



PROYECTO GEF

Protegiendo la biodiversidad y múltiples servicios ecosistémicos en corredores biológicos de montaña en el ecosistema mediterráneo de Chile:

Sistema de información y monitoreo de la biodiversidad (SIMBIO)
y servicios ecosistémicos, expresión regional: Monitoreo a escala de sitio





Descarga el librito aquí:



Siglas y acrónimos

AICc	Criterio de Información de Akaike corregido
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CONDESAN	Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina
GBIF	Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad (por su sigla en inglés)
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (por su sigla en inglés)
GLORIA	Global Observation Research Initiative in Alpine Environments
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por su sigla en inglés)
MEA	Mediterranean Ecosystem of the Andes
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (por su sigla en inglés)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ONU Medio Ambiente	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/PNUMA
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RMS	Región Metropolitana de Santiago
RN	Reserva Natural
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIMBIO	Sistema de Información y Monitoreo de la Biodiversidad
SN	Santuario de la Naturaleza

Siglas y acrónimos

Índice de cuadros

Índice de figuras

1. Presentación	9
2. Diagnóstico	10
3. Monitoreo de los corredores biológicos naturales	11
3.1 Monitoreo de carnívoros nativos con trampas cámara	11
3.2 Monitoreo de pumas con collares de seguimiento satelital	19
4. Sitio GLORIA: Monitoreo de los efectos de la vegetación altoandina a los efectos del cambio climático	21
4.1 Sitio GLORIA Andes – MEA Chile: Metodología	23
5. Monitoreo de parcelas en un gradiente altitudinal en la cordillera de la Costa	28
6. Lecciones aprendidas	40
7. Bibliografía	42

Índice de cuadros	
Cuadro 1	Comunas donde se realizó el monitoreo de carnívoros mediante trampas cámara
Cuadro 2	Resumen de registros totales tomados por especie por categoría de gestión de sitio
Cuadro 3	Comparación de modelos con menor AICc para la riqueza de carnívoros
Cuadro 4	Efectos fijos del modelo de mejor ajuste: $riq_carniv \sim tmax + protec + distagua + NDVI + (1 region/comuna/sitio)$
Cuadro 5	Comparación de modelos con menor AICc para la riqueza de carnívoros
Cuadro 6	Efectos fijos del modelo de mejor ajuste: $riq_carniv \sim ha + frec_manejo + controlp + (1 region/comuna)$
Cuadro 7	Muestra el promedio de diversidad acumulado en los 16 cuadrantes muestreados por cima con su desviación estándar (DS)
Cuadro 8	Resumen de esfuerzo de muestreo por temporada por sitio para monitoreo en gradiente altitudinal
Cuadro 9	Resumen de las especies observadas en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal, que se encuentran en alguna categoría de conservación para la Región Metropolitana de Santiago
Cuadro 10	Resumen de hábitat muestreados en sitios de monitoreo en gradiente altitudinal, SN El Roble y RN Altos de Cantillana
Cuadro 11	Escala de coberturas Braun-Blanquet

Índice de figuras

Figura 1	Representación del % detección para cada especie del total de registros, distribuido en tres categorías de sitios públicos, privados y protección privada
Figura 2	Imagen tomada con trampa cámara, registrando un zorro que ha capturado un conejo
Figura 3	Representación del logaritmo natural del número de registros individuales (a intervalos mayores de 30 minutos entre registros) tomados por trampas cámara en lugares con iniciativas de conservación privada
Figura 4	Esquema de la distribución altitudinal de las cimas que componen un sitio GLORIA
Figura 5	Esquema del diseño de muestreo de las parcelas en áreas cimera, así como cuadrantes a lo largo de la cota 5 en las cuatro direcciones cardinales
Figura 6	Ejemplos de cuadrantes de levantamiento florístico
Figura 7	Distribución de la riqueza de especies registradas por categoría de abundancia establecida en el manual GLORIA para las tres cimas MEA-Chile.
Figura 8	Curva de acumulación de especies por esfuerzo de muestreo de cuadrantes florísticos de 1 x 1 m ² para las tres cimas MEA-Chile
Figura 9	Esquema de una estación de muestreo permanente del monitoreo en gradiente altitudinal
Figura 10	Proporción de especies Nativas, Endémicas e Introducidas registradas en el sitio de monitoreo Santuario de la Naturaleza El Roble
Figura 11	Proporción de especies Nativas, Endémicas e Introducidas registradas en el sitio de monitoreo Reserva Natural Altos de Cantillana
Figura 12	Curvas de acumulación de Especies para los principales hábitats del SN El Roble
Figura 13	Curvas de acumulación de especies para los principales hábitats de la RN Altos de Cantillana

Figura 14	Porcentaje de especies distribuidas en una o más parcelas de muestreo, siendo ocho el máximo de parcelas ocupadas por una misma especie
Figura 15	Porcentaje de especies distribuidas en distintas categorías de cobertura (superficie de parcela cubierta por una especie vegetal) para el SN El Roble
Figura 16	Porcentaje de especies distribuidas en distintas categorías de cobertura (superficie de parcela cubierta por una especie vegetal) para la RN Altos de Cantillana
Figura 17	Curvas de acumulación de especies de aves registradas en estaciones de escucha en la RN Altos de Cantillana
Figura 18	Curvas de acumulación de especies de reptiles registradas a lo largo de transectas en la RN Altos de Cantillana



1. Presentación

El proyecto GEF/MMA/ONU Medio Ambiente *Protegiendo la biodiversidad y múltiples servicios ecosistémicos en corredores biológicos de montaña en el ecosistema mediterráneo de Chile* (en adelante, el Proyecto GEF Montaña) tuvo como objetivo contribuir al desarrollo de iniciativas públicas y privadas para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, protegiendo y potenciando los beneficios que entregan las montañas de la región Metropolitana y el sector de la cordillera de la Costa de la región de Valparaíso, a través del desarrollo de tres líneas de trabajo:

1. Fortalecimiento de la gobernanza territorial y gestión ambiental local, mediante la capacitación de las unidades ambientales municipales en temas de conservación de la biodiversidad y uso sustentable del paisaje;
2. Implementación y promoción de buenas practicas productivas para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; y
3. Desarrollo de un piloto a escala regional del *Sistema de Información y Monitoreo de la Biodiversidad* (SIMBIO) y sus servicios ecosistémicos actualizado y calidad, dando cuenta de indicadores de paisaje y de sitio para la toma de decisiones.

Para llevar a cabo el objetivo, se comprometieron diferentes productos. Uno de ellos, perteneciente a la línea de trabajo de *Biodiversidad y servicios ecosistémicos*, fue el desarrollo de un piloto a escala regional de un sistema de monitoreo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

En este documento se revisará la experiencia del Proyecto GEF Montaña en torno a tres iniciativas de monitoreo a escala de sitio, que forman parte del *Sistema de información y monitoreo de la biodiversidad y servicios ecosistémicos para la Región Metropolitana de Santiago* (SIMBIO RMS) y que buscó dejar establecido un sistema de monitoreo permanente, con evaluación periódica, a través del análisis de la condición de la estructura, de la composición y funcionamiento de la biodiversidad en la región, esperando que esta revisión facilite el uso y acceso a los principales resultados disponibles en el módulo regional de la plataforma del SIMBIO RMS¹ y los datos en el Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad (GBIF Chile²), ambos del Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

Es relevante destacar que este ensayo regional se articula al SIMBIO, que solo contaba con una presentación de la información a escala nacional. El SIMBIO se entiende como un sistema colaborativo, público y privado, que aspira a unificar los esfuerzos de todos los sectores en materias de cuidado y protección de la biodiversidad del país. A través de una plataforma digital, brinda acceso libre a datos e información sobre la biodiversidad de Chile. Esta herramienta, de interés nacional, contribuye a fortalecer la gestión del medio ambiente para asegurar el uso sustentable de los recursos naturales y cumplir con los objetivos de conservación nacionales e internacionales asumidos por el país.

1. Ver *Sistema de información y monitoreo de la biodiversidad (SIMBIO) y servicios ecosistémicos, expresión regional: Monitoreo a escala de paisaje*, de la serie de experiencias destacadas del Proyecto GEF Montaña.
 2. Global Biodiversity Information Facility (GBIF) es una iniciativa intergubernamental, que surge en 1999 del grupo de trabajo de informática de la biodiversidad de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) <https://gbifchile.mma.gob.cl/>

2. Diagnóstico

La diversidad biológica garantiza la permanencia y resiliencia, el bienestar y equilibrio de la vida, incluida la del ser humano, por tanto, cuanto más biodiverso es un ambiente, más oportunidades tiene de adaptarse y recuperarse ante una catástrofe. Además, en relación directa a la diversidad biológica, incrementa la disponibilidad de recursos naturales.

Un requisito fundamental para implementar acciones ligadas a sustentabilidad y gestión ambiental es conocer el territorio. Conocer la diversidad biológica y las presiones de las que es objeto, es vital para garantizar la sostenibilidad en el tiempo y el bienestar social, por lo que es una prioridad contar con un sistema integrado de monitoreo de los componentes ambientales para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. En este sentido, el módulo SIMBIO RMS pretende servir como instrumento orientador, entregando indicadores que den cuenta de la situación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, disponiendo información primaria a través de las plataformas oficiales del MMA.

En su diseño a escala de paisaje, el monitoreo para el módulo SIMBIO RMS a cargo del Proyecto GEF Montaña, consideró levantar información para toda el área de la región Metropolitana, de modo permanente y simultánea, basándose principalmente en *Sistemas de información geográfica (SIG)* y tecnologías de percepción remota que permiten abordar los componentes de estructura y función de la biodiversidad³.

También se abordó el diseño desde la escala de sitio, que es la mirada de estudios de caso o *zoom in* enfocados en caracterizar la composición local de las especies. En este contexto, se levantó información en terreno, en forma permanente y periódica, para la flora mediante parcelas florísticas y para la fauna mediante transectas, trampas cámara y puntos de observación. Estos estudios de caso actúan como sitios testigo o de referencia de la condición de la diversidad biológica y sus tendencias a escala local.

En este documento se abordarán tres pilotos a escala de sitio diseñados y ejecutados por el Proyecto GEF Montaña, cuyo diseño buscó generar indicadores que, a lo largo del tiempo, permitirán estimar las tendencias en los cambios de estado de los ecosistemas y biodiversidad regional y monitorear las presiones a las que están sometidos. Para el Proyecto GEF Montaña, el monitoreo y la información ambiental son ejes estratégicos, ya que no solo permite el seguimiento continuo de las acciones desarrolladas en el proyecto, sino que, además, los datos dan sustento a las propuestas desarrolladas en los años de ejecución.

3. Ver *Sistema de Información y Monitoreo de la Biodiversidad (SIMBIO) y Servicios Ecosistémicos, expresión regional: Monitoreo a escala de paisaje*, de la Serie de experiencias destacadas del Proyecto GEF Montaña.

3. Monitoreo de los corredores biológicos naturales

El objetivo principal fue describir la presencia y desplazamiento de los carnívoros nativos a través de los corredores biológicos en áreas naturales, lo que permite inferir el grado de conectividad entre la cordillera de los Andes y cordillera de la Costa, a través de los cordones transversales y dar cuenta de su estado de salud ambiental⁴.

Cabe destacar que los corredores biológicos corresponden a uno de los ejes de la infraestructura ecológica (Vásquez y Giannotti, 2021), caracterizada en el marco del Proyecto GEF Montaña para 30 comunas de la región Metropolitana y seis comunas de la región de Valparaíso, como una ruta que permite conectar áreas naturales. Corresponde a una red de más de 400.000 hectáreas formada por 470 sitios de alto valor en biodiversidad, conectados a través de 385 corredores biológicos o rutas por donde transitan diversas especies de fauna, que brindan una heterogeneidad de hábitat a las especies nativas favoreciendo su migración, dispersión, interrelación y vinculación entre poblaciones distantes en el territorio. La definición de estos corredores es una tarea compleja, por cuanto involucra elementos lineales en zonas con distintos usos. Al respecto, existen zonas donde los corredores principales cruzan autopistas o carreteras, por lo que se requiere la creación de pasos de fauna para su continuidad.

3.1 Monitoreo de carnívoros nativos con trampas cámara

Para realizar este monitoreo se utilizaron dos aproximaciones tecnológicas. Por una parte, se instaló una red de trampas cámara, unidades que permiten estudiar especies difíciles de observar por ser escurridizas o nocturnas (MMA, ONU Medio Ambiente y CONAF, 2021) y, por otra, se utilizaron collares satelitales.

Respecto de las trampas cámara, en una primera etapa se identificaron potenciales sectores de tránsito de carnívoros nativos vía *Google Earth*⁵, para luego ver en terreno la accesibilidad y otorgamiento de permisos de ingreso a los respectivos predios elegidos, así como la seguridad de las trampas cámara. En una segunda etapa, se realizó un muestreo aleatorio estratificado, considerando cuatro grados de perturbación antrópica en la matriz del paisaje: nula, baja, media y alta, hipotetizando que la distribución espacial de los carnívoros nativos podía estar influenciada por las siguientes medidas de perturbación humana: densidad de edificaciones, total de viviendas urbanas o rurales, uso de suelo, presencia y tipo de camino y distancia del centroide al camino más cercano (Dünner, 2023).

En términos generales, áreas con baja a media perturbación correspondieron a sitios donde existe alguna iniciativa de conservación privada o sitios privados con acciones de gestión ambiental en su predio, mientras que los sitios públicos correspondieron en su mayoría a áreas con alto grado de perturbación antrópica⁶.

4. <https://gefmontana.mma.gob.cl/simbio/>

5. Sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales.

6. https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/09/REPORTE-SIMBIO-RMS_gefmontan%CC%83a2.pdf

El Proyecto GEF Montaña abarcó, en el área de monitoreo mediante trampas cámara, cinco comunas de la región de Valparaíso, sector de la cordillera de la Costa, y 15 comunas de la región Metropolitana, sector rural y periurbano de la ciudad de Santiago (ver Cuadro 1), en un rango altitudinal que va desde los 75 m s.n.m. hasta los 2.900 m s.n.m., aproximadamente.

Cuadro 1. Comunas donde realizó el monitoreo de carnívoros mediante trampas cámara	
Región de Valparaíso	Región Metropolitana
Cartagena	Alhué
Casablanca	Buin
Olmué	Curacaví
Santo Domingo	Colina
	Isla de Maipo
	La Reina
	Lampa
	Lo Barnechea
	María Pinto
	Melipilla
	Paine
	Peñaflor
	Pirque
	San José de Maipo
	Tiltil

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Por otra parte, con la colaboración del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de la RMS, se logró colocar collares con seguimiento satelital a dos pumas, lo que permitió monitorear sus movimientos durante un año y medio aproximadamente, tomando un registro cada seis horas. El monitoreo intensivo de desplazamiento de un individuo con collares satelitales permite una caracterización aún más detallada del uso que le dan, en este caso los pumas, a los corredores montañosos.

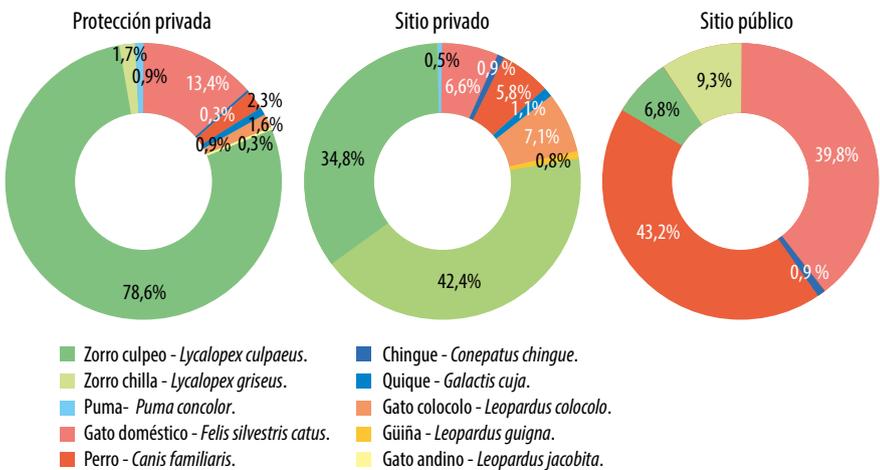
Principales conclusiones

En total se muestrearon 46 localidades, registrándose la totalidad de carnívoros nativos descritos para el área: puma (*Puma concolor*), güiña (*Leopardus guigna*), colocolo (*Leopardus colocolo*), gato andino (*Leopardus jacobita*), zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), zorro chilla (*Lycalopex griseus*), quique (*Galictis cuja*) y chingüe (*Conepatus chinga*).

Las imágenes obtenidas del fototrampéo fueron revisadas manualmente para eliminar falsos positivos e identificar visualmente a las especies registradas. A partir de los registros obtenidos, se determinó la riqueza de carnívoros nativos por sitio y el número de registros independientes (fotografías tomadas a intervalos mayores a 30 minutos) totales para cada especie, por sitio de muestreo.

Con un mayor número de trampas cámara, se registraron 58 unidades (correspondientes al 44% del total de unidades instaladas) para perros en sitios públicos, privados y áreas de iniciativa de conservación privada, y un menor número de trampas cámara, 12 unidades (correspondiente al 1% del total instalado), para gatos distribuidos en las tres categorías de sitios (ver Figura 1).

Figura 1. Representación del % detección para cada especie del total de registros, distribuido en tres categorías de sitios públicos, privados y protección privada



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Por otra parte, esta figura muestra que tanto el quique como las cuatro especies de felinos (güiña, colocolo, gato andino y puma) no fueron registrados en sitios públicos, sugiriendo una mayor sensibilidad de estas especies a mayores grados de perturbación antrópica.

Al considerar el total de especies registradas, incluyendo micromamíferos y otros mamíferos exóticos como ungulados y ruminantes, se puede observar que, dentro de los sitios públicos, las especies que representan los mayores porcentajes de registros tomados por las trampas cámara corresponden a especies exóticas, siendo los gatos, las más registradas, seguida por perros y conejos, estos últimos clasificados como invasores en Chile (ver Cuadro 2). Para los sitios privados, que cuentan con alguna iniciativa de gestión dentro del predio, la especie con mayores registros son los conejos, seguidos por zorro culpeo y zorro chilla. Esta asociación zorro y conejo, también, da cuenta del control de plagas que este carnívoro nativo provee en los ecosistemas naturales (ver Figura 2).

Cuadro 2. Resumen de registros totales tomados por especie por categoría de gestión de sitio

Especies	Iniciativa de conservación privada	Sitio privado	Sitio público
<i>Bos primigenius taurus</i>	265 (6,71%)	139 (4,86%)	67 (11,3%)
<i>Canis familiaris</i>	272 (6,88%)	91 (3,18%)	128 (21,59%)
<i>Capra aegagrus hircus</i>	Sin registro	35 (1,22%)	4 (0,67%)
<i>Cervus elaphus</i>	Sin registro	11 (0,38%)	Sin registro
<i>Conepatus chingue</i>	7 (0,18%)	12 (0,42%)	3 (0,51%)
<i>Equus ferus caballu</i>	123 (3,11%)	57 (1,99%)	86 (14,5%)
<i>Felis silvestris catus</i>	47 (1,19%)	81 (2,83%)	139 (23,44%)
<i>Galactis cuja</i>	18 (0,46%)	15 (0,52%)	Sin registro
<i>Lagidium viscacia</i>	639 (16,17%)	283 (9,9%)	Sin registro
<i>Lama guanicoe</i>	1 (0,03%)	Sin registro	2 (0,34%)
<i>Leopardus colocolo</i>	32 (0,81%)	99 (3,46%)	Sin registro
<i>Leopardus guigna</i>	1 (0,03%)	11 (0,38%)	Sin registro
<i>Leopardus jacobita</i>	6 (0,15%)	Sin registro	Sin registro
<i>Lepus europaeus</i>	243 (6,15%)	85 (2,97%)	3 (0,51%)
<i>Lycalopex culpaeus</i>	1.598 (40,45%)	589 (20,6%)	22 (3,71%)
<i>Lycalopex griseus</i>	34 (0,86%)	484 (16,93%)	30 (5,06%)
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	583 (14,76%)	848 (29,66%)	102 (17,2%)
<i>Puma concolor</i>	19 (0,48%)	7 (0,25%)	Sin registro
<i>Thylamys elegans</i>	63 (1,59%)	12 (0,42%)	7 (1,18%)

*En paréntesis se indica el porcentaje que dicho total representa con respecto al total de esa categoría de gestión de sitio. Este cuadro fue elaborado con la totalidad de registros del monitoreo de carnívoros, fase 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Figura 2. Imagen tomada con trampas cámara, registrando un zorro que ha capturado un conejo

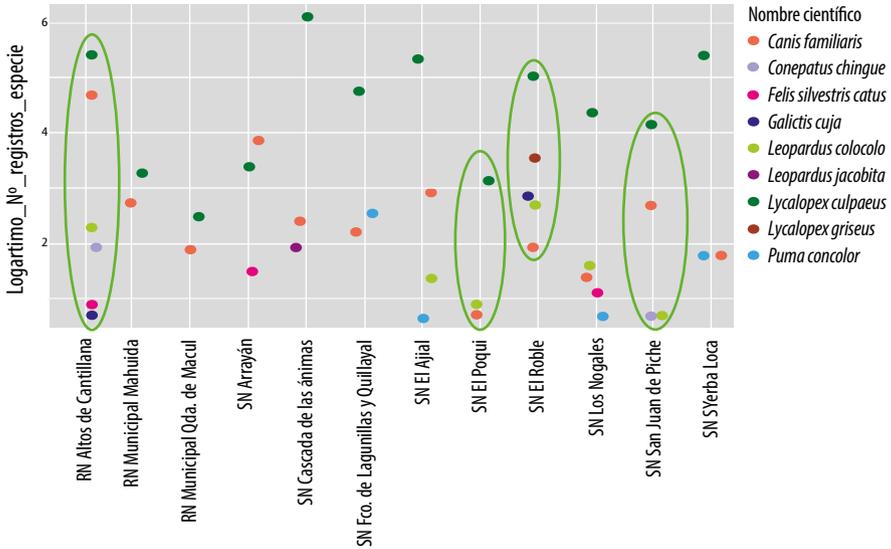


Fuente: Proyecto GEF Montaña

Finalmente, para los sitios que declaran ser una iniciativa de conservación privada, la especie más frecuente en los registros es el zorro culpeo, seguido por la vizcacha y el conejo. De forma similar, el puma presenta mayor cantidad de registros independientes en áreas con iniciativa de conservación. También, es destacable que estas áreas, albergan la totalidad de carnívoros nativos (ocho especies) descritas para la región, seguidas por sitios privados, con un subconjunto de siete especies y, finalmente, los sitios públicos cuentan con un subconjunto de tres especies, las dos especies de zorros y el chingue.

Comparando únicamente los resultados para las áreas con iniciativa de conservación privada, se observa que las áreas protegidas de la cordillera de la Costa tienden a albergar una mayor riqueza y abundancia de carnívoros nativos que las áreas protegidas en la cordillera de los Andes. Las iniciativas privadas en la cordillera de la Costa presentan en promedio $3,75 \pm 0,5$ especies de carnívoros nativos, mientras que las de la cordillera de los Andes tienen un promedio de $1,9 \pm 0,8$ especies como muestra la Figura 3. En particular, son los carnívoros nativos de menor tamaño los que se ven más representados en la cordillera de la Costa, sugiriendo que esta podría estar actuando como refugio en este paisaje más antropizado para ellos.

Figura 3. Representación del logaritmo natural del número de registros individuales (a intervalos mayores de 30 minutos entre registros) tomados por trampas cámara en lugares con iniciativas de conservación privada



* Los colores representan los registros por especie de carnívoro. Se destacan en óvalos verdes las iniciativas de conservación ubicadas en la cordillera de la Costa. Este gráfico fue elaborado con la totalidad de registros del monitoreo de carnívoros, fase 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Con el propósito de profundizar un poco más en la comprensión de los factores que subyacen a la riqueza de carnívoros, se validó estadísticamente lo sugerido a partir del Cuadro 2. Este análisis se realizó con el set de datos que corresponden al diseño muestral aleatorio estratificado, de la segunda fase de este monitoreo, que consideró cuatro grados de antropización del paisaje. Se ajustaron modelos lineales mixtos con distribución de Poisson (Burnham y Anderson, 2002), utilizando una serie de variables bioclimáticas y de perturbación antrópica, tomando la región, comuna y sitio como efecto aleatorio anidado.

El modelo de mejor ajuste para la riqueza de carnívoros consideró que los factores de temperatura máxima, figura de protección, distancia a cursos de agua y cobertura vegetal, estimada a través del índice de vegetación de diferencia normalizada⁷, son los que mejor describen la riqueza de carnívoros (ver Cuadro 3), donde se asoció positivamente con la protección legal del sitio y el índice de vegetación de diferencia normalizada. Por otra parte, tuvo una asociación negativa con la temperatura máxima anual y la distancia a cursos de agua (ver Cuadro 4).

7. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por su sigla en inglés). Se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Mide el verdor y la densidad de la vegetación captada en una imagen de satélite.

Cuadro 3. Comparación de modelos con menor AICc⁸ para la riqueza de carnívoros

Modelo	K	AICc	Δ AICc	AICcWt
riq_carniv ~ tmax + protec + distagua + ndvi + (1 region/comuna/sitio)	8	156.15	0.00	0.45
riq_carniv ~ tmax + protec + distagua + distalt + ndvi + (1 region/comuna/sitio)	9	158.54	2.39	0.13
riq_carniv ~ tmax + protec + distalt + td_gatos + ndvi + (1 region/comuna/sitio)	9	158.76	2.61	0.12
riq_carniv ~ tmax + protec + distagua + acceso + td_gatos + (1 region/comuna/sitio)	9	159.05	2.90	0.10
riq_carniv ~ tmax + protec + distagua + acceso + td_ganado + (1 region/comuna/sitio)	9	159.15	3.00	0.10

K = cantidad de covariables incorporadas al modelo; AICc = criterio de información de Akaike corregido; Δ AICc = diferencia entre los AICc de cada modelo; AICcWt = peso de cada AICc con respecto a los otros modelos ajustados.

Fuente: Dünner, 2023

Cuadro 4. Efectos fijos del modelo de mejor ajuste:

riq_carniv ~ tmax + protec + distagua + ndvi + (1|region/comuna/sitio)

	Estimado	Error estándar	Valor z
(Intercepto)	-0.3446	0.1758	-1.960
tmax	-0.2601	0.1458	-1.784
protec (SI)	0.4099	0.2978	1.376
distagua	-0.1640	0.1574	-1.042
NDVI	0.2413	0.1906	1.266

Fuente: Dünner, 2023

Estos resultados fueron generados en el marco de la colaboración entre el Proyecto GEF Montaña y la Universidad Andrés Bello con la realización de la investigación doctoral *Carnívoros en la zona central de Chile: enfrentando una interfaz periurbana creciente* (Dünner, 2023). A partir de resultados preliminares, el proyecto consideró relevante profundizar en las estrategias de implementación de las diferentes figuras de protección en los predios participantes, para evaluar el efecto de las medidas de gestión local sobre la conservación de los carnívoros nativos, para lo cual se encargó un instrumento de medición, que consistió en un cuestionario vía telefónica, dada la contingencia nacional por la COVID-19. El cuestionario combinó preguntas de selección única, selección múltiple y preguntas abiertas. Estas últimas con el objetivo de capturar la mayor diversidad de información posible y poder profundizar en las dimensiones emergentes durante la aplicación. En total, se seleccionaron 32 variables independientes para ajustar los modelos de detección y riqueza de carnívoros nativos.

8. Criterio de Información de Akaike corregido, medida de la calidad relativa de un modelo estadístico, para tamaños muestrales pequeños.

Respecto de la riqueza de carnívoros, el modelo de mejor ajuste consideró que los factores superficie del predio (ha), frecuencia de aplicación de actividades de manejo y control de perros (ver Cuadro 5) son los que mejor describen la riqueza de los carnívoros. Se observó una asociación negativa a ciertas frecuencias de aplicación aplicación semanal de actividades de manejo y al control de perros (mixto > letal) (ver Cuadro 6).

Cuadro 5. Comparación de modelos con menor AICc para la riqueza de carnívoros				
Modelo	K	AICc	Δ AICc	AICcWt
riq_carniv ~ ha + frec_manejo + controlp + (1 region/comuna)	11	106.58	0.00	0.95
riq_carniv ~ ha + plan_manejo + frec_manejo + camp + bici + (1 region/comuna)	12	112.61	6.03	0.05
riq_carniv ~ ha + plan_manejo + frec_manejo + controlp + (1 region/comuna)	13	117.32	10.74	0.00
riq_carniv ~ admin + ha + plan_manejo + frec_manejo + controlp + (1 region/comuna)	14	123.74	17.16	0.00
riq_carniv ~ ha + plan_manejo*frec_manejo + controlp + (1 region/comuna)	15	130.20	23.63	0.00

K = cantidad de covariables incorporadas al modelo; AICc = criterio de información de Akaike corregido; Δ AICc = diferencia entre los AICc de cada modelo; AICcWt = peso de cada AICc con respecto a los otros modelos ajustados.

Fuente: Dünner, 2023

Cuadro 6. Efectos fijos del modelo de mejor ajuste: riq_carniv ~ ha + frec_manejo + controlp + (1 región/comuna)			
	Estimado	Error estándar	Valor z
(Intercepto)	0.32271	0.51068	0.632
tmax	-0.2601	0.1458	-1.784
ha	0.09493	0.28610	0.332
frec_manejo (semanal)	0.13280	0.62582	0.212
frec_manejo (mensual)	-0.97737	1.11843	-0.874
frec_manejo (semestral)	-0.39482	1.21948	-0.324
frec_manejo (anual)	-0.13923	0.85864	-0.162
controlp (no letal)	-0.56249	0.47392	-1.187
controlp (letal)	0.14425	0.88028	0.164
controlp (mixto)	0.45506	1.28144	0.355

Fuente: Dünner, 2023

3.2 Monitoreo de pumas con collares de seguimiento satelital

El primer puma capturado pudo ser monitoreado durante 13 meses, mientras que el segundo, siete meses, sumando más de 2.000 km y 1.500 km de recorrido lineal, respectivamente. Los resultados de los monitoreos demostraron que ambos individuos prefieren zonas con vegetación nativa, ambientes de matorral, bosque y cauces de río. Transitaron con mayor frecuencia por altitudes promedio entre los 1.200 m s.n.m y 1.400 m s.n.m., que coinciden actualmente con los sectores donde se produce la mayor tasa de cambio de uso de suelo de natural a cultural, principalmente, por la expansión de cultivos en ladera como las plantaciones de árboles frutales. Para el primer puma, el 81% de sus registros se produjo dentro de la infraestructura ecológica o red interconectada de espacios naturales y seminaturales con alta relevancia ecológica identificados durante el proceso de planificación ecológica a escala local desarrollado por el equipo del Proyecto GEF Montaña y la Universidad de Chile (MMA y ONU Medio Ambiente, 2020a). Para el segundo puma, aproximadamente, el 69% de los registros contó dentro de la infraestructura ecológica, habiendo recorrido gran parte del tiempo sectores que se encontraban fuera del área del proyecto, por lo que no fue posible evaluar la preferencia del uso de esta red interconectada de espacios naturales clave como soporte estructural y funcional para la biodiversidad y los servicios.

Es importante destacar que se logró registrar tres eventos de cruce de las principales autopistas que atraviesan el área del proyecto: una vez la autopista Ruta 57 Los Libertadores y dos veces la carretera Panamericana Ruta 5, en el sector de Runge. Lo anterior junto al registro fotográfico de pumas, gatos colocolos y zorros transitando por un paso bajo nivel del relaveducto de Codelco Andina en el sector cordón de Chacabuco, refuerzan la necesidad de considerar infraestructura vial con pasos de fauna para el país que, a lo largo de toda su extensión, se encuentra fragmentado por autopistas.

Principales conclusiones

- Tanto los registros fotográficos como el monitoreo a través de collares con seguimiento satelital son de suma importancia, ya que develan que las montañas están intensamente ocupadas por fauna nativa y que, aún se puede encontrar en ellas, a las especies de carnívoros descritas para la región, aunque algunas con muy pocos registros como es el caso de la güiña. Por otra parte, los registros mostraron que los carnívoros nativos se están adaptando al uso del territorio habitado también por las personas, aprendiendo a moverse en este paisaje antropizado, lo que los expone a ellos y a la fauna en general a grandes riesgos como los atropellos.
- Fue posible registrar la disminución de la riqueza de carnívoros nativos en lugares que no cuentan con ningún tipo de gestión ambiental, es decir, en sitios públicos. En este sentido pareciera que los felinos, así como los mefitidos y mustélidos, son los más afectados por la antropización del paisaje.
- En coherencia con lo predicho por los modelos, donde el vigor vegetacional representa un factor subyacente para predecir la riqueza de carnívoros nativos y lo observado a partir del total de registros fotográficos realizados, las iniciativas de conservación privada ubicadas en la cordillera de la Costa presentan mayor riqueza de carnívoros nativos que aquellas ubicadas en la cordillera de los Andes. Particularmente, son los carnívoros de menor tamaño como el gato colocolo, la güiña, el chinge y el quique, los que presentan un mayor número de registros en estos cordones montañosos. Este hallazgo sugiere que los relictos de vegetación nativa de esta cordillera, podrían estar actuando como un refugio para estas especies, esta vez

no por efecto de una glaciación, sino como consecuencia de la antropización del paisaje. Esta hipótesis es válida de ser evaluada en mayor profundidad en futuros estudios científicos.

- Entre las principales amenazas identificadas para los carnívoros nativos se puede priorizar la presencia de perros de libre deambular⁹ y de perros asilvestrados. Es conocido que estas especies pueden actuar como carnívoros interactivos de tamaño mediano en la comunidad (Vanak y Gompper, 2009), compitiendo, hibridando e, incluso, actuando como reservorio de algunas de las enfermedades infecciosas más devastadoras para los carnívoros (Hughes y Macdonald, 2013). El registro de zorros con patologías cutáneas compatibles con sarna o tiña, así como el avistamiento en terreno de un zorro con signos de distemper canino, da cuenta que la transmisión de enfermedades está ocurriendo y es una amenaza real para los carnívoros nativos. Los zorros pueden ser la especie más amenazada por este factor, ya que pertenecen a la misma familia Canidae y, además, al ser el carnívoro más ubicuo y abundante en el área, presenta mayor probabilidad de solapar su nicho temporal o espacial con perros.
- Respecto de las iniciativas de conservación privada, es importante destacar que, a pesar de las grandes diferencias en la inversión e implementación de acciones concretas para la conservación, están teniendo un impacto positivo para los carnívoros nativos. Sin embargo, es importante tener presente que la mayoría no necesariamente cuentan con los recursos necesarios para invertir en acciones de conservación efectivas como la mantención de un cerco perimetral o el control de perros. El acceso controlado y pagado suele ser una importante fuente de ingresos para áreas protegidas, sin embargo, no siempre es compatible con objetivos de conservación (Reed y Merenlender, 2008). En las localidades muestreadas se autorizan actividades de senderismo y otras actividades recreativas que aparentan ser tranquilas y poco invasivas, pero que pueden tener impactos negativos significativos sobre las comunidades de carnívoros nativos a nivel de diversidad, composición, distribución y comportamiento (Miller *et al.*, 2013; Larson *et al.*, 2016; Baker y Leberg, 2018). Los análisis preliminares de la tesis desarrollada por Dünner (2023) sugieren que las áreas con algún grado de protección legal adolecen de financiamiento para inversión en conservación y planificación a largo plazo y permiten actividades turísticas potencialmente perturbadoras para los carnívoros nativos. Por el contrario, predios de administración privada, con parches de vegetación nativa, dedicados a la ganadería y agricultura, tienen mayores tasas de registro y orientan el uso de parte de sus ingresos a la protección de actividades productivas considerando cierre perimetral, bajo acceso de visitantes, vigilancia del predio y control de perros asilvestrados, lo cual indirectamente estaría favoreciendo al ensamble de carnívoros nativos.

⁹. Animales que tienen dueños que los dejan libres para que recorran los montes.

4. Sitio GLORIA: Monitoreo de los efectos de la vegetación altoandina a los efectos del cambio climático

En las últimas décadas ha sido evidente el aumento de la temperatura global, el aumento en los eventos extremos de precipitación y su disminución promedio en algunas regiones (IPCC, 2014), lo que ha impactado diversas formas los ecosistemas del planeta. Los ecosistemas de montaña han sido considerados entre los más vulnerables a los cambios climáticos (Beniston, 1994; Díaz *et al.*, 2003). Si bien aún existen muchas dudas sobre cómo la vegetación de alta montaña se verá impactada a nivel mundial, dada sus adaptaciones a condiciones climáticas extremas de frío y humedad (Körner, 2012), ya se ha identificado en el caso de los Andes tropicales, una clara tendencia a la migración hacia las zonas más altas (Tovar *et al.*, 2013).

Con este desafío, la Academia de Ciencias de Austria, creó en 2002, *Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos* (Red GLORIA)¹⁰, para estudiar a largo plazo y comparativamente la respuesta de la vegetación de altas cumbres al cambio climático, en distintas ecorregiones del planeta. Los ecosistemas de montaña están presentes en todos los continentes y, dentro de estos, las cimas son particularmente interesantes puesto que representan hitos fácilmente localizables, en un área reducida se encuentran las cuatro exposiciones (norte, sur, este y oeste), no tienen efecto de sombras y, por lo general, no están expuestas a perturbaciones fuertes.

Como respuesta al interés en los países de la comunidad andina nace la Red GLORIA-Andes¹¹ en 2008, coordinada a nivel regional por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), con el fin de evaluar la vegetación y la diversidad florística de los ecosistemas de alta montaña a lo largo de los Andes, a través de un sistema de monitoreo periódico, comparativo y estandarizado, siguiendo los estándares de la iniciativa global.

El Proyecto GEF Montaña apoyó esta iniciativa a través de la instalación del primer sitio GLORIA en Chile, integrando así al país en la Red GLORIA-Andes. El sitio de monitoreo fue instalado en el Parque Nacional Río Clarillo¹² y es administrado a través del MMA y la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

El monitoreo GLORIA se destaca por trabajar con un muestreo estandarizado, aplicable en cualquier área cimera de alta montaña y con el que se pueden hacer estudios comparativos entre las diferentes regiones montañosas del mundo. Su uso se basa en observaciones concretas *in situ*.

Un sitio GLORIA comprende cuatro cimas en un gradiente altitudinal (ver Figura 4), aunque en algunos casos se contempla por solo tres cimas, siendo este el número mínimo aceptable.

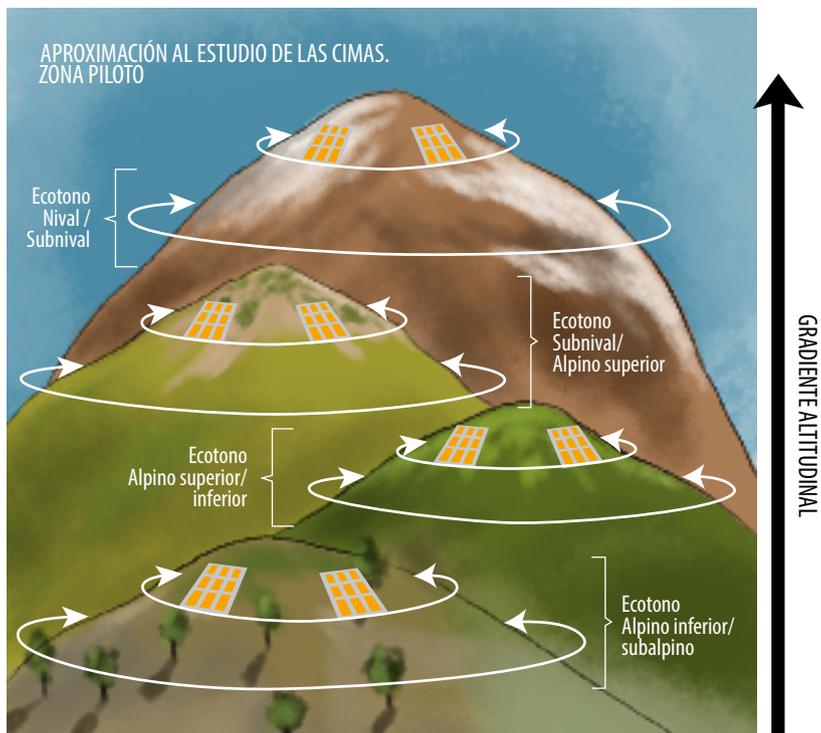
- Ecotono nival/subnival: límite superior, el ecotono del límite de la vida vegetal (vascular) o piso vegetal más elevado.
- Ecotono subnival/alpino superior: segunda cima se ubica en el piso andino superior.
- Ecotono alpino superior /inferior: tercera cima en el límite del piso andino inferior.
- Ecotono alpino inferior/subalpino: cuarta cima cercana al límite superior de las leñosas conocido como límite del bosque o crecimiento arbóreo.

10. Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. <https://gloria.ac.at/home>

11. <https://redgloria.condesan.org/>

12. <https://redgloria.condesan.org/reserva-nacional-rio-clarillo-ch-meal/>

Figura 4. Esquema de la distribución altitudinal de las cimas que componen un sitio GLORIA



Fuente: Modificado de Pauli *et al.*, 2015

Para la elección del primer sitio de la Red GLORIA-Andes en Chile, un equipo de expertos consideró los siguientes criterios:

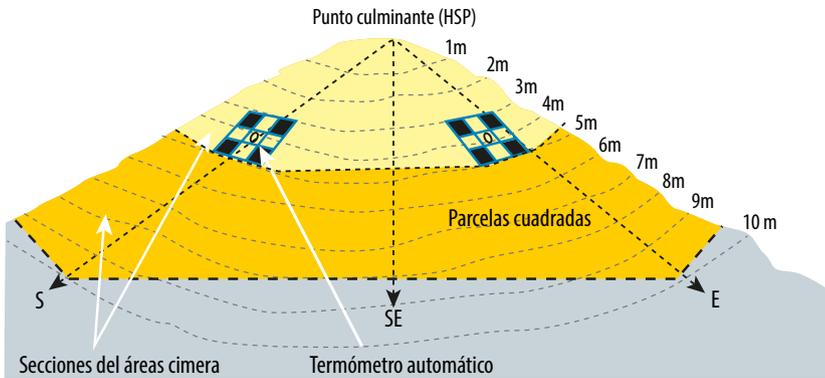
- El clima local entre las cuatro cimas es homogéneo, es decir, todas las cimas se encuentran bajo los mismos efectos climáticos y solo se diferencian por los efectos locales a diferentes alturas.
- El sustrato geológico entre las cuatro cimas es similar.
- No ocurren visitas frecuentes por turistas o situadas en un área intensamente pastoreada.
- Las cimas presentan un aspecto geomorfológico suave.
- La vegetación predominante es representativa de la flora del piso geobotánico en que se encuentra.

Para el caso de Chile, donde la presencia de ganadería de alta montaña y el turismo son importantes, el Parque Nacional Río Clarillo se presentó como el lugar idóneo. La presencia de CONAF por más de cinco décadas en el parque y el control del acceso al público a su parte baja y más atractiva por sus bosques esclerófilos y la regulación y manejo de la ganadería que impide el pastoreo intensivo, hace de esta zona de altas cumbres, el lugar ideal para un observatorio de la red GLORIA - Andes. No obstante, para este sitio en particular solo se logró encontrar tres cimas a lo largo de un gradiente altitudinal óptimo y con un aspecto geomorfológico suave y accesible.

4.1 Sitio GLORIA-Andes – Mediterranean Ecosystem of the Andes (MEA) Chile: Metodología

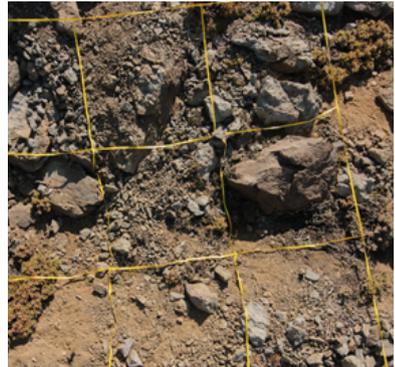
En las tres cimas y para cada uno de los puntos cardinales, se demarcaron parcelas de 3 x 3 metros. Los cuatro extremos de estas parcelas conforman cuatro cuadrantes de 1 m², donde se realizó el levantamiento de variables florísticas cuantitativas, muestreando un total de 16 cuadrantes por cima (ver Figura 5). En ellos, se usaron dos métodos para observar la cobertura de los distintos tipos de superficie (plantas vasculares, roca sólida, piedras sueltas, etc.), la estimación visual y, luego, el muestreo de puntos con marco enrejado que corresponde a un marco con 100 subdivisiones de 1 centímetro. Sumado a este muestreo intensivo, se levantó la cobertura general observada a 5 metros y 10 metros de desniveles desde la cima, para cada dirección cardinal (ver Figura 6). Para el monitoreo climático se colocaron cuatro termómetros enterrados a 10 cm de profundidad, al centro de cada parcela de 3 x 3 m, programados para tomar registros cada una hora, es decir, cada cima tuvo cuatro termómetros, uno para cada dirección cardinal.

Figura 5. Esquema del diseño de muestreo de las parcelas en áreas cimas, así como cuadrantes a lo largo de la cota 5 en las cuatro direcciones cardinales



Fuente: Modificado de Pauli *et al.*, 2015

Figura 6. Ejemplos de cuadrantes de levantamiento florístico



Fuente: Proyecto GEF Montaña

Principales conclusiones

La flora altoandina es indicadora de los efectos del cambio climático porque está adaptada a condiciones particulares de estrés térmico, mucho viento y escasez de agua. El aumento de las temperaturas obliga a las plantas a desplazarse más arriba, hacia zonas de menor temperatura y adaptarse a ellas. Sin embargo, ante el persistente calentamiento global, es posible que las plantas no tengan hacia dónde más avanzar o “escapar”, produciéndose la extinción de especies adaptadas a estas condiciones extremas.

Datos obtenidos a partir de la línea base de GLORIA-Andes muestran valores muy altos de diversidad *beta* (β), es decir, un alto recambio en la composición de las comunidades de las cumbres a lo largo del gradiente latitudinal (Cuesta *et al.*, 2012), y según lo observado, los factores ambientales que explican este patrón son las precipitaciones, las diferencias en las temperaturas mínimas y máximas anuales y el tipo de sustrato local de cada cima. El sitio GLORIA MEA-Chile, correspondiente a la ecorregión mediterránea de matorral andino, posee tres cimas en el Parque Nacional Río Clarillo, siendo el único de este tipo de clima en la red GLORIA-Andes instalado a lo largo de la cordillera de los Andes. En GLORIA MEA-Chile se realizó la línea base durante los veranos del 2019 y 2020, caracterizándose tres cimas:

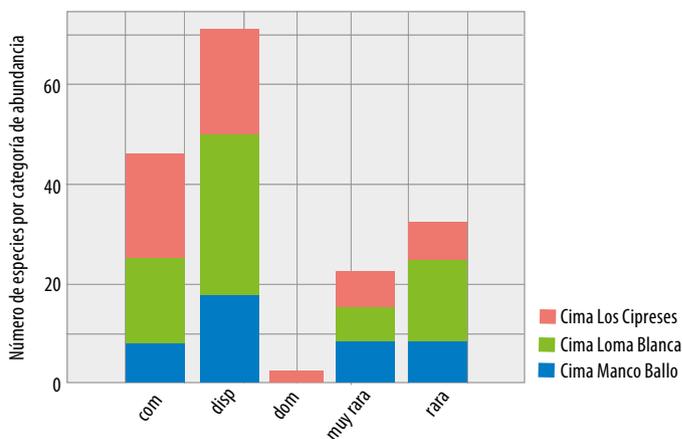
- Cima Los Cipreses ubicada a una altitud de 2.145 m s.n.m., correspondiente a piso de matorral subandino (Teillier *et al.*, 2011) y límite superior de la vida leñosa (Pauli *et al.*, 2015). La especie leñosa presente corresponde al ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en forma rastrera. Entre las especies dominantes reconocidas en las áreas cimerales se encuentran el arbusto *Chuquiraga oppositifolia*, el pasto *Festuca acanthophylla* y la herbácea *Plantago grandiflora*.
- Cima Loma Blanca ubicada a una altitud de 2.330 m s.n.m., que corresponde al ecotono del piso vegetacional subandino, dominado por arbustos bajos y el piso andino inferior (*Anarthrophyllum cumingii* y *Adesmia gracilis*) y por arbustos bajos de no más de 50 cm a 120 cm. A diferencia de la cima Los Cipreses, en esta no se encontraron especies que dominan las áreas cimerales (ver Figura 7). Sin embargo, entre las más comunes, se encuentran: *Acaena alpina*, *Azorella ruizii*, *Berberis empetrifolia*, *Festuca acanthophylla*, *Galium eriocarpum*, *Haplopappus anthyloides*, *Haplopappus velutinus*, *Quinchamalium chilense*, *Poa lingularis* y *Sisyrinchium arenarium*.
- Cima Manco Ballo ubicada a una altitud de 2.770 m s.n.m., que corresponde al ecotono entre el piso vegetacional andino inferior y el piso andino superior, dominado por herbáceas de régimen pluvionival (Teillier *et al.*, 2011). Para el sitio GLORIA MEA-Chile representa lo más cercano al límite superior de crecimiento vegetal muestreado, dado que las cimas de mayor altitud exploradas en el sector no cuentan con fisiografía suave. En esta cima tampoco se encontraron especies dominantes, siendo el sustrato de mayor influencia la glera o roca desnuda. El número de especies comunes también es más reducido, encontrándose: *Acaena alpina*, *Berberis empetrifolia*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Ephedra chilensis*, *Galium eriocarpum*, *Haplopappus anthyloides*, *Luzula chilensis*, *Poa lingularis* y *Tetraglochin alatum*.

Durante este primer levantamiento florístico, aplicando la metodología básica GLORIA, se identificaron en total 100 especies, de las cuales 93 fueron registradas dentro de las parcelas levantadas con GLORIA y siete fuera del área cimera. Se observó la mayor riqueza en el ecotono del piso vegetacional andino inferior y andino superior, en la cima Loma Blanca, con 72 especies. Sigue en riqueza el piso de matorral subandino en la cima

Los Cipreses, con 63 especies registradas y, finalmente, el piso andino superior con 48 especies correspondiente a la cima Manco Ballo. De las 93 (28%) especies, 26 se encuentran en las tres cimas; 33 en dos cimas (35%) y 34 solo en una de las tres cimas (37%). La familia Asteraceae es la más abundante en las tres cimas, estando representada en Los Cipreses por un total de 15 especies; en Loma Blanca, con 22 especies; y, en Manco Ballo, 20 especies. A nivel de familias, Loma Blanca también presenta la mayor riqueza, registrando a 34 familias, 32 en Los Cipreses y 18 en Manco Ballo.

A su vez y en relación con la caracterización de la comunidad vegetacional en las áreas cimera, se observó que la cima de menor altitud presenta mayor presencia de especies dominantes y comunes, mientras que la cima de mayor altitud presenta mayor presencia de especies dispersas, raras y muy raras (ver Figura 7).

Figura 7. Distribución de la riqueza de especies registradas por categoría de abundancia establecida en el manual GLORIA para las tres cimas MEA-Chile

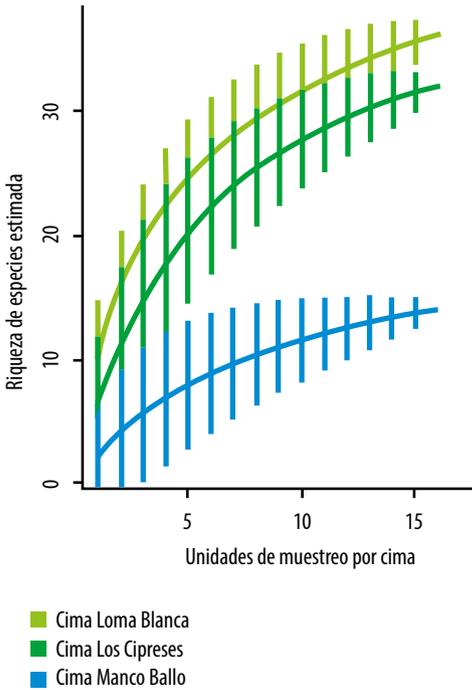


* Común (com): la especie destaca a primera vista, aunque su cobertura sea inferior al 50% del área cimera; Dispersa (disp): la especie difícilmente puede pasar por alto, aunque a primera vista puede pasar desapercibida, no necesariamente presenta una distribución uniforme; Dominante (dom): la especie cubre más del 50% de la superficie del área cimera; Muy rara: uno o muy pocos individuos pequeños; Rara: pocos individuos que solo se detectan mediante una observación cuidadosa.

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Al comparar en las tres cimas, la curva de acumulación de especies¹³, se observó que, para las dos cimas de menor altitud, la riqueza de la comunidad florística es similar, siendo levemente mayor para la cima del ecotono entre el piso andino inferior y superior. Por el contrario, para Manco Ballo, en la cima de máxima altitud se ve que la curva se estabiliza sobre un poco más de 10 especies por unidad de muestreo (cuadrante de 1 m²), menos de la mitad que las otras dos cimas, lo que da cuenta de una reducida diversidad florística respecto del *pool*¹⁴ total de especies registradas en el sitio GLORIA MEA-Chile (ver Figura 8). Al aplicar el índice de diversidad de Shannon¹⁵, se corrobora que la cima de altitud intermedia, Loma Blanca, presenta la mayor diversidad seguida por la cima Los Cipreses y, con un índice muy inferior, la cima Manco Ballo (ver Cuadro 7).

Figura 8. Curva de acumulación de especies por esfuerzo de muestreo de cuadrantes florísticos de 1 x 1 m² para las tres cimas MEA-Chile



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

13. Tasa a la cual se observan especies nuevas en función del esfuerzo de muestreo y, por tanto, permite evaluar si el esfuerzo ha sido suficiente para representar adecuadamente la riqueza de especies de una comunidad de organismos.
14. En genética de poblaciones, el acervo génico (en inglés, *gene pool*; también llamado patrimonio genético) de una especie población es el grupo completo de alelos únicos presentes en el material genético de la totalidad de los individuos existentes en dicha población (Monge-Nájera *et al.*, 2002).
15. Índice que mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población. El índice H aumenta a medida que: 1) aumenta el número de especies; 2) los individuos se distribuyen homogéneamente.



© GEF MONTAÑA

Cuadro 7. Muestra el promedio de diversidad acumulado en los 16 cuadrantes muestreados por cima con su desviación estándar (DS)

Cimas	Promedio Índice de Shannon	DS Índice de Shannon
Los Cipreses	1,33	0,5
Loma Blanca	0,91	0,3
Manco Ballo	0,39	0,5

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Principales conclusiones

- Entre las 93 especies registradas dentro del área de estudio, solo se encontraron dos plantas declaradas invasoras: la trupa o garapatilla (*Cynoglossum creticum*), la cual no resiste la nieve, pero sí heladas ocasionales no prolongadas hasta los -5°C y solo se encontró en la cima Los Cipreses de menor altitud; y la cuernecita (*Cerastium arvense*), que resiste temperaturas bajas de hasta -8°C , tolera nevazones ocasionales y cobertura de nieve durante un par de semanas al año y se encontró en cimas Los Cipreses y Loma Blanca. Estas especies podrían, efectivamente, actuar como indicadoras del calentamiento climático, dado que son indicadoras de condiciones menos adaptadas al frío, propio de la vegetación altoandina.
- Si bien no se registró dentro del área específica de estudio, en las cercanías de la cima más alta, Manco Ballo, se identificó la presencia de *Nardophyllum genistoides* (Asteracea), arbusto muy escaso en su ámbito de distribución geográfica, en un hábitat considerablemente diferente al previamente publicado (Lavandero y Santilli, 2020). Si bien la región Metropolitana es la más densamente poblada de Chile, hallazgos de esta naturaleza ponen en evidencia la falta de conocimiento respecto de la diversidad biológica y pone en perspectiva el valor de este tipo de monitoreo para valorar el capital natural y la riqueza aún existente en la cordillera de los Andes.

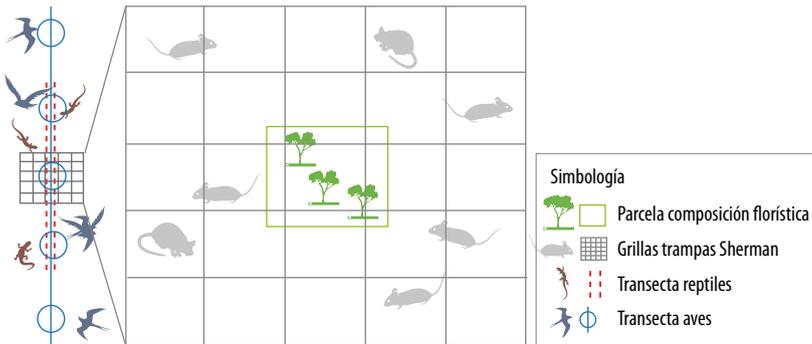
5. Monitoreo de parcelas en un gradiente altitudinal en la cordillera de la Costa

El monitoreo estuvo orientado a evaluar el estado de la flora y fauna en diferentes comunidades vegetales a lo largo de un gradiente altitudinal en la cordillera de la Costa, específicamente en la *Reserva Natural Altos de Cantillana* y el *Santuario de la Naturaleza El Roble*. Estos sitios fueron elegidos por contar con las dos cimas que alcanzan la mayor altitud en la cordillera de la Costa dentro del área del Proyecto GEF Montaña y, por lo tanto, permiten hacer un estudio a lo largo de un gradiente altitudinal más amplio. Además, ambos corresponden a áreas con iniciativas de protección privada y cuentan con una administración establecida que se ha propuesto desarrollar e implementar un plan de manejo para conservar la biodiversidad. Este contexto favorece que los ecosistemas se encuentren mejor conservados y más cercanos a un estado natural de los ecosistemas costeros de la región y, por ello, pueden actuar como sitios de referencia de estudio sobre los efectos del cambio climático en la cordillera de la Costa.

La metodología aplicada consistió en estaciones de muestreo, áreas de monitoreo fijas y permanentes, donde se aplicó en forma sistemática un set de metodologías que permiten caracterizar variaciones en la abundancia y composición de diferentes especies en el tiempo (ver Figura 9). Se monitorearon las clases Reptilia, Aves, Mammalia y el reino Plantae en forma anual, con campañas de terreno realizadas durante la primavera o verano temprano.

Las estaciones de muestreo se ubicaron en una parcela de composición florística de 15 x 15 m, donde se realizó un levantamiento florístico registrando todas las especies presentes y su cobertura utilizando la escala de Braun-Blanquet (MMA y ONU Medio Ambiente, 2020b). Complementario a este levantamiento, para cada estación se realizaron uno o dos transectos de reptiles, los que fueron ajustados a 100 m de longitud y 6 m de ancho. En el punto de inicio de la metodología de transectos, se realizó un punto de escucha de aves de 15 minutos (5 minutos de preparación y 10 minutos de conteo de todas las aves observadas o escuchadas). Para los dos sitios de monitoreo se establecieron tres categorías de altitud: alta entre 1.800 y 2.300 m s.n.m.; media entre 1.200 y 1.800 m s.n.m.; y baja entre 600 y 1.200 m s.n.m. A septiembre de 2022, existe el compromiso e interés de la administración de la *Reserva Natural Altos de Cantillana* de dar continuidad a este monitoreo.

Figura 9. Esquema de una estación de muestreo permanente del monitoreo en gradiente altitudinal



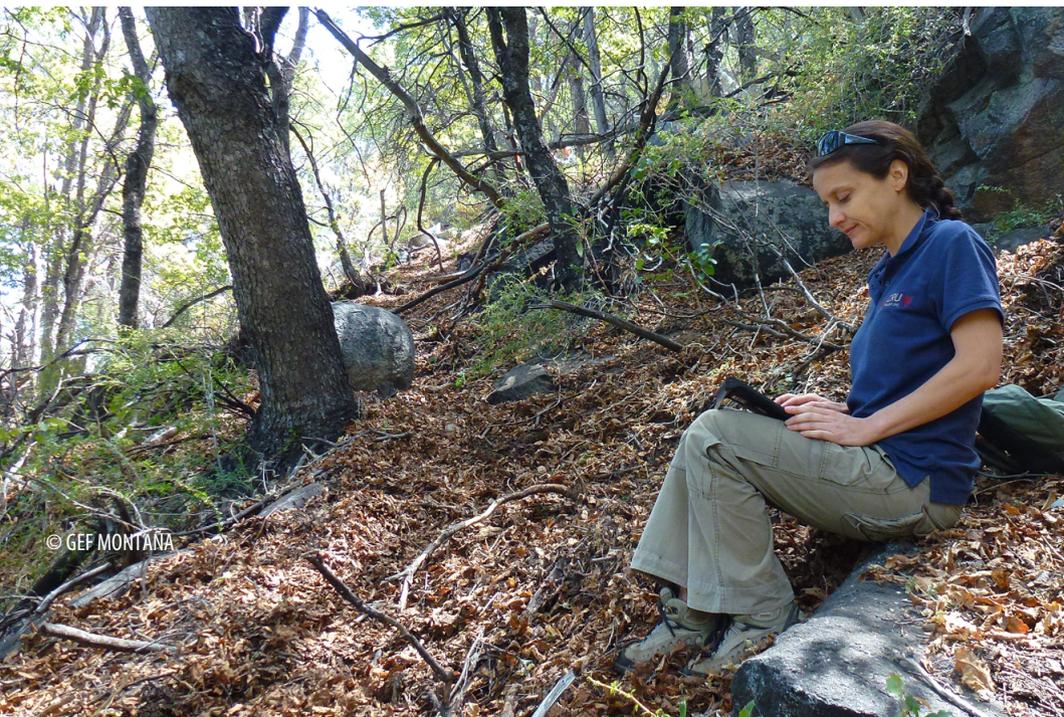
Fuente: MMA y ONU Medio Ambiente, 2020b

Para el *Santuario de la Naturaleza El Roble* se realizaron cuatro campañas de muestreo, mientras que para la *Reserva Natural de Altos de Cantillana* se realizaron cinco (ver Cuadro 8). No obstante, para ambos sitios, las primeras dos campañas consistieron en establecer las parcelas permanentes de monitoreo, por lo que el máximo de visitas por parcela fue de cuatro veces. Una vez establecido el diseño muestral completo de un sitio de monitoreo, se proyectó visitar cada estación al menos una vez al año, durante la primavera y verano temprano.

Cuadro 8. Resumen de esfuerzo de muestreo por temporada por sitio para monitoreo en gradiente altitudinal

Sitio de monitoreo	Año campaña	Duración campaña (días)
SN El Roble	2017-2018 (primavera/verano)	3
SN El Roble	2018 (primavera)	4
SN El Roble	2019 (primavera)	3
SN El Roble	2020 (primavera)	4
RN Altos de Cantillana	2017 (verano)	3
RN Altos de Cantillana	2018 (primavera)	1
RN Altos de Cantillana	2019 (verano)	4
RN Altos de Cantillana	2020 (primavera)	5
RN Altos de Cantillana	2021-2022 (primavera/verano)	5

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña



Principales conclusiones

Monitoreo flora

A partir del levantamiento florístico en parcelas permanentes, se registró una riqueza de 166 especies para el *Santuario de la Naturaleza El Roble* (MMA, 2018a), de las cuales, una especie se encuentra en categoría de conservación En Peligro Crítico (CR); dos, En Peligro (EN); dos, Vulnerable (VU); una, Casi Amenazada (NT); y una, en Preocupación Menor (LC) (ver Cuadro 9). Respecto de su origen, 61 son Endémicas; 75, Nativas; y una sola especie es Introducida, dando cuenta de un elevado grado de naturalidad de este sitio (ver Figura 10). 29 especies fueron identificadas solo a nivel de género, por lo que no se pudo determinar su categoría de origen.

Cuadro 9. Resumen de las especies observadas en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal, que se encuentran en alguna categoría de conservación para la RMS

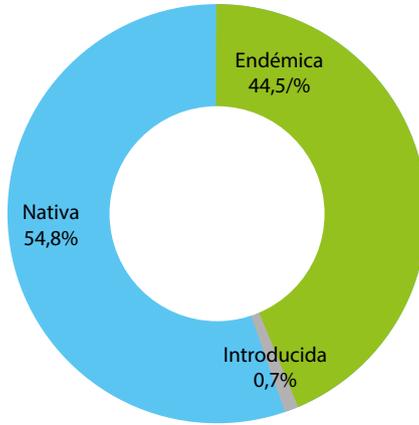
Especies	Categoría de conservación*	Sitio de monitoreo
<i>Adiantum chilense</i>	LC en Chile continental RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Adiantum excisum</i>	LC RCE	RN Altos de Cantillana
<i>Adiantum sulphureum</i>	LC RCE	RN Altos de Cantillana
<i>Alstroemeria garaventae</i>	EN RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Alstroemeria zoellneri</i>	VU RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Blechnum hastatum</i>	LC en Chile continental RCE	SN El Roble
<i>Calceolaria verbascifolia</i>	VU RCE	SN El Roble
<i>Cheilanthes glauca</i>	LC RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Cheilanthes hypoleuca</i>	LC RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Chloraea picta</i>	CR RCE	SN El Roble
<i>Drimys winteri</i>	EN (regiones XV-VI) RCE	SN El Roble
<i>Eriosyce curvispina</i>	LC RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Haplopappus taeda</i>	VU RCE	RN Altos de Cantillana
<i>Kageneckia angustifolia</i>	NT RCE	RN Altos de Cantillana
<i>Nothofagus macrocarpa</i>	VU RCE	RN Altos de Cantillana SN El Roble
<i>Persea lingue</i>	VU (regiones XV-VI) RCE	RN Altos de Cantillana
<i>Placea ornata</i>	VU RCE	SN El Roble

* Extinto (EX), Extinto en Estado Silvestre (EW), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE) (siglas en inglés)¹⁶.

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

16. https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/CriteriosUCNredlistcatspanish_2daEdicion.pdf

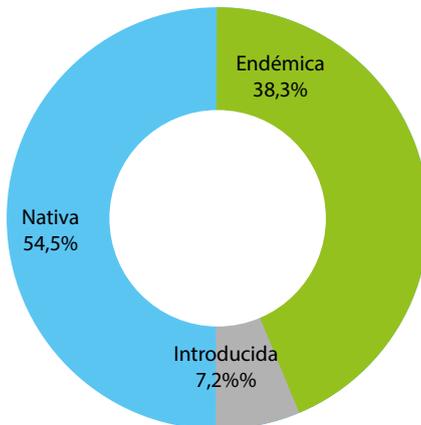
Figura 10. Proporción de especies Nativas, Endémicas e Introducidas registradas en el sitio de monitoreo SN El Roble



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Para el sitio *Reserva Natural Altos de Cantillana* se registró un total de 223 especies (MMA, 2018b). Se encuentran en categoría En Peligro (EN), una especie; Casi Amenazada (NT), dos; Vulnerable (VU), tres; y una en Preocupación Menor (LC) (ver Cuadro 9); y respecto de su origen 69 son Endémicas; 98, Nativas; y 13, Introducidas. 43 especies solo fueron identificadas a nivel de género, por lo que no se pudo determinar su categoría de origen, siendo menos del 10% de origen alóctono, dando cuenta del grado de naturalidad de este sitio (ver Figura 11).

Figura 11. Proporción de especies Nativas, Endémicas e Introducidas registradas en el sitio de monitoreo RN Altos de Cantillana



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

La mayor riqueza de especies registrada en el sitio de monitoreo de la *Reserva Natural Altos de Cantillana* responde a que, en dicho lugar, se presenta una mayor cantidad de hábitats (9), por lo que el universo muestral es más diverso; mientras que, en el *Santuario de la Naturaleza El Roble*, se encuentra acotado a una microfrecuencia asociada a la ladera sur, siendo más reducida la cantidad de hábitat (5) que se estudiaron (ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Resumen de hábitat muestreados en sitios de monitoreo en gradiente altitudinal, Santuario de la Naturaleza (SN) El Roble y Reserva Natural (RN) Altos de Cantillana

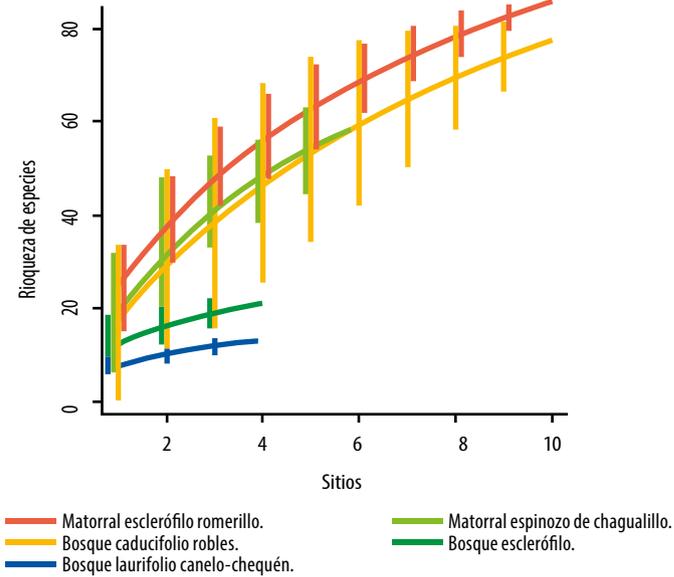
Sitio de muestreo	Hábitat muestreado
RN Altos de Cantillana SN El Roble	Bosque caducifolio de roble
RN Altos de Cantillana	Bosque esclerófilo de peumo-boldo
RN Altos de Cantillana SN El Roble	Bosque esclerófilo de quillay-litre
SN El Roble	Bosque laurifolio canelo-chequén
RN Altos de Cantillana	Matorral andino
RN Altos de Cantillana	Matorral andino <i>Anarthrophyllum cumingii</i>
RN Altos de Cantillana	Matorral esclerófilo de chusquea
SN El Roble	Matorral esclerófilo de romerillo
RN Altos de Cantillana SN El Roble	Matorral espinoso de chagalillo
RN Altos de Cantillana	Matorral frangel-corcolén
RN Altos de Cantillana	Matorral subandino <i>mulinum</i>

Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña



Al analizar la composición de flora agrupada por los principales hábitats, se observa que, para el *Santuario de la Naturaleza El Roble*, la curva de acumulación de especies alcanza una estabilización para el ambiente de Bosque laurifolio canelo-cheuén y para el Bosque esclerófilo de quillay-litre (ver Figura 12).

Figura 12. Curvas de acumulación de especies para los principales hábitats del SN El Roble



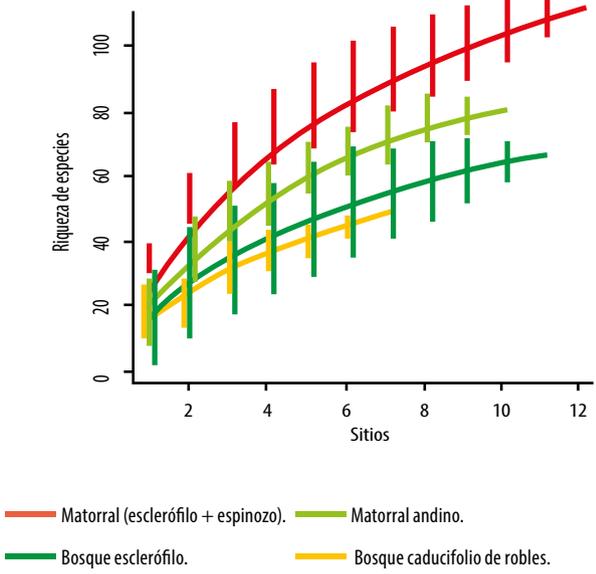
Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Al realizar las campañas de muestreo, se constató que estos dos ambientes se encuentran muy degradados producto de la escasez hídrica y periodos de sequía. Si bien presentan un menor número de parcelas, esto también es parte de su condición deteriorada, ya que hubo dificultad para identificar sectores aptos para instalar una parcela. Por otra parte, en los ambientes de Bosque caducifolio de roble, Matorral esclerófilo de romerillo y Matorral espinoso de chagalillo, se observó una mayor riqueza, alcanzando aproximadamente entre 70 y 80 especies descritas por ambiente. Sin embargo, dicha riqueza podría incrementarse con un mayor esfuerzo de muestreo, considerando que la curva de acumulación de especies no parece estabilizarse, es decir, acercarse a una asíntota.

Para la *Reserva Natural Altos de Cantillana* se observó la curva de acumulación de especies para cuatro ambientes generales: los dos matorrales andinos y el subandino mulinum como Matorral andino; los Bosques esclerófilos de peumo-boldo y quillay-litre como Bosque esclerófilo; el Matorral esclerófilo de chusquea, Matorral espinoso de chagalillo y el Matorral de frangel-corcolén como Matorral; y el Bosque caducifolio de roble. Con el mismo esfuerzo de muestreo, las robleras presentaron menor riqueza de especies, alcanzando un máximo de 40 especies acumuladas a la fecha de la última campaña; mientras que el matorral presentó la mayor riqueza, alcanzando más de 100 especies acumuladas a la fecha de la última campaña. Dada la buena condición que se observó en terreno del dosel de las robleras de Cantillana, resultado que contrasta con lo observado en el

Santuario de la Naturaleza El Roble, fue esperable que la riqueza del sotobosque fuera menor, dada la menor incidencia de radiación solar al suelo. Si bien estos datos no son concluyentes, es coherente con el grado de degradación que se observó en terreno del dosel de las roblerías, degradación que fue en aumento en las sucesivas campañas (ver Figura 13).

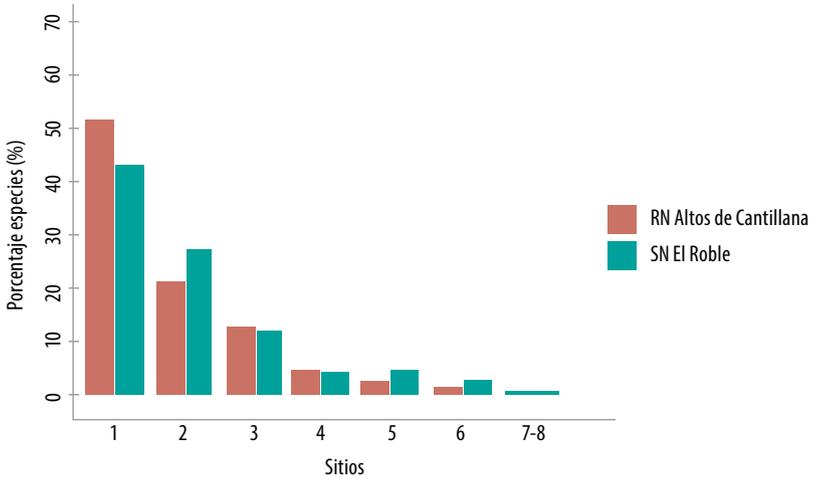
Figura 13. Curvas de acumulación de especies para los principales hábitats de la RN Altos de Cantillana



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Respecto de la distribución de las especies a lo largo de los diferentes hábitats, se observó que, para la *Reserva Natural Altos de Cantillana*, el 55% de las especies fueron observadas en una sola parcela, mientras que para el *Santuario de la Naturaleza El Roble*, el 45% de las especies fueron observadas solo en una parcela (ver Figura 14). Por el contrario, para la reserva, el máximo de parcelas en las que una misma especie fue registrada fue de seis de un total de 11 muestreadas (54%), lo que corresponde al 1% de las especies y siendo las más frecuentes *Adesmia sp.*, *Maytenus boaria* y *Quinchamalium chilense*, mientras que para el santuario, el 3% de las especies, se registraron en seis parcelas, siendo las más frecuentes *Carex andina*, *Ephedra chilensis*, *Galium suffruticosum*, *Nassella chilensis*, *Schiunsmontanus* y un 0,5% en ocho de un total de 10 parcelas muestreadas (*Alstroemeria sp.*), si bien para este caso no se puede descartar que se trate de especies distintas.

Figura 14. Porcentaje de especies distribuidas en una o más parcelas de muestreo, siendo ocho el máximo de parcelas ocupadas por una misma especie



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

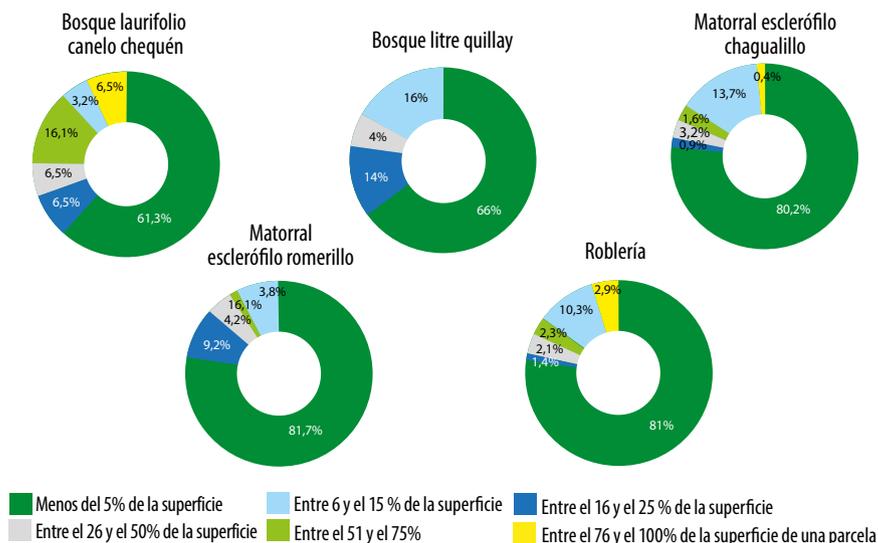
Por otra parte, se midió la cobertura, que da cuenta de la superficie cubierta en cada parcela por las especies vegetales identificadas dentro de ella, dando una idea del grado de dominancia de cada especie a escala local. Se estimó de acuerdo con la escala Braun-Blanquet (ver Cuadro 11) y se analizó en forma desagregada por hábitat.

Cuadro 11. Escala de coberturas Braun-Blanquet		
Código	Individuos	Cobertura (%)
r	1	<5
+	2-25	<5
1	5-50	<5
2m	>50	<5
2a	muchos	5-15
2b	muchos	16-25
3	muchos	26-50
4	muchos	51-75
5	muchos	76-100

Fuente: MMA y ONU Medio Ambiente, 2020b

Para los cinco hábitats estudiados en el *Santuario de la Naturaleza El Roble* se observó que, en todos, la mayor proporción de especies presenta una distribución reducida con menos del 5% de la parcela (ver Figura 15). Además, tres presentaron dominancia de unas pocas especies, que se encuentran en el rango entre un 76 y 100% de la parcela (Bosque laurifolio de canelo-chequén, Matorral esclerófilo de chagualillo y las roblerías). Por otra parte, observaciones en terreno dieron cuenta del grado de degradación que presenta el Bosque laurifolio, donde aproximadamente el 20% de las especies cubre más del 50% de la superficie de la parcela. Otro ambiente que se identificó con un elevado grado de degradación fue el Bosque esclerófilo de litre-quillay, que también presenta una proporción menor de especies de distribución acotada, solo el 66% de las especies cubre menos del 5%, mientras que el 18% de las especies cubre entre el 10 y el 50% de la parcela.

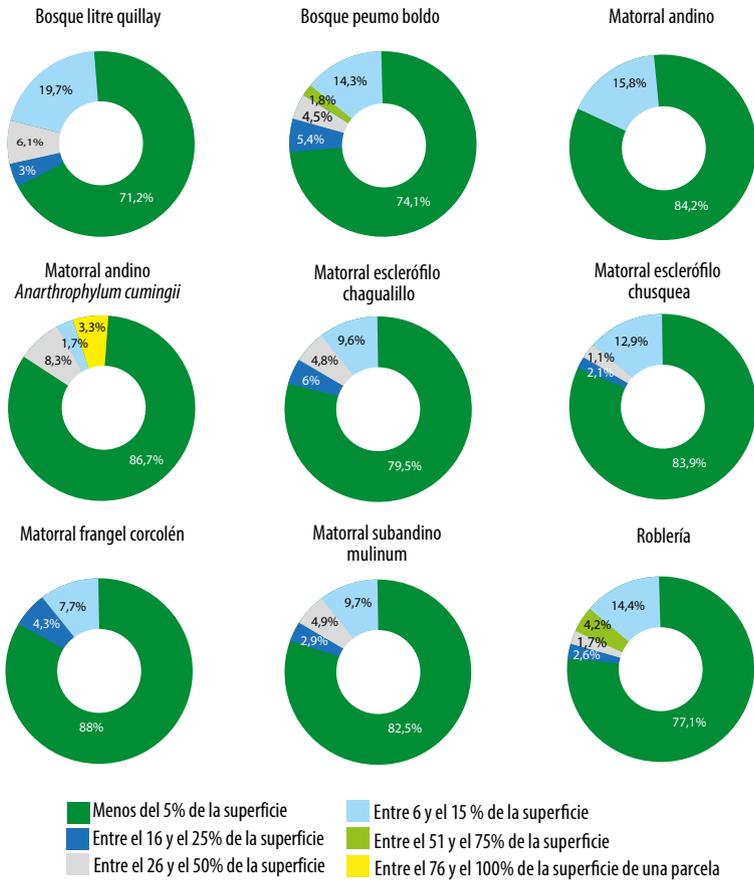
Figura 15. Porcentaje de especies distribuidas en distintas categorías de cobertura (superficie de parcela cubierta por una especie vegetal) para el SN El Roble



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montana

Para los nueve hábitats estudiados en la *Reserva Natural Altos de Cantillana*, se observó que, en todos, la mayor proporción de especies presentó una distribución reducida con menos del 5% de la parcela (ver Figura 16); uno presentó dominancia de unas pocas, las cuales se encuentran en el rango entre un 76 y 100% de la parcela (Matorral andino *Anarthrophyllum cumingii*) y dos con cobertura de especies entre el rango entre 50 y 75% de la superficie de la parcela (Bosque esclerófilo de peumo-boldo y las roblerías). En términos generales, se determinó que las parcelas tienden a ser más diversas, con una distribución más equitativa entre las especies o escasa dominancia de especies particulares.

Figura 16. Porcentaje de especies distribuidas en distintas categorías de cobertura (superficie de parcela cubierta por una especie vegetal) para la RN Altos de Cantillana



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña



Monitoreo fauna

A partir de las estaciones de escucha de aves, se identificó una riqueza total de 23 aves para el *Santuario de la Naturaleza El Roble*, de las cuales tres son Endémicas, una es Exótica y 19 son Nativas, no registrándose especies en categoría de conservación. Para la *Reserva Natural Altos de Cantillana*, se identificó una riqueza total de 49 aves, de las cuales cinco son Endémicas, una es Exótica y 43 son Nativas. Entre las endémicas, una especie se encuentra en categoría de Preocupación Menor, la torcaza araucana (*Patagioenas araucana*) y, entre las nativas, dos se encuentran en categoría de Casi Amenazadas, el cóndor (*Vultur gryphus*) y el concón (*Strix rufipes*). La especie exótica identificada en ambos sitios corresponde a la codorniz (*Callipepla californica*), ave que ha colonizado casi todos los ambientes de la depresión intermedia de Chile.

Para los reptiles se caracterizó una riqueza total de siete en el *Santuario de la Naturaleza El Roble* y 11 especies para la *Reserva Natural Altos de Cantillana*, siendo todas especies nativas y, en su mayoría, endémicas. La menor riqueza identificada en el santuario respecto de la reserva responde a dos factores. Por una parte, el santuario cuenta con una menor diversidad de hábitats y, por otra, solo se realizó una campaña de fauna en este sitio, debido a que se decidió interrumpir el monitoreo. Importante destacar que la reserva cuenta con tres campañas de fauna entre la primavera del 2018 y verano del 2022, no realizándose la campaña del 2021.

Al comparar la curva de acumulación de especies, para las tres categorías de altitud (alto, medio y bajo) se observa para las aves que, en los ambientes del rango altitudinal alto (Matorral andino, Matorral andino *Anarthrophyllum cumingii*, Matorral subandino de mulinum, Matorral frangel-corcolén, roblerías), la curva tiende a estabilizarse entre las 30 y 35 especies; en los ambientes de rango medio (Matorral espinoso de chagalillo y Matorral esclerófilo de chusquea), no se estabilizan; y para el rango bajo (Bosque esclerófilo de peumo-boldo y Bosque esclerófilo de quillay-litre), se estabilizan en torno a las 15 y 20 especies (ver Figura 17).

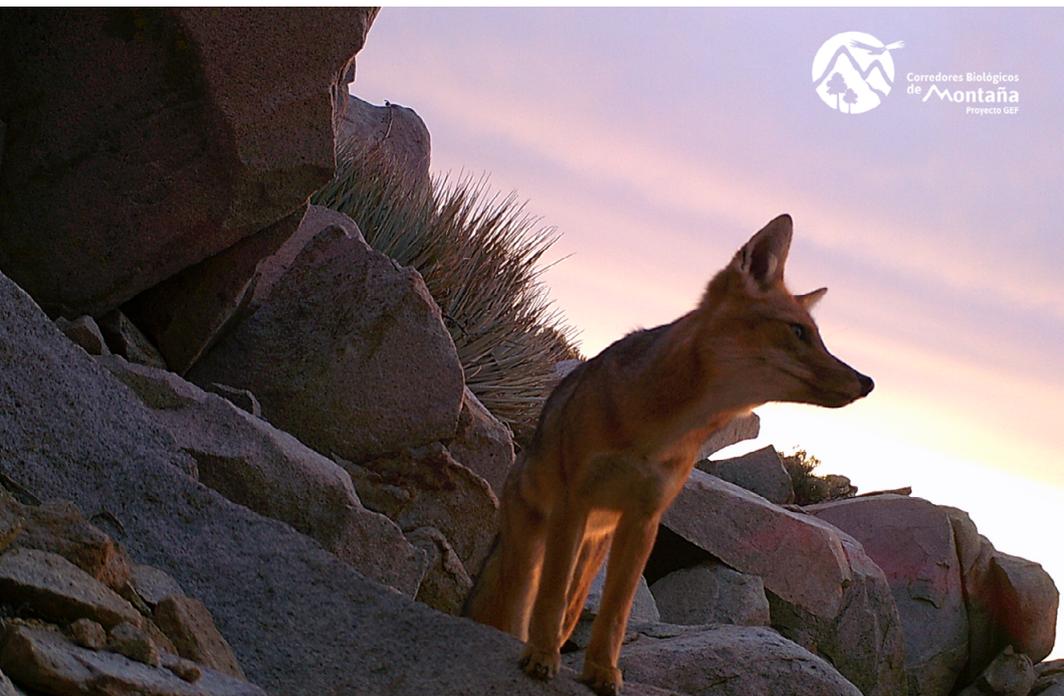
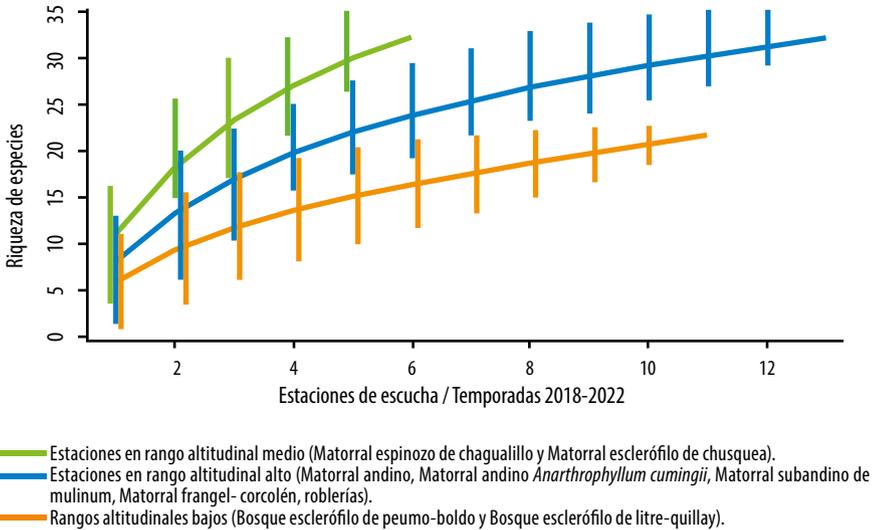


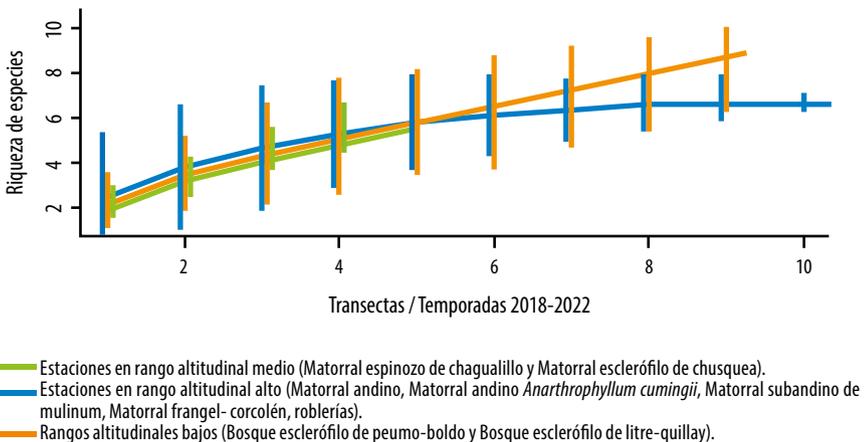
Figura 17. Curvas de acumulación de especies de aves registradas en estaciones de escucha en la RN Altos de Cantillana



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

Respecto de los reptiles, se observa que para los dos rangos altitudinales (alto y medio), la riqueza de especies se estabiliza en torno a las seis, mientras que, para el bajo, se alcanzan hasta ocho especies y no se percibe que la curva llegue a la asíntota, es decir, se estabilice (ver Figura 18).

Figura 18. Curvas de acumulación de especies de reptiles registradas a lo largo de transectas en la RN Altos de Cantillana



Fuente: Elaboración propia Proyecto GEF Montaña

6. Lecciones aprendidas

En cuanto a monitoreo de carnívoros nativos

- Tanto el hallazgo del intenso uso de un paso bajo nivel, así como el registro de varios cruces efectivos realizados por las autopistas más transitadas, refuerzan la necesidad de considerar pasos de fauna en sectores de amortiguación de áreas núcleos de la infraestructura ecológica. Esto puede transformarse en una medida de mitigación de alto impacto positivo no solo para los pumas, sino para todos los carnívoros nativos y, por consiguiente, para la salud de los corredores biológicos de montaña, facilitando el desplazamiento de especies amenazadas como los felinos nativos, en un paisaje cada día más antropizado.
- Es importante destacar el uso de una estrategia híbrida en el diseño de este monitoreo, que aborde una mirada fenomenológica a través de la instalación de trampas cámara en sitios ad hoc, sin seguir necesariamente un diseño muestral estadístico estricto. Este abordaje permite tener un panorama general de la condición de los carnívoros nativos en la región.
- La colaboración con la academia permitió evaluar hipótesis específicas relacionadas con la influencia del grado de antropización del paisaje sobre la riqueza y patrón de uso espacial por parte de carnívoros nativos. El principal aprendizaje de este piloto se encuentra justamente en el valor colaborativo, reconociendo una nutrida experiencia de retroalimentación entre la academia y la gestión pública.

En cuanto al sitio GLORIA MEA-Chile

- Las principales cuencas que determinan el territorio de la región Metropolitana de Santiago son las de los ríos Mapocho y Maipo, siendo este último el destino final de todos los cursos de agua de esta área montañosa. Considerando que la flora de las cuencas reúne 600 especies de plantas vasculares, de las cuales 540 son nativas (Teillier *et al.*, 2011), se puede afirmar que, con una muestra de 100 especies nativas (18% de lo descrito para toda la región), la localidad elegida para instalar el sitio GLORIA MEA-Chile y, así caracterizar específicamente el efecto calentamiento global sobre la flora altoandina, es representativa y cumple con el objetivo. Al respecto, es importante recordar que dado el intensivo uso que se ha dado a la cordillera de los Andes y al contrafuerte cordillerano por explotación minera, ganadería, turismo y, últimamente, producción hidroeléctrica, no es fácil encontrar lugares no degradados, que, además, compartan un mismo clima local y abarquen el rango completo de los pisos andinos. El hecho que Río Clarillo sea un área protegida desde 1984 y que haya ido regulando paulatinamente la actividad ganadera dentro de sus deslindes, manteniéndola por debajo de la capacidad de carga del paisaje, ha permitido encontrar un lugar cuya vegetación se ha recuperado en las altas cumbres y, por tanto, es un buen sitio GLORIA para esta ecorregión.
- Respecto de la logística para el levantamiento de datos en terreno es relevante destacar la importancia de la participación de botánicos taxónomos, dado que la identificación correcta de las especies presentes es clave en este tipo de estudio. Por otra parte, dada la fisonomía de la cordillera central de Chile, la accesibilidad de sitios que cumplan con los requerimientos GLORIA puede ser difícil, por ello, se debe considerar el apoyo y colaboración, particularmente, de locales con buen conocimiento del área como guardaparques, arrieros/as o personas conocedoras del lugar.

- Se destaca la colaboración interinstitucional como el aporte y apoyo recibido por CONAF regional y la administración del Parque Nacional Río Clarillo, como un aspecto clave para la conclusión exitosa de este proyecto.

En cuanto al monitoreo de parcelas en un gradiente altitudinal en la cordillera de la Costa

- A lo largo de las diferentes iniciativas del piloto de monitoreo de la biodiversidad en la región Metropolitana impulsado por el Proyecto GEF Montaña, se ha visto que la cordillera de la Costa es un refugio importante para flora y fauna. En este contexto el estudio de las dos cimas de mayor altitud, en dos sitios con figura de conservación privada, por tanto, sometidos a una baja tasa de perturbación en términos comparativos al resto de la región y a lo largo de un gradiente altitudinal y latitudinal, permitió evaluar los efectos del cambio global al que se están enfrentando los ecosistemas. Una primera descripción cualitativa sugiere que el sitio ubicado al límite norte de la región, *SN El Roble*, presenta una mayor degradación del dosel arbóreo, generando que las comunidades de herbáceas del sotobosque presenten mayor cobertura y especies dominantes. Esto es una respuesta esperable de las herbáceas ante la entrada de mayor radiación solar al sustrato del sotobosque.
- En términos generales, el sitio ubicado en el límite sur de la región, *RN Altos de Cantillana*, presenta una mayor riqueza general de especies con 223 versus 166 del *SN El Roble*, lo que responde a que se muestreó una mayor diversidad de hábitats en este sitio, dado que esta iniciativa de conservación privada abarca una superficie mayor. Esto pone en relieve el valor del tamaño de las áreas protegidas, siendo siempre más favorable poder abarcar una matriz diversa de hábitats, lo cual redundará en una mayor riqueza de especies tanto de flora como fauna asociada.
- Tanto para flora como para las aves, en algunos hábitats se observa a partir de las curvas de acumulación de especies que no alcanzan la asíntota, es decir, que aún se logra una muestra representativa para algunas comunidades. Esto se debe, en parte, a que las fechas de muestreo fueron variables, abarcando siempre la temporada primavera y verano, entre octubre y enero. Dada la alta estacionalidad de las herbáceas y de las aves, se sugiere poder acotar las futuras campañas a un rango temporal que no sobrepase el mes de diciembre y se inicie en noviembre.
- Como en todas las iniciativas de monitoreo impulsadas por el Proyecto GEF Montaña, esta no se podría haber concretado sin el apoyo de la administración de la *RN Altos de Cantillana* y del *SN El Roble*. La colaboración y apoyo en logística y planificación por parte de las personas relevantes del territorio, que lo conocen acabadamente, resulta fundamental. Es así como el compromiso manifestado por la administración de la reserva para dar continuidad a este monitoreo, junto al apoyo del Ministerio del Medio Ambiente, será crucial para poder lograr una comprensión más profunda de los procesos que está experimentando la biodiversidad de la cordillera de la Costa, refugio en esta era del Antropoceno¹⁷.
- Finalmente, es relevante destacar que, en iniciativas de conservación privada impulsadas por comunidades o agrupaciones de personas, el modelo de gobernanza es fundamental para asegurar el cumplimiento de los objetivos de conservación y la continuidad de iniciativas de monitoreo a largo plazo.

17. Propuesta no oficial, para definir el periodo geológico más reciente, que describe este capítulo de la historia de la Tierra, en que las actividades humanas comenzaron a tener un fuerte impacto sobre el clima y ecosistemas.

7. Bibliografía

- Baker, A. y Leberg, P. (2018). Impacts of human recreation on carnivores in protected areas. *PLOS ONE*, 13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195436>
- Beniston, M. (1994). *Mountain environments in changing climates*. (1a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203424957>
- Burnham, K y Anderson, D. (2002). *Model selection and multimodel inference*. (2a ed.) Springer. <https://doi.org/10.1007/b97636>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2016). *Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf
- Cuesta F.; Muriel, P.; Beck, S.; Meneses, R.; Halloy, S.; Salgado, S.; Ortiz, E. y Becerra, M. (2012). *Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Red Gloria-Andes. <https://redgloria.condesan.org/recursos/biodiversidad-cambio-climatico-los-andes-tropicales-conformacion-una-red-investigacion-monitorear-impactos-delinear-acciones-adaptacion/>
- Díaz, H., Eischeid, J., Duncan, C., y Bradley, R. (2003). Variability of freezing levels, melting season indicators, and snow cover for selected high-elevation and continental regions in the last 50 years. *Climatic Change*, 59, 33–52. <https://doi.org/10.1023/A:1024460010140>
- Dunner, C. (2023). *Carnívoros en la zona central de Chile: Enfrentando una interfaz periurbana creciente*. [Tesis de doctorado, Universidad Andrés Bello]. Repositorio institucional académico UNAB. Santiago, Chile.
- Hughes, J., y Macdonald, D. (2013). A review of the interactions between free-roaming domestic dogs and wildlife. *Biological Conservation*, 157, 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.005>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*. [Contribution of Working Groups I, II and III]. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Körner, C. (2012). *Alpine treelines. Functional ecology of the global high elevation tree limits*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-0348-0396-0>
- Larson, C., Reed, S., Merenlender, A., y Crooks, K. (2016). Effects of recreation on animals revealed as widespread through a global systematic review. *PLOS ONE*, 11(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167259>

- Lavadero, N. y Santilli, L. (2020). Nuevo hallazgo de *Nardophyllum genistoides* (Phil.) Gray (Asteraceae) en los Andes centrales de Chile: Avances en el conocimiento de su hábitat y especies asociadas. **Boletín Museo Nacional De Historia Natural**, 69(2), 1–5. <https://boletinmnhn.cl/index.php/ojs/article/view/1/2>
- Miller, S., Bissett, C., Burger, A., Courtenay, B., Dickerson, T., Druce, D., Ferreira, S., Funston, P., Hofmeyr, D., Kilian, P., Matthews, W., Naylor, S., Parker, D., Slotow, R., Toft, M., y Zimmermann, D. (2013). Management of reintroduced lions in small, fenced reserves in South Africa: An assessment and guidelines. **South African Journal of Wildlife Research**, 43(2), 138-154. <https://doi.org/10.3957/056.043.0202>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2018a). **Informe estación de monitoreo, santuario de la naturaleza El Roble**. Desarrollado y financiado por el Proyecto GEFSEC ID 5135 del MMA y ONU Medio Ambiente. <https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/02/Informe-monitoreo-El-Roble.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2018b). **Informe estación de monitoreo, reserva natural Altos de Cantillana**. Desarrollado y financiado por el Proyecto GEFSEC ID 5135 del MMA y ONU Medio Ambiente. <https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/02/Informe-monitoreo-Cantillana.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente). (2020a). **Planificación ecológica a escala local 1:25.000 para todos los municipios pertenecientes al área del proyecto GEF Montaña**. Estudio encargado a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile y financiado por el Proyecto GEFSEC ID 5135 del MMA y ONU Medio Ambiente. https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/12/Libro_Plan_Eco_GEFMontana.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente). **Apéndice 1. Metodología e información adicional. Reporte 2020 SIMBIO RMS**. Desarrollado y financiado por el Proyecto GEFSEC ID 5135 del MMA y ONU Medio Ambiente. https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/09/APENDICE-SIMBIO-RMS_gefmontaña2.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) y Corporación Nacional Forestal (CONAF). **Manual de uso de trampas cámaras para el monitoreo de carnívoros nativos y exóticos**. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5 135 del MMA y ONU Medio Ambiente. https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/04/MANUAL_CAMARAS_TRAMPA_gefmontana.pdf
- Monge-Najera, J.; Gómez, P. y Rivas, M. (2002). **Biología general**. Editorial EUNED. https://books.google.com.co/books?id=x7Pjp233nJOC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&ca-d=0#v=onepage&q&f=false

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). **Convenio de la diversidad biológica**. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Lamprecht, A.; Niessner, S.; Rumpf, S.; Winkler, M.; Steinbauer, K. y Grabherr, G. (2015). **Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básicos, complementarios y adicionales**. (5ª ed.) GLORIA - Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida. <https://redgloria.condesan.org/recursos/manual-trabajo-campo-del-proyecto-gloria-aproximacion-al-estudio-las-cimas-metodos-basico-complementarios-adicionales/>
- Reed, S. y Merenlender, A. (2008). Quiet, nonconsumptive recreation reduces protected area effectiveness. **Conservation Letters**, 1(3), 146-154. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2008.00019.x>
- Teillier, S., Marticorena, A. y Niemeyer HM. (2011). **Flora andina de Santiago. Guía para la identificación de las especies de las cuencas del Maipo y del Mapocho**. (1a ed.). Universidad de Chile.
- Tovar, C.; Arnillas, C. A.; Cuesta, F. y Buytaert, W. (2013). Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. **PLOS ONE**, 8(5), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063634>
- Vanak, A. y Gompper, M. (2009). Dogs canis familiaris as carnivores: Their role and function in intraguild competition. **Mammal Review**, 39(4), 265-283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2009.00148.x>
- Vasquez, A. y Giannotti, E. (2021, 28 de enero). **Zonificación e infraestructura ecológica**. [video]. GEF Montaña. <https://gefmontana.mma.gob.cl/zonificacion-e-infraestructura-ecologica-alexis-vasquez-y-emanuel-giannotti/>

