrés Etter y Diego R. Pérez Salicrup. 2015. “Habitat Connectivity in Biodiversity Conservation”. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 40 (1): 7-37. <https://doi.org/10.1177/0309133315598713>
- Crooks, Kevin R. y M. Sanjayan. “Connectivity Conservation: Maintaining Connections for Nature”. En *Connectivity Conservation*, editado por Kevin R. Crooks y M. Sanjayan, 1-20. Cambridge: Cambridge University Press.
- Delgado, Claudio, Marco Sepulveda y Nils Holendorf. 2013. *Plan de conservación cuencas mediterráneas Aconcagua y Maipo*. Resumen ejecutivo. The Nature Conservancy (TNC).
- DGA (Dirección General de Aguas). 2004. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Aconcagua*. Gobierno de Chile. Consultado el 18 de marzo de 2021. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Aconcagua.pdf>
- Dudley, Nigel, ed. 2008. *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Gland: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Farina, Almo. 2006. *Principles and Methods in Landscape Ecology: Toward a Science of Landscape*. Urbino: Springer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3329-X>
- Forman, Richard. 1995. *Land Mosaics: The ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge: University Press.
- GORE (Gobierno Regional). 2012. *Estrategia regional de desarrollo: Región de Valparaíso 2020*. Gobierno Regional. Región

- Valparaíso. https://www.opia.cl/static/website/601/articles-77297_archivo_03.pdf
- Gudynas, Eduardo. 2010. "La ecología política de la crisis global y los límites del capitalismo benévolos". *Íconos*, no. 36, 53-67. <https://doi.org/10.17141/iconos.36.2010.391>
- Gurrutxaga San Vicente, Mikel y Pedro José Lozano Valencia. 2006. "Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial". *Polygonos. Revista de Geografía*, no. 16, 33-54. <https://doi.org/10.18002/pol.voi16.410>
- Gurrutxaga San Vicente, Mikel y Pedro José Lozano Valencia. 2008. "Criterios para contemplar la conectividad del paisaje en planificación territorial y sectorial". *Investigaciones Geográficas*, no. 44, 75-88.
- Gurrutxaga San Vicente, Mikel y Pedro José Lozano Valencia. 2010. "Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats". *Lurralde: Investigación y Espacio*, no. 33, 147-158.
- Gurrutxaga San Vicente, Mikel, Pedro José Lozano Valencia y Gabriel del Barrio. 2010. "GIS-Based Approach for Incorporating the Connectivity of Ecological Networks into Regional Planning". *Journal for Nature Conservation* 18 (4): 318-326. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2010.01.005>
- Haddad, Nick M., Lars A. Brudvig, Jean Clobert, Kendi F. Davies, Andrew Gonzalez, Robert D. Holt, Thomas E. Lovejoy, Joseph O. Sexton, Mike P. Austin, Cathy D. Collins, William M. Cook, Ellen I. Damschen, Robert M. Ewers, Bryan L. Foster, Clinton N. Jenkins, Andrew J. King, William F. Laurance, Douglas J. Levey, Chris R. Margules, Brett A. Melbourne, A. O. Nicholls, John L. Orrock, Dan-Xia Song y John R. Townshend. 2015. "Habitat Fragmentation and its Lasting Impact on Earth's Ecosystems". *Sciences Advances* 1 (2): 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Hoekstra, Jonathan, Timothy M. Boucher, Taylor H. Ricketts y Carter Roberts. 2004. "Confronting a Biome Crisis: Global Disparities of Habitat Loss and Protection". *Ecology Letters* 8 (1): 23-29. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x>
- Holl, Karen D. y T. Mitchell Aide. 2011. "When and Where to Actively restore Ecosystems?". *Forest Ecology and Management* 261 (10): 1558-1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- IEB (Instituto de Ecología y Biodiversidad). 2010. *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*. Centro de Cambio Global. Consultado el 23 de octubre de 2021. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/2aebb743-13b-4ee9-9d80-3f448607789>
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2002. *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico v del IPCC*. Consultado el 21 de abril de 2021. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- Jongman, Rob H. y Gloria Pungetti, eds. 2004. *Ecological Networks and Greenways. Concepts, Design, Implementation. Serie: Cambridge Studies in Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- La Rotta, Ángela Marcela y Mauricio Hernando Torres. 2017. "Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá". *Salud Debate* 41 (112): 77-91. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201711207>
- Lindenmayer, David B. y Joern Fischer. (2006). *Landscape Change and Habitat Fragmentation: An Ecological and Conservation Synthesis*. Washington, D. C.: Island Press.
- Luebert, Federico y Patricio Pliscoff. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Luebert, Federico y Patricio Pliscoff. 2012. "Variabilidad climática y bioclimas de la Región de Valparaíso, Chile". *Investigaciones Geográficas: unas miradas desde el sur*, no. 44, 41-56. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2012.26408>
- Mawdsley, Jonathan, Robin O'Malley y Dennis S. Ojima. 2009. "A Review of Climate-Change Adaptation Strategies for Wildlife Management and Biodiversity Conservation". *Conservation Biology* 23 (5): 1080-1089. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01264.x>
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington D.C.: Island Press.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. (Segunda edición, revisada y ampliada). Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. Madrid: Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2019. *Efectos de bordes y efectos en el margen de las infraestructuras de transporte y atenuación de su impacto sobre la biodiversidad*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 7. Madrid: Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/7_efectos_bordes_y_margenes_tcm30-505618.pdf
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2015. *Diagnóstico. Estado y tendencias de la biodiversidad: Región de Valparaíso*. Gobierno de Chile. Consultado el 23 de abril de 2021 <https://biodiversidad.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/01/Diagnostico-05-Valparaiso.pdf>

- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2017. *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Gobierno de Chile. Consultado el 13 de abril de 2021. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Estrategia_Nac_Biodiv_2017_30.pdf
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2018. *Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022*. Gobierno de Chile. Consultado el 10 de mayo de 2021. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/11/Plan_humedales_Baja_confrage_VERSION-DEFINITIVA.pdf
- MMA (Ministerio del Medioambiente). 2025. “Búsqueda en Áreas Protegidas – SIMBIO”. *Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad*. Consultado el 16 de junio de 2025. <https://simbio.mma.gob.cl/CbaAP>
- Pascual-Hortal, Lucía y Santiago Saura. 2006. “Comparison and Development of New Graph-Based Landscape Connectivity Indices: Towards the Priorization of Habitat Patches and Corridors for Conservation”. *Landscape Ecology* 21: 959-967. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-0013-z>
- Pliscoff, Patricio. 2015. *Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile*. Informe Técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago: MMA.
- Praus, Sergio, Mario Palma y Rodolfo Domínguez. (2011). *La situación jurídica de las actuales áreas protegidas de Chile*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Gobierno de Chile. Santiago: Andros Impresores.
- Puebla, Adonis Ramón, Yandi Rodríguez Cueto y Pedro M. Álvarez-Amargos. 2020. “Propuesta de rutas de conectividad para la conservación de la biodiversidad en Sierra Maestra, Cuba”. *Revista de Ciencias Ambientales* 54 (2): 51-67. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.3>
- Pulsford, Ian, David Lindenmayer, Carina Wyborn, Barbara Lausche, Maja Vasiljevic, Graeme Worboys y Edward C. Lefroy. 2015. “Connectivity Conservation Management”. En *Protected Area Governance and Management*, editado por G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary y I. Pulsford, 851-888. Canberra: ANU Press.
- Ramsar. 2010. “Parque Andino Juncal”. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. Consultado el 13 de abril de 2021. <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1909>
- Rudnick, Doborah, Sadie J. Ryan, Paul Beier, Samuel A. Cushman, Fred Dieffenbach, Clinton W. Epps, Leah R. Gerber, Joel Hartter, Jeff S. Jenness, Julia Kintsch, Adina M. Menrenlender, Ryan M. Perkl, Damian V. Preziosi y Stephen C. Trombulak. 2012. “The Role of Landscape Connectivity in Planning and Implementing Conservation and Restoration Priorities”. *Issues in Ecology* 16: 1-20.
- Santos, T. y J. L. Tellería. 2006. “Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies”. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12.
- Saura, Santiago. 2013. “Métodos y herramientas para el análisis de la conectividad del paisaje y su integración en los planes de conservación”. En *Avances en el análisis espacial de datos ecológicos. Aspectos metodológicos y aplicados*, editado por Marcelino de la Cruz y Fernando T. Maestre, 1-46. Móstoles: ECESPA-Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Sawyer, Sarah, Clinton W. Epps y Justin S. Brashares. 2011. “Placing Linkages Among Fragmented Habitats: Do Least-Cost Models Reflect How Animals Use Landscapes?”. *Journal of Applied Ecology* 48 (3): 668-678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01970.x>
- Sonter, Laura J., Saleem H. Ali y James E. M. Watson. 2018. “Mining and Biodiversity: Key Issues and Research Needs in Conservation Science”. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285 (1892): 1-9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1926>
- Stupino, Susana Andrea, María José Iermanó, Natalia Agustina Gargoloff y María Margarita Bonicatto. 2014. “La biodiversidad en los agrosistemas”. En *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sostenibles*, editado por Santiago Javier Sarandón y Claudia Cecilia Flores, 131-158. Buenos Aires: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Taylor, Philip D., Lenore Fahrig y Kimberly A. With. 2006. “Landscape Connectivity: A Return to the Basics”. En *Connectivity Conservation*, editado por Kevin R. Crooks y M. Sanjayan, 1-20. Cambridge: Cambridge University Press.
- Taylor, Philip D., Lenore Fahrig, Kringen Henein y Gray Merriam. 1993. “Connectivity is a Vital Element of Landscape Structure”. *Oikos* 68 (3): 571-573. <https://doi.org/10.2307/3544927>
- Torres Beristáin, Beatriz, Gloria González López, Elena Rustrián Portilla y Eric Houbron. 2013. “Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (3): 135-146.
- Treimun, John y Danisa Moya. 2016. *Guía metodológica de la herramienta para el cálculo de la representatividad ecosistémica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)*. Ministerio del Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Consultado el 13 de abril de 2021. https://www.researchgate.net/publication/321587797_GUIA_METODOLOGICA_DE_LA_HERRAMIENTA_PARA_EL_CALCULO_DE_LA REPRESENTATIVIDAD_ECOSESTEMICA_DEL_SISTEMA_NACIONAL_DE_AREAS_PROTEGIDAS_SNAP
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales). 1980. *Estrategia mundial para la conservación. La conservación de los recursos vivos para el logro*

de un desarrollo sostenido. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), World Wildlife Fund (wwf). Consultado el 23 de octubre de 2021. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCS-004-Es.pdf>

Vila Subirós, Josep, Diego Varga Linde, Albert Llausàs Pascual y Anna Ribas Palom. 2006. "Fundamental Methods and Concepts in Landscape Ecology. A View from Geography". *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 48: 151-156. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.1104>

Wilcove, D., C. McLellan y A. Dobson. 1986. "Habitat Fragmentation in the Temperate Zone". En *Conservation Biology: The science of Scarcity and Diversity*, editado por Michael E. Soulé, 237-256. Sunderland: Sinauer Associates.

wwf (Fondo Mundial para la Naturaleza). 2020. *Living Planet Report 2020 - Bending the Curve of Biodiversity Loss*. Gland: Almond, R.E.A. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2020-09/LPR20_Full_report.pdf

Carla Mujica Vera

Geógrafa por la Universidad Alberto Hurtado (2021). Estudiante de la Maestría en Desarrollo Humano en FLACSO (Argentina). Ha trabajado en proyectos vinculados al desarrollo local, participación comunitaria y gestión territorial en contextos de vulnerabilidad social. Sus intereses de investigación se centran en las desigualdades sociales y territoriales, el valor de la agencia colectiva en procesos de transformación y las relaciones entre territorio, ambiente y ciudadanía.