



REPORTE 2020
DE ESTADO DE LA
BIODIVERSIDAD
Y SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS /
EXPRESIÓN REGIONAL DEL
SIMBIO, R. M. DE SANTIAGO

REPORTE 2020 DE ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

Expresión Regional del SIMBIO Región Metropolitana de Santiago. Período 2017-2018.

Equipo de trabajo: Equipo Proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña (GEFSEC ID 5135)

Fotografías: *Annia Rodríguez, Bárbara Von Igel, Diego Demangel, Ivo Tejeda, Juan Luis Allendes, Magdalena Bennett, Marianne Katunaric, Pablo Cruz, Sofía Flores y Víctor Monzón.*

Con la colaboración de:

MMA, División de Recursos Naturales y Biodiversidad y División de Información y Economía Ambiental
SEREMI Medio Ambiente RMS, Área de Recursos Naturales y Biodiversidad
SAG RMS, Departamento de Protección de Recursos Naturales Renovables
DGA, Unidad de Glaciología y Nieves y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos

Agradecimientos:

Especialistas que aportaron con datos o su procesamiento (*Alejandro Javiel, Annia Rodríguez, Cristian Sepúlveda, Cynamon Dobbs, Fernanda Romero, Francisca Sánchez, Gerardo Sepúlveda, Javier Cano, Juan Luis Allendes, Luisa Ruz, Marcelo Miranda, Matías Tobar, Nicolás Lagos, Nicolás Lavandero, Rinaldo Verdi, Vanezza Morales, Víctor Monzón*).

Propietarios y/o administradores de predios donde se tomaron datos (Bosque Santiago, Cerro El Garfio, Codelco División Andina cuesta Chacabuco, Codelco División Teniente embalse Carén (Loncha), El Monte, El Panul, Fundo Cruz de Piedra, Fundo San Luis de Pallocabe, Laguna de Batuco, Melipilla (cementerio), Melipilla (Cuesta Ibacache), Melipilla (Culiprán), Melipilla (Popeta), Parque Natural Aguas de Ramón, Parque Natural Cantalao, Parque Natural Farellones de Santa Elena, Parque Natural Quebrada de Macul, Parque Natural San Carlos de Apoquindo, Parque Nacional Río Clarillo, Reserva Natural Altos de Cantillana, Santuario de la Naturaleza Cascada de Las Ánimas, Santuario de la Naturaleza Cerro El Roble, Santuario de la Naturaleza Cerro Poqui, Santuario de la Naturaleza Los Nogales, Santuario de la Naturaleza Quebrada de la Plata, Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal, Santuario de la Naturaleza San Juan de Piche, Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, Viña Tarapacá y Viña Terramater)

Desarrollado y financiado por:

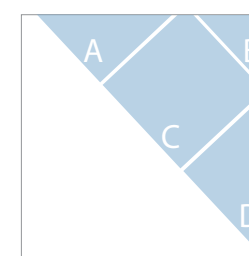
Proyecto GEFSEC ID 5135 "Protegiendo la Biodiversidad y Múltiples Servicios Ecosistémicos en Corredores Biológicos de Montaña, en el Ecosistema Mediterráneo de Chile. Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (2016-2022).

Citar este documento como:

MMA y ONU Medio Ambiente. (2020). Reporte 2020 de Estado de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Expresión Regional del SIMBIO Región Metropolitana de Santiago. Desarrollado y financiado por: Proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente, Santiago, Chile. 110 pp

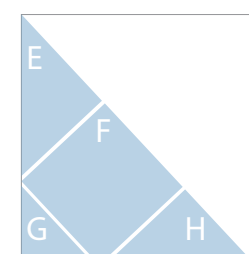
Los mapas y otras imágenes que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen en modo alguno al Estado de Chile y se consideran como referenciales pues no han sido visados por la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado.

Fotos de portada



- A.** *Eriosyce curvispina*, por Diego Demangel.
- B.** *Calceolaria meyeniana*, por Bárbara Von Igel.
- C.** *San José de Maipo*, por Pablo Cruz.
- D.** *Echinopsis chiloensis*, por Marianne Katunaric.

Fotos de contraportada



- E.** *Puya coerulea var coerulea*, por Diego Demangel.
- F.** *Tropaeolum tricolor*, por Magdalena Bennett.
- G.** *Chuquiraga oppositifolia*, por Marianne Katunaric.
- H.** *Leucocoryne ixioides*, por Bárbara Von Igel.



REPORTE 2020
DE ESTADO DE LA
BIODIVERSIDAD
Y SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS /
EXPRESIÓN REGIONAL DEL
SIMBIO, R. M. DE SANTIAGO

SIMBIO 
SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD

Proyecto GEF Corredores
Biológicos de Montaña

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACHIFARP	Asociación Chilena de Municipalidades con Farmacias Populares
ACHM	Asociación Chilena de Municipalidades
AMM	Asociación de Municipalidades con Centros de Montaña
AMSZO	Asociación de Municipalidades para la Seguridad Ciudadana en la Zona Oriente
AMUR	Asociación de Municipios Rurales de la Región Metropolitana de Santiago
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CMNUCC	Convención de Cambio Climático
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CONDESAN	Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina
CTCN	Centro y Red de Tecnología del Clima
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
DGA	Dirección General de Aguas
ENBD	Estrategia Nacional de Biodiversidad
ENCCRV	Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales
ERBD RMS	Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago
GEF	Global Environment Facility
GLORIA	Global Observation Research Initiative in Alpine Environments
ICRAF	Centro Mundial de Agroforestería
IEMA	Informe del Estado del Medio Ambiente
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de Naciones Unidas
PNUD	Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo
PRODOC	Project Document
REMA	Reporte del Estado del Medio Ambiente
ROC	Red de Observaciones de Aves y Vida Silvestre de Chile
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SBAP	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas
SCAM	Sistema de Certificación Ambiental Municipal
SEREMI MA RMS	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIMBIO RMS	Expresión Regional del Sistema de Información y Monitoreo de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Región Metropolitana de Santiago
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
UNCCD	Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	4
1. CONTEXTO	8
1.1. PROYECTO GEF CORREDORES BIOLÓGICOS DE MONTAÑA EN LA RMS.	10
1.2. SISTEMAS DE MONITOREO INTERNACIONALES Y NACIONALES	14
1.3. INSTRUMENTOS RELACIONADOS A BIODIVERSIDAD Y MONITOREO A LOS CUALES CONTRIBUYE EL SIMBIO RMS	17
1.4. MONTAÑAS Y BIODIVERSIDAD	24
2. DESCRIPCIÓN DEL SIMBIO RMS Y SU DISEÑO	25
2.1. OBJETIVO GENERAL DEL SIMBIO RMS	26
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SIMBIO RMS	26
2.3. PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES	27
2.4. ESCALAS DE TRABAJO	29
2.5. ORGANIZACIÓN DE LA RED DE INSTITUCIONES DEL SIMBIO RMS Y SU INFORMACIÓN	29
BOX 1. CIENCIA CIUDADANA PARA LA BIODIVERSIDAD	33
2.6. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN NÚCLEO Y RESUMEN DE SU METODOLOGÍA	34
2.6.1. Escala de paisaje	34
P - 1. Purificación de aire	35
P - 2. Captura de carbono	36
P - 3. Degradación de bosque esclerófilo	36
P - 4. Degradación de la vegetación nativa	37
P - 5. Fragmentación antropogénica	37
2.6.2. Escala de sitio	38
BOX 2. SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN REALIZADO POR INSECTOS NATIVOS	39
BOX 3: SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CONTROL DE PLAGAS POR PARTE DE MURCIÉLAGOS	41
S - 1. Estudio de corredores biológicos naturales	43
S - 2. Sitios de monitoreo en gradiente altitudinal	44
S - 3. Sitio GLORIA (vegetación altoandina)	45
3. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	46
3.1. ESCALA DE PAISAJE	48
P - 1.1. Purificación del PM ₁₀ del aire por el bosque	48
P - 2.1. Captura de carbono	54
P - 3.1. Degradación de bosque	58
P - 4.1. Degradación de la vegetación nativa	64
P - 5.1. Fragmentación antropogénica	69
3.2. ESCALA DE SITIO	73
S - 1.1. Composición del ensamble de carnívoros nativos terrestres	73
S - 1.2. Presencia de carnívoros exóticos terrestres	78
S - 2.1. Frecuencia especies vegetales	82
S - 2.2. Cobertura de especies vegetales	85
S - 2.3. Diversidad de especies vegetales	89
S - 2.4. Porcentaje de especies vegetales nativas y endémicas	93
S - 2.5. Porcentaje de especies vegetales amenazadas	96
4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES GENERALES	100
4.1. ÁREA DEL PROYECTO GEF MONTAÑA	101
4.2. CORREDORES BIOLÓGICOS NATURALES	102
4.3. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA: SITIO DE MONITOREO CANTILLANA	102
4.4. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA: SITIO DE MONITOREO EL ROBLE	103
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comunas que componen el área del Proyecto GEF Montaña, su certificación ambiental y asociación municipal.	13
Cuadro 2. Vinculación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD) con el SIMBIO RMS .	21
Cuadro 3. Vinculación de la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago (ERBD RMS) con el SIMBIO RMS.	22-23
Cuadro 4. Pisos vegetacionales y su superficie en las comunas de la Región Metropolitana de Santiago pertenecientes al Proyecto GEF Montaña.	67
Cuadro 5. Presencia de carnívoros nativos y exóticos en trampas cámara en los sitios muestreados.	81
Cuadro 6. Cobertura de las especies en las parcelas de muestreo en el sitio de monitoreo Cantillana.	87
Cuadro 7. Cobertura de las especies en las parcelas de muestreo en el sitio de monitoreo El Roble.	88
Cuadro 8. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas del sitio de monitoreo Cantillana.	92
Cuadro 9. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas del sitio de monitoreo El Roble.	92
Cuadro 10. Origen de las especies vegetales presentes en las parcelas del sitio de monitoreo Cantillana.	95
Cuadro 11. Origen de las especies vegetales presentes en las parcelas del sitio de monitoreo El Roble.	95
Cuadro 12. Porcentaje de especies vegetales amenazadas presentes en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo Cantillana.	98
Cuadro 13. Porcentaje de especies vegetales amenazadas presentes en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo El Roble.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área del Proyecto GEF Montaña en la Región Metropolitana de Santiago.	12
Figura 2. Esquema referencial de la organización de las instituciones que colaboran al SIMBIO RMS.	32
Figura 3. Representación referencial de la información levantada a la fecha por el equipo GEF Montaña, y proyectada a futuro a partir de la colaboración de instituciones al SIMBIO RMS.	32
Figura 4. Monitoreo ciudadano realizado por la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile.	33
Figura 5. <i>Corynura cristata</i> en flores de <i>Prunus cerasus</i> (guindo ácido), en Caleu, Tiltil.	39
Figura 6. Huerto de <i>Prunus cerasus</i> (guindo ácido), en Caleu, Tiltil. Se aprecia demarcación de hileras y encapsulamiento de botones de flores para estudio de eficacia polinizadora.	40
Figura 7. Murciélagos registrados en los sitios piloto. A: <i>Tadarida brasiliensis</i> (murciélago de cola libre), B: <i>Histiotus montanus</i> (murciélago orejón chico), C: <i>Myotis chiloensis</i> (murciélago oreja de ratón del sur), D: <i>Lasiurus cinereus</i> (murciélago ceniciento), E: <i>Lasiurus varius</i> (murciélago colorado).	41
Figura 8. Ejemplar de <i>Myotis chiloensis</i> (murciélago oreja de ratón del sur).	42
Figura 9. Representación de una estación de muestreo en donde se encuentran anidados los distintos métodos a utilizar.	44
Figura 10. Depositación anual promedio de PM ₁₀ por sitio de estudio.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 11. Depositación de PM ₁₀ en la vegetación en el área de estudio para coberturas del Catastro de Vegetación de Bosque Nativo CIREN CONAF 2013 encontradas a menos de 20 km de las parcelas de muestreo.	51
Figura 12. Depositación anual promedio de PM ₁₀ Kg / Ha, según el tipo de cobertura de bosque.	52
Figura 13. Diagrama de caja representando la depositación anual promedio y dispersión de datos de PM ₁₀ Kg/árbol para cada una de las cinco especies estudiadas.	53
Figura 14. Áreas con captura de carbono en bosque (tCO ₂ eq) en comunas pertenecientes al Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 – 2013.	56
Figura 15. Áreas con captura de carbono en matorral (tCO ₂ eq) en comunas pertenecientes al Proyecto GEF Montana durante el periodo 2001 – 2013.	57
Figura 16. Captura de carbono en bosque y matorral esclerófilo (tCO ₂ eq) por comuna, en el área del Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 -2013.	58
Figura 17. Áreas de bosque en proceso de degradación en las 30 comunas de la RMS pertenecientes al Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 – 2013.	61
Figura 18. Superficie de bosque en proceso de degradación para las comunas de la RMS en el área del Proyecto GEF Montaña, en el periodo 2001 – 2013.	62
Figura 19. Emisiones por degradación de bosques en las comunas de la RMS en el área del Proyecto GEF Montaña, en el periodo 2001 – 2013.	63
Figura 20. Variación estacional e interanual del valor NDVI por cada piso vegetacional (círculos en escala de verdes), con el respectivo promedio de los tres años monitoreados (círculo rojo).	68
Figura 21. Cobertura de suelo según categoría Sensible y No Sensible.	72
Figura 22. Índice de fragmentacion antropogenica de Steenmans & Pinborg en el área del Proyecto GEF Montaña.	72
Figura 23. Número de carnívoros nativos presentes en cada localidad.	75
Figura 24. Distribución altitudinal del número de registros obtenidos por especie de carnívoro nativo.	76
Figura 25. Distribución altitudinal del número de trampas cámara instaladas.	77
Figura 26. Número de trampas cámara con registro de carnívoros exóticos por localidad.	80
Figura 27. Frecuencia de especies en parcelas de muestreo en los sitios de monitoreo de Cantillana y El Roble.	84
Figura 28. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo Cantillana.	91

01

CONTEXTO

1. CONTEXTO

Chile es una de las cinco áreas del mundo que presentan un ecosistema mediterráneo, junto con Australia, California, Sudáfrica y la cuenca del Mediterráneo. Este ecosistema es reconocido por sus altos niveles de riqueza y endemismo de flora y fauna. Mundialmente comprende sólo el 2% de la superficie terrestre, pero posee el 20% de la diversidad de flora del planeta (Cox & Underwood, 2011). Estas áreas albergan grandes concentraciones de poblaciones humanas, presentan una alta conversión de la vegetación natural y un intensivo uso agropecuario, lo cual redundará en fuertes amenazas y presiones significativas para la biodiversidad. La ecorregión mediterránea de Chile se clasifica como la “Ecorregión N° 122 Matorral Chileno” dentro de la Iniciativa Global 200 de la WWF (WWF International & Terralingua, 2002), y ha sido catalogada en estado de conservación “En Peligro” según Dinerstein et al. (1995). Por otra parte, se ha reconocido que el matorral mediterráneo de Chile presenta la mayor superficie natural o semi-natural con potencial de conservación entre las cinco ecorregiones mediterráneas del mundo (Cox & Underwood, 2011).

Las amenazas y factores de degradación ambiental en la ecorregión mediterránea de Chile, están dados principalmente por actividades humanas que juegan un rol importante en los avances de deterioro de las funciones ecosistémicas y de los hábitats que, consecuentemente, repercuten sobre la capacidad de resiliencia de los bosques y la biodiversidad. Los principales factores son la pérdida, fragmentación y degradación del hábitat provocado por la expansión agrícola y urbana; los incendios; el aumento de especies invasoras y de mascotas abandonadas asilvestradas que diezman las especies nativas; la deforestación del bosque; la extracción de tierra de hoja; el sobrepastoreo; y la escasa protección legal de los ecosistemas.

Considerando este panorama, se hace necesario conocer la condición de la biodiversidad, sus factores de amenaza y las iniciativas para su conservación. Al respecto, la última Evaluación de Desempeño Ambiental de Chile del 2016 señala que en la última década se ha avanzado en la generación de conocimiento sobre diversidad biológica y las presiones de las que ésta es objeto, se han evaluado los ecosistemas terrestres y registrado humedales y áreas protegidas, entre otros logros. Sin embargo, siguen existiendo vacíos de información sobre el estado de conservación de muchas especies y ecosistemas y del valor de los ecosistemas y de la diversidad biológica (CEPAL y OCDE, 2016). La evaluación enfatiza en la necesidad de elaborar una línea de base precisa de la biodiversidad que señale tendencias, proporcione información para la toma de decisiones e identifique acciones prioritarias, con fin de avanzar hacia la conservación de la diversidad biológica y su aprovechamiento sostenible (CEPAL y OCDE, 2016).

En este sentido, una red de monitoreo de la biodiversidad debiera posibilitar el conocer periódicamente su condición y tendencias, además de permitir una toma de decisiones oportuna, transparente y basada en

información de calidad. El país cuenta con un conjunto de instituciones públicas y privadas robustas, por lo que es factible generar una red integral de monitoreo de su biodiversidad y los servicios que ésta otorga, la cual debiera responder a una lógica sistemática y estandarizada de monitoreo y no a requerimientos puntuales como ha ocurrido hasta ahora (MMA et al., 2016). Además, una red de monitoreo de la biodiversidad aportaría a la ejecución de diferentes mandatos del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) señalados en el Artículo 70° de la Ley 19.300¹.

Así mismo, Chile como país signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), podría avanzar hacia el cumplimiento de la Meta de Aichi N°19 que señala: *“Para 2020, se habrá avanzado en los conocimientos, la base científica y las tecnologías referidas a la diversidad biológica, sus valores y funcionamiento, su estado y tendencias y las consecuencias de su pérdida, y tales conocimientos y tecnologías serán ampliamente compartidos, transferidos y aplicados”*.

1.1. PROYECTO GEF CORREDORES BIOLÓGICOS DE MONTAÑA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO.

Se estima que el ecosistema mediterráneo es el que experimentará el mayor cambio proporcional en biodiversidad para el año 2100 debido a su alta sensibilidad a los cambios de uso de la tierra y vulnerabilidad a los impactos del cambio climático (Lavorel, 1998; Sala et al., 2000; PNUMA, 2007). La densidad poblacional y el crecimiento de las zonas urbanas, la conversión de áreas naturales a la agricultura y ganadería, y la conversión de áreas naturales para el desarrollo de proyectos relacionados con el turismo y proyectos inmobiliarios, son algunas de las principales amenazas para estos ambientes (Underwood et al. 2009). En el caso de nuestro país se suman las amenazas asociadas a la explotación de recursos naturales como lo son la minería y generación hidroeléctrica.

Siendo así, se hace urgente minimizar los impactos de las actividades productivas desarrolladas dentro del ecosistema mediterráneo y fortalecer la toma de decisiones de los gobiernos locales, incorporando herramientas de gestión y planificación ambiental territorial, instrumentos de regulación y normativa

1. Los literales del Artículo 70° de la Ley 19.300 relacionados a monitoreo de la biodiversidad son (MMA et al., 2016):

- j)** Elaborar y ejecutar estudios y programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad, así como administrar y actualizar una base de datos sobre biodiversidad.
- k)** Elaborar los estudios necesarios y recopilar toda la información disponible para determinar la línea de base ambiental del país, elaborar las cuentas ambientales, incluidos los activos y pasivos ambientales, y la capacidad de carga de las distintas cuencas ambientales del país.
- ñ)** Elaborar cada cuatro años informes sobre el estado del medio ambiente a nivel nacional, regional y local. Sin embargo, una vez al año deberá emitir un reporte consolidado sobre la situación del medio ambiente a nivel nacional y regional. Estos informes incluirán datos sobre la calidad del medio ambiente, así como un resumen ejecutivo que sea comprensible para el público en general.
- u)** Administrar la información de los programas de monitoreo de calidad del aire, agua y suelo, proporcionada por los organismos competentes, cuando corresponda

ambiental, mecanismos de financiamiento para la implementación de acciones en buenas prácticas productivas, y una fuerte componente en educación y sensibilización de los actores clave.

En este marco surge la necesidad de potenciar y maximizar los esfuerzos instalados en materias de gestión ambiental local llevados a cabo por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y otras instituciones competentes del área ambiental. Este es el principal contexto que da vida al Proyecto GEF 5135 “Protegiendo la Biodiversidad y Múltiples Servicios Ecosistémicos en Corredores Biológicos de Montaña, en el Ecosistema Mediterráneo de Chile”, conocido como “Proyecto GEF Montaña”. Éste responde a un marco político e institucional de un Chile preocupado por el medio ambiente, por la sustentabilidad en el proceso de desarrollo y por la conservación de la biodiversidad, alineándose con las obligaciones asumidas por el país como parte signataria del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (UNCCD) y con la Convención de Cambio Climático (CMNUCC).

El Proyecto GEF Montaña tiene una duración de 6 años, partiendo en junio 2016 a 2022 y cuenta con un presupuesto estimado de US\$5,7 millones (17,4%) por parte del GEF y US\$27 millones (82,6%) como cofinanciamiento de distintos actores nacionales involucrados. Se desarrolla en las regiones Metropolitana de Santiago y parte de Valparaíso y su objetivo es *desarrollar un modelo de intervención territorial sustentable en los cordones montañosos del ecosistema mediterráneo de la zona central de Chile, el cual integra iniciativas público-privadas vinculadas al fortalecimiento de la gestión municipal, a la promoción de buenas prácticas productivas, y a la incorporación de información y monitoreo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en la toma de decisión.* Se espera como resultado final INTEGRAR EL PAISAJE NATURAL Y PRODUCTIVO en la gestión ambiental local en conservación DE LA BIODIVERSIDAD, incrementando con ello la resiliencia de los ecosistemas amenazados de montaña (sus bosques y la biodiversidad en general), ante las presiones por la competencia de uso del suelo en las áreas naturales de alto valor en biodiversidad y también presiones de cambio derivados de los efectos del cambio climático.

En la Región Metropolitana de Santiago (Figura 1), el área del Proyecto GEF Montaña comprende zonas de alto valor en biodiversidad, relevadas en la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad de la RMS, tales como áreas de alta montaña, piedemonte andino, quebradas y algunas áreas bajas del valle central y los bordes de río.

El objetivo del Proyecto GEF Montaña es desarrollar un modelo de intervención territorial sustentable en los cordones montañosos del ecosistema mediterráneo de la zona central de Chile, el cual integra iniciativas público-privadas vinculadas al fortalecimiento de la gestión municipal, a la promoción de buenas prácticas productivas, y a la incorporación de información y monitoreo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en la toma de decisión.

Son 30 las comunas que conforman el área del proyecto en la Región Metropolitana de Santiago (Cuadro 1), las que en su mayoría acogen a comunidades rurales dedicadas a las actividades agropecuarias y en menor medida silvícolas. Estas comunas dependen de los servicios ecosistémicos que brindan las montañas y sus bosques para satisfacer los requerimientos ambientales que sustentan el desarrollo de sus actividades productivas, por lo que se vuelve imprescindible que trabajen en su conservación. Ante los inminentes desafíos que impone el cambio climático y colapso ecosistémico, surge la necesidad de adaptarse por parte de los distintos municipios. Dado que los problemas medioambientales no reconocen fronteras geopolíticas, la necesidad de asociarse entre distintos municipios para enfrentar los desafíos medio ambientales ha aumentado

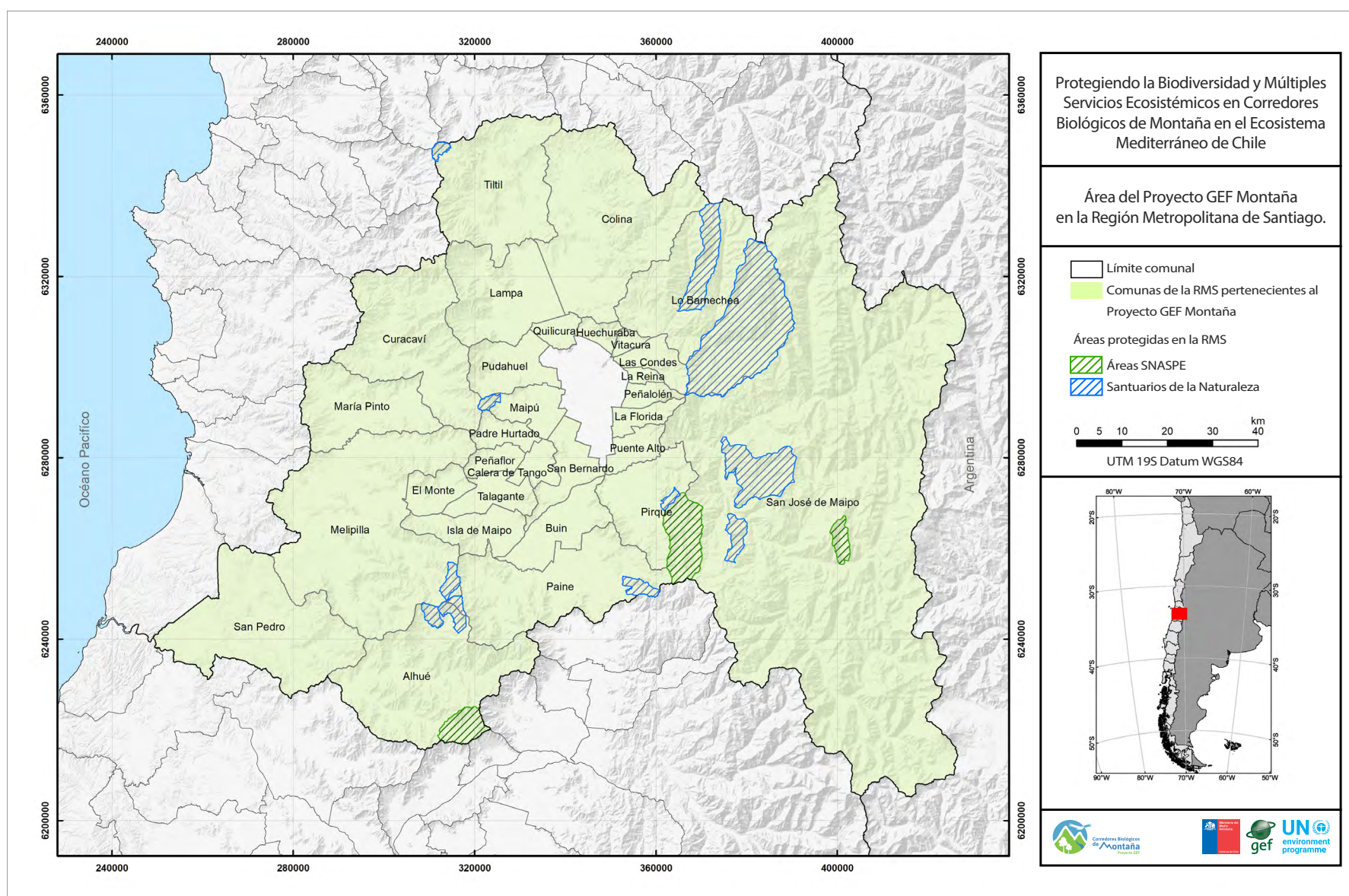


Figura 1. Área del Proyecto GEF Montaña en la Región Metropolitana de Santiago.

Cuadro 1. Comunas que componen el área del Proyecto GEF Montaña, su certificación ambiental y asociación municipal.

Provincia	Municipio	Nivel en el SCAM	AMUR	Parque Cordillera	As. Municipios del Valle del Maipo	Paisaje de Conservación	Creación de RENAMU	Ordenanza de protección áreas naturales y/o biodiversidad
Chacabuco	Colina	Gobernanza Ambiental – Climática Comunal/Implementación	Integrante	Integrante		No	No	
Chacabuco	Lampa	Nivel Intermedio	Integrante			No	No	
Chacabuco	Til Til	En proceso de Básica	Integrante			No	No	
Cordillera	Pirque	En proceso de Básica	Integrante			En evaluación	No	Proyectada
Cordillera	Puente Alto	Nivel Excelencia				No	No	
Cordillera	San José de Maipo	Nivel Básico	Integrante	Integrante		En evaluación	Proyectada	Proyectada
Maipo	Maipo							
Maipo	Buín		Integrante			No	No	
Maipo	Calera de Tango	Gobernanza Ambiental – Climática Comunal/Apresto	Integrante			Sí	No	Proyectada
Maipo	Paine	Nivel Excelencia	Integrante			No		
Melipilla	San Bernardo	Nivel Excelencia				Sí	No	
Melipilla	Alhué		Integrante			Sí	No	
Melipilla	Curacaví	Nivel Básico	Integrante			No	No	
Melipilla	María Pinto	Nivel Básico	Integrante			No	No	Proyectada
Melipilla	Melipilla	Nivel Básico	Integrante		Integrante	No	No	
Santiago	San Pedro	Nivel Excelencia	Integrante			No	No	
Santiago	Huechuraba	Intermedia				No	No	
Santiago	La Florida	Nivel Excelencia		Integrante		No	No	
Santiago	La Reina	Gobernanza Ambiental – Climática Comunal/Apresto		Integrante		Si	En proceso	Proyectada
Santiago	Las Condes			Integrante		No		
Santiago	Lo Barnechea	Nivel Excelencia		Integrante		No	No	Si
Santiago	Maipú	Nivel Excelencia				No	No	Si
Santiago	Peñalolén	Gobernanza Ambiental – Climática Comunal/Apresto		Integrante		Si	En proceso	Proyectada
Santiago	Pudahuel	Nivel Básico				No		
Santiago	Quilicura	Nivel Excelencia				No	No	Si
Talagante	Vitacura	Nivel Excelencia				No	No	Proyectada
Talagante	El Monte	Nivel Básico	Integrante		Integrante	En evaluación	Proyectada	Proyectada
Talagante	Isla de Maipo	En proceso de Básica	Integrante		Integrante	Sí	No	Proyectada
Talagante	Padre Hurtado		Integrante			No	No	
Talagante	Peñaflor	Nivel Básico	Integrante			En evaluación	Proyectada	Proyectada
Talagante	Talagante	En proceso de Básica	Integrante			En evaluación	No	

Fuente: Elaboración propia

en los últimos años. Es la capacidad de colaborar en la búsqueda de soluciones conjuntas entre municipios que aumentará su adaptabilidad ante el escenario de cambios ambientales que se viven en la actualidad. Es relevante contar con un diagnóstico del grado de asociatividad de los municipios en la RMS, en el contexto de la información que entregará este reporte (Cuadro 1).

En consideración a las características de este territorio, el Proyecto GEF Montaña realiza acciones para contribuir a la gestión ambiental local, sistemas de monitoreo regional de componentes ambientales, además de programas que fortalecen y promueven el manejo sustentable de tierras y bosques. Así, las líneas de acción del proyecto son:

- Gobernanza ambiental local y gestión en conservación de biodiversidad y uso sustentable del territorio.
- Buenas prácticas productivas para el manejo sustentable de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.
- Levantamiento de información y monitoreo de la biodiversidad y determinación de servicios ecosistémicos.

El PRODOC (siglas en inglés de Project Document) del Proyecto GEF Montaña define como uno de sus productos la generación de un *“Sistema de monitoreo regional para determinar el estado, presión y respuesta de atributos claves de bosques, biodiversidad - servicios ecosistémicos generados a través del manejo sustentable de bosques y degradación de tierras (Output 2.1.)”*. Esto surge a raíz de la necesidad de conocer el estado de los componentes de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el área del proyecto, que a su vez permitan hacer difusión y sensibilización sobre la necesidad de conservar los bosques, suelos, y servicios ecosistémicos. En este sentido, el SIMBIO Región Metropolitana de Santiago tiene el objetivo de proveer información a los organismos públicos y privados, especialmente a los municipios, con fin de que les permitan conocer su biodiversidad, poder orientar su manejo y apoyar la toma de decisiones basada en información de calidad.

1.2. SISTEMAS DE MONITOREO INTERNACIONALES Y NACIONALES

El monitoreo de biodiversidad proporciona información biológica básica para tomar decisiones de manejo con márgenes razonables de certeza y sustentabilidad. Debiera así considerarse indispensable el contar con esta información y conocer cuáles son los factores que influyen en la biodiversidad, al momento de diseñar y desarrollar políticas públicas modernas, biológicamente sustentables y socialmente viables. La relevancia de esto radica en que 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, ésta incrementa la disponibilidad de recursos naturales, los que en muchos casos aprovechamos hoy en día sin perder de vista los usos potenciales que podrían existir en el futuro (Chediack, 2009).

Conscientes de esta necesidad existen ejemplos internacionales de monitoreo de biodiversidad. En México existe el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad², que busca determinar el estado de su diversidad biológica y sus tendencias de cambio de manera extensiva a lo largo y ancho de su territorio nacional.

En 2015 inició su funcionamiento operacional, gracias a la cooperación de la Comisión Nacional Forestal, quien contribuye con los datos del inventario nacional forestal y de suelo, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas que contribuye con el levantamiento de datos en Áreas Naturales Protegidas, y con el apoyo de la comunidad local y organizaciones sociales que trabajan en conservación de la biodiversidad. Los datos levantados son entregados a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, quien se encarga de que sean almacenados, sistematizados y procesados junto con investigadores y expertos nacionales e internacionales (Biodiversidad Mexicana, 2017).

Por medio de este esfuerzo se han podido generar estadísticas anuales necesarias para la gestión sustentable, en términos de recursos biológicos y provisión de servicios ecosistémicos de México, además de preparar reportes anuales nacionales que dan a conocer a la ciudadanía el estado y los cambios de la riqueza natural de dicho país. Cabe señalar que este sistema cuenta con 8.476 sitios permanentes de monitoreo, elegidos como los más representativos de su territorio nacional, y en donde el monitoreo integra el uso de trampas cámara y grabadoras para el monitoreo bioacústico, además de levantamiento de datos de vegetación, impactos ambientales, plagas, especies invasoras, entre otros, produciendo información estandarizada, replicable y escalable, para evaluar tendencias locales, regionales y nacionales de la biodiversidad. Esto ha permitido generar un mapa de la integridad ecosistémica de México. La información de este sistema junto con la de monitoreo REDD+ se encuentra disponible en su sitio web³ (Biodiversidad Mexicana, 2017).

Ahora bien, en América del Sur también existe el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia⁴, en donde el Instituto Humboldt se ha encargado de coordinar a diferentes instituciones que producen y publican información en una alianza para la recopilación de datos de biodiversidad. En este sistema la

La diversidad biológica garantiza la permanencia, bienestar y equilibrio de la vida, incluida la del ser humano, por tanto debiera considerarse indispensable el contar con esta información al momento de diseñar y desarrollar políticas públicas modernas, biológicamente sustentables y socialmente viables.

2. http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/

3. <http://monitoreo.conabio.gob.mx/>

4. <https://www.sibcolombia.net/>

información se rige por el estándar internacional Darwin Core, por lo que puede integrarse a la de otras iniciativas globales y queda disponible a una gran diversidad de usuarios (SIB Colombia, s.a.).

Por otro lado, Colombia también cuenta con el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono⁵, a cargo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de dicho país, el cual vela por la evaluación, monitoreo, seguimiento y modelamiento de los fenómenos naturales y las actividades humanas que afectan los ecosistemas forestales. Gracias a este sistema, desde 2009 han podido generar información sobre dónde, cuándo y por qué están sucediendo cambios en la superficie y en los contenidos de carbono de los bosques. Puntualmente, desarrollan un reporte periódico de la superficie de bosque natural, cuantifican anualmente la deforestación a nivel nacional, generan trimestralmente alertas tempranas por deforestación, modelan y simulan las causas y agentes de deforestación y degradación y mantienen un monitoreo del carbono almacenado en los bosques (SIAC, s.a.).

En Chile se elaboró en 2016 el documento *“Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático”*⁶, que busca integrar una red colaborativa entre distintas instituciones públicas, académicas, privadas y no gubernamentales que generan o podrían generar información sobre biodiversidad en el país. Para ello se identificó una serie de indicadores a nivel nacional a los que se les podría realizar seguimiento y abordó aspectos de gobernanza, intercambio de información, gestión de datos y procedimientos a seguir.

Además en los últimos años se han desarrollado iniciativas de monitoreo de diversidad biológica:

- Campañas de monitoreo anuales que se realizan en humedales costeros y andinos desde 2011, a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.
- Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos, a cargo del Proyecto GEF SIMEF, iniciativa nacional inter-institucional, promovida por el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Medio Ambiente y ejecutada por el Instituto Forestal (INFOR), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), y que incorpora el levantamiento de datos de especies nativas no arbóreas y de fauna en muchos puntos del país (<https://simef.minagri.gob.cl/>).
- Sistema de Monitoreo Nacional de Biomasa y Carbono Forestal, desarrollado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de determinación de la captura de carbono realizada por la vegetación arbórea en la zona centro-sur del país 2001 – 2013, y que se está actualizando para la zona sur del país.

Todas estas iniciativas contribuyen a generar información robusta respecto del estado y tendencia de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos que nos provee a escala nacional.

5. <http://smbyc.ideam.gov.co/>

6. https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/red_monitoreo_chile_altar_39mb_1.pdf

1.3. INSTRUMENTOS RELACIONADOS A BIODIVERSIDAD Y MONITOREO A LOS CUALES CONTRIBUYE EL SIMBIO RMS

Chile cuenta con diversos instrumentos de la institucionalidad pública, tanto vigentes como propuestos, que están estrechamente relacionados al monitoreo del estado y tendencia de la diversidad biológica y la salud de los ecosistemas. En este contexto, contar con un sistema de monitoreo a escala regional, que además permita acercarse a la realidad local, representa un aporte en el cumplimiento de los objetivos de estos instrumentos. A continuación, se presentan algunos de estos instrumentos, indicándose también su vinculación con la generación y desarrollo del SIMBIO RMS:

Proyecto de Ley que Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)⁷: En marzo de 2011 se ingresó el primer proyecto de ley para crear el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBPA, boletín N°7.487-12), el cual no prosperó. Luego, este proyecto de ley fue reingresado al Congreso en junio del 2014 con el fin de completar la institucionalidad ambiental y cubrir los vacíos de gestión y conservación de la biodiversidad de Chile. Durante 2014 se incluyeron varias indicaciones sugeridas por la Comisión Asesora Parlamentaria, y durante 2016 se desarrolló a nivel país una consulta indígena que generó nuevas indicaciones. En octubre de 2017 la Comisión de Medio Ambiente del Senado aprueba en forma unánime este proyecto. Durante 2018 el proyecto fue revisado por la Comisión de Hacienda del Senado. A fines de enero del 2019 fue aprobado por esa comisión. El 24 de julio del 2019 el proyecto fue aprobado por el Senado en sala. En enero del 2020 fue aprobada la idea de legislar por la Comisión de Medio Ambiente de la Cámara de Diputados.

Entre las funciones y atribuciones del SBAP se encontrará el implementar redes de monitoreo para conocer el estado de conservación de la biodiversidad del país y sus componentes, de manera sistemática y gradual. En este sentido, el SIMBIO RMS contribuye mediante la implementación de un piloto regional y escalable; estableciendo un monitoreo permanente de la condición y tendencia de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, poniendo datos y resultados a disposición de las instituciones públicas y privadas, entre ellos los gobiernos municipales y regionales, para una toma de decisión informada, así como también a la ciudadanía, a través de las plataformas existentes del Ministerio del Medio Ambiente.

Política Nacional para la Gestión Sustentable de las Montañas en Chile y Plan de Acción: El borrador de esta política fue elaborado por el Comité Nacional para las Montañas, creado por el Ministerio de Relaciones Exteriores (Decreto Supremo N°108/2014) y constituido por 15 órganos del Estado. El borrador se presentó

7. <http://portal.mma.gob.cl/biodiversidad/servicio-de-biodiversidad-y-areas-protegidas/>

a consulta ciudadana entre diciembre de 2016 y febrero de 2017, recibiendo más de 600 observaciones⁸. La versión consolidada de esta política se generó en octubre de 2018. Actualmente se encuentra a la espera de tramitación en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

La versión borrador de esta política presenta como objetivo general *“Reconocer y valorar las montañas como parte de la identidad nacional, propendiendo a su uso sustentable y propiciando el bienestar ambiental, social y económico de la población”*. Su objetivo específico N°1 es *“Fortalecer el estudio y conocimiento de las montañas en Chile”* y el primer lineamiento de éste es *“Fomentar el estudio de los ecosistemas de las montañas”*.

Algunas de las acciones comprometidas por el Ministerio del Medio Ambiente a la implementación de esta política son *“Fomento de la investigación e información relativa a biodiversidad en montaña”* y *“Monitoreo, seguimiento, evaluación y reporte del estado de la biodiversidad de las montañas, en todos sus niveles”*. El SIMBIO RMS, al acotarse al área del Proyecto GEF Montaña, levantará información principalmente de los corredores montañosos, por lo que contribuirá al desarrollo de estas dos acciones a escala regional.

Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad⁹: Este instrumento fue elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, siendo aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático el 21 de julio de 2014.

Su objetivo específico N°1 se refiere a *“Investigación en biodiversidad y creación de capacidades en gestión, información y conciencia ambiental, a nivel nacional, regional y local”*, y su línea estratégica N°1 es el *“Diseño y desarrollo de una red de monitoreo de la biodiversidad terrestre y acuática tanto continental (incluyendo humedales altoandinos y costeros) como marina, dotada de un sistema de alerta temprana”*, siendo el objetivo de esta medida el *“Desarrollar una red nacional de monitoreo de biodiversidad y un sistema de alerta temprana sobre las condiciones de los ecosistemas y especies, incluyendo los posibles cambios climáticos futuros. Esta red debe incluir las áreas protegidas y otras áreas de gestión de la biodiversidad”*.

En consideración a ello, el SIMBIO RMS aporta al cumplimiento de este lineamiento, puesto que sirve como piloto regional que puede luego dar paso al desarrollo de la red a nivel nacional y al sistema de alerta temprana. Puntualmente, en el marco de este plan, también aporta con la inclusión de Chile a la Red GLORIA-Andes de monitoreo a largo plazo de vegetación altoandina ante el cambio climático.

8. http://consultasciudadanas.mma.gob.cl/mma-epac/app/home_ciudadano?execution=e3s2

9. http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/02/Plan_Adaptacion_CC_Biodiversidad_2.pdf

Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV)¹⁰: Fue elaborada por la Corporación Nacional Forestal y aprobada por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el 14 de noviembre de 2016.

Una de las actividades contempladas es la *“Gestión adaptativa de recursos vegetacionales al cambio climático, desertificación, degradación de las tierras y sequía”*, y entre las medidas de acción se encuentra el *“GA. 1. Programa de adaptación para la gestión de los recursos vegetacionales en el marco del cambio climático, desertificación, degradación de las tierras y sequía”*. En este aspecto, el SIMBIO RMS utilizará insumos relacionados a captura de carbono y degradación de bosques derivados de la ENCCRV. A su vez, el SIMBIO RMS contribuye con la instalación de un sitio GLORIA para el monitoreo permanente de los efectos del cambio climático en la vegetación altoandina, que puede servir de insumo para modelar los potenciales desplazamientos de las comunidades vegetales.

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 (ENBD)¹¹: Este instrumento fue elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente y aprobado el 05 enero de 2018 por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, actualizando la estrategia ya existente desde el 2003 e incorporando un Plan de Acción Nacional.

La misión de la estrategia es *“Impulsar la conservación de la biodiversidad del país, en todos sus niveles, en un marco de buena gobernanza territorial, que garantice el acceso justo y equitativo a los bienes y servicios ecosistémicos para las generaciones actuales y futuras, y fomente las capacidades del país para resguardar, restaurar y usar sustentablemente este patrimonio y legado natural”*. Son varios los aspectos en que el SIMBIO RMS se vincula a la estrategia, por lo que éstos se indican detalladamente en el Cuadro 2, pero más allá de ello se destaca el aporte al cumplimiento de la Meta 2.2. del Plan de Acción, *Ámbito Actividades Transversales de la ENBD*, la cual señala que *“Al 2030, el país contará con una red de monitoreo de la biodiversidad plenamente funcional, con capacidad de reporte y generación de información para la toma de decisiones, la gestión y la comunicación hacia la sociedad civil”*.

Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015-2025 (ERBD RMS)¹²: Este instrumento fue elaborado por la Secretaría Regional Ministerial de Medio

*El SIMBIO RMS aporta al cumplimiento de la Meta 2.2. del Plan de Acción, **Ámbito Actividades Transversales de la ENBD**, la cual señala que **“Al 2030, el país contará con una red de monitoreo de la biodiversidad plenamente funcional, con capacidad de reporte y generación de información para la toma de decisiones, la gestión y la comunicación hacia la sociedad civil”**.*

10. <http://www.enccrv-chile.cl/>

11. http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Estrategia_Nac_Biodiv_2017_30.pdf
<http://biodiversidad.mma.gob.cl/>

12. https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia_Regional_para_la_Conservacion_de_la_Biodiversidad_RMS_2015-2024,_2014.pdf

Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago (SEREMI MA RMS), y aprobado por unanimidad en el Consejo Regional Metropolitano de Santiago en 2014.

El objetivo general de esta estrategia es *“Contribuir a la conservación de la biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago, promoviendo la gestión sustentable de sus características, servicios y potencialidades, de manera de resguardar su capacidad vital y de garantizar el acceso a sus beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras”*. Son varios los aspectos en que el SIMBIO RMS se vincula a la ERBD RMS, por lo que éstos se indican detalladamente en el Cuadro 3. Además, en la medida que se avance en la toma de datos y levantamiento de información del SIMBIO RMS, se podrá aportar al cálculo de algunos indicadores planteados en la ERBD RMS como son el *“Porcentaje de áreas de alto valor mantienen o mejoran el estado de la biodiversidad que contienen”* y el *“Porcentaje de ecosistemas más afectados que cuentan con sistemas de seguimiento y medidas de conservación”*.

Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático¹³: Este documento fue elaborado en 2016 por el Ministerio del Medio Ambiente con la asistencia técnica del Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN por sus siglas en inglés), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y el Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF por sus siglas en inglés). Está orientado a la primera fase en la creación de una red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático, abordando su marco conceptual, indicadores, protocolos de datos, estándares de calidad y requerimientos de software y hardware.

De acuerdo con dicho documento, el objetivo de una red de monitoreo de biodiversidad debe ser *“Medir cambios en la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, las especies y los servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad para adaptarse al cambio climático”*. Para lograr ello señala que la clave es *“Proporcionar información sobre los procesos de los diferentes niveles de la biodiversidad, de sus interacciones tróficas, cambio biótico de importantes componentes ambientales, de la eficacia de los esfuerzos de conservación y las mediciones del impacto y respuesta por parte de la sociedad”*.

En este sentido, este documento se considera un marco orientador para el SIMBIO RMS, a la vez que éste le sirve como implementación de un piloto regional de un sistema de monitoreo, por lo que deben trabajar alineados. Además, en la medida que se avance en la toma de datos y levantamiento de información del SIMBIO RMS, se podría aportar antecedentes para el cálculo del indicador *“1.1.2. Cambio en el estado de conservación de los ecosistemas”* de dicho documento, y el indicador *“1. Índice de integridad ecosistémica”* planteado en su documento *“Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático: Sistemas Terrestres”*.

13. https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/red_monitoreo_chile_altar_39mb_1.pdf

Cuadro 2. Vinculación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENBD) con el SIMBIO RMS .

ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (ENBD)		ACTIVIDADES DEL SIMBIO RMS	
Objetivo estratégico	Lineamiento estratégico del objetivo	Actividad	Aporte de la actividad
<p>II. Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población</p>	<p>2. Fomento de la investigación e información relativa a biodiversidad, abordando especialmente los vacíos de conocimiento y las necesidades institucionales para la toma de decisiones.</p>	<p>Levantamiento de información</p>	<p>Dentro de la información que levanta el SIMBIO RMS (información núcleo) se encuentra una cartografía de degradación de vegetación nativa y de bosque, de los servicios de provisión de agua, purificación de aire y captura de carbono. A escala local cuenta con dos sitios de monitoreo de parcelas en gradiente altitudinal, los que son El Roble y Cantillana. También está instalando el sitio GLORIA de monitoreo de vegetación altoandina. Además, cuenta con alrededor de 60 trampas cámaras que se han ido instalando en alrededor de 12 sitios dentro del área del Proyecto GEF Montaña. Por otro lado, se ha trabajado en algunos insumos para el SIMBIO RMS. Se cuenta con un inventario de flora y vegetación, con 9.050 registros de flora y 503 puntos de vegetación. También se está elaborando una cartografía de biotopos a escala 1:25.000.</p>
<p>II. Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población</p>	<p>3. Difusión y transferencia de conocimientos e información a la ciudadanía, relativa a la biodiversidad y sus factores de amenaza, a través de distintas plataformas y mecanismos de difusión y acceso público.</p>	<p>Difusión de datos e información</p>	<p>Disposición de información sobre biodiversidad en las plataformas que disponga el Ministerio del Medio Ambiente para ello, además de GBIF y el sitio web del Proyecto GEF Montaña¹⁴.</p>
<p>II. Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población</p>	<p>5. Monitoreo, seguimiento, evaluación y reporte de la salud de la biodiversidad en todos sus niveles, de los factores que la amenazan, y de la efectividad de las medidas de protección y restauración, incorporando mecanismos participativos en estos ámbitos.</p>	<p>Instalación del SIMBIO RMS</p>	<p>Se instala el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Región Metropolitana de Santiago, el cual levanta información a escala de paisaje y de sitio de manera permanente.</p>
<p>III. Desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad</p>	<p>6. Fortalecimiento de capacidades y coordinación inter-institucional, incluyendo mejoras tecnológicas, de gestión y otras, relativas a la protección de la biodiversidad, para funcionarios/as públicos y tomadores de decisiones.</p>	<p>Creación de un modelo de gobernanza del SIMBIO RMS</p>	<p>El SIMBIO RMS está pensado como una red conformada por instituciones públicas y privadas, que generan información sobre biodiversidad de manera permanente, no permanente, validada y no validada. Dado ello se está diseñando un modelo de gobernanza a ser conformado por las instituciones públicas con información sobre biodiversidad, con fin de que sus miembros puedan interrelacionarse y dirigir el SIMBIO RMS.</p>
<p>III. Desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad</p>	<p>7. Institucionalización y fortalecimiento de capacidades de los municipios para promover la protección de la biodiversidad en sus territorios.</p>	<p>Ciencia ciudadana</p>	<p>Se desarrollarán actividades con municipios y talleres de capacitación, con fin de que la comunidad levante información local sobre la biodiversidad y así contribuya al de monitoreo de escala local del SIMBIO RMS.</p>

14. www.gefmontaña.cl

Cuadro 3. Vinculación de la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago (ERBD RMS) con el SIMBIO RMS. (Continúa en p.23).

ESTRATEGIA REGIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO (ERBD RM)			ACTIVIDADES DEL SIMBIO RMS	
Eje estratégico	Lineamiento de acción del eje	Acción prioritaria del lineamiento	Actividad	Aporte de la actividad
1. Cultura para la conservación de la biodiversidad	1.1. Valoración de la importancia de la conservación de la biodiversidad por parte de las personas	1.1.3. Desarrollo y transferencia de elementos conceptuales y concretos que vinculen la identidad regional con los atributos naturales de singularidad de ecosistemas, los servicios que prestan y endemismo de especies de la Región, para contribuir a la valoración de dichos atributos por parte de la comunidad regional, particularmente en escuelas y organizaciones comunitarias.	Ciencia ciudadana	Se desarrollarán actividades con municipios y talleres de capacitación, con fin de que la comunidad levante información local sobre biodiversidad y así contribuya al monitoreo de escala local del SIMBIO RMS.
	1.2. Difusión de la Estrategia para actores a nivel regional y local	1.2.2. Empoderamiento de la comunidad de las acciones contenidas en esta Estrategia, mediante la presentación de iniciativas orientadas a la conservación de la biodiversidad.		
2. Valorización de los servicios ecosistémicos	2.1. Identificación, seguimiento y valoración de los servicios ecosistémicos	2.1.1. Identificación, zonificación, seguimiento y valoración económica de los servicios ecosistémicos a escala regional y local cuando sea pertinente, para incorporarlos en la Estrategia Regional de Desarrollo RMS 2015-2025 y otros instrumentos de planificación y desarrollo territorial.	Monitoreo de servicios ecosistémicos	Se monitorean los servicios ecosistémicos de captura de carbono, purificación de aire por el bosque y más adelante de provisión de agua, en toda el área del Proyecto GEF Montaña.
5. Conservación de la biodiversidad en la adaptación al cambio climático	5.1. Desarrollo de un sistema de seguimiento de efectos generados por el cambio climático en los ecosistemas regionales	5.1.1. Diseño e implementación de un programa de seguimiento de efectos generados por el cambio climático en los ecosistemas y especies sensibles de la Región, en concordancia con el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, a partir de la construcción de indicadores basados en su distribución, abundancia y composición.	Sitio GLORIA	Se está instalando un sitio GLORIA en la Reserva Nacional Río Clarillo. Los sitios GLORIA corresponden a una red internacional con metodología validada que realiza monitoreo del comportamiento de las especies altoandinas a causa del cambio climático. Esta metodología reconoce a los ecosistemas de montaña como ecosistemas altamente sensibles a los efectos del cambio climático.

<p>6. Gestión de información para la conservación de biodiversidad</p>	<p>6.1. Investigación y estándares mínimos para generar información sobre la biodiversidad regional</p> <p>6.2. Creación de un sistema regional de acceso a información sobre biodiversidad</p>	<p>6.1.3. Generación de información sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos a una escala adecuada para la gestión ambiental a escala local.</p> <p>6.1.4. Generación de un sistema de monitoreo de la biodiversidad regional y local, a nivel de ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos.</p> <p>6.2.1. Generación de acuerdos formales de colaboración entre los agentes que producen información y la entidad administradora.</p> <p>6.2.2. Implementación de un mecanismo de recopilación, sistematización y difusión de información generada.</p>	<p>Levantamiento de información</p> <p>Instalación del SIMBIO RMS</p> <p>Creación de un modelo de gobernanza del SIMBIO RMS</p> <p>Difusión de datos e información</p>	<p>Dentro de la información que levanta el SIMBIO RMS (información núcleo) se encuentra la degradación de vegetación y de bosque y los servicios de purificación de aire, captura de carbono y más adelante provisión de agua. A escala local cuenta con dos sitios de monitoreo de parcelas en gradiente altitudinal, los que son El Roble y Cantillana. También está instalando el sitio GLORIA de monitoreo de vegetación altoandina. Además, cuenta con alrededor de 60 trampas cámaras que se han ido instalando en alrededor de 12 sitios dentro del área del Proyecto GEF Montaña. Por otro lado, se ha trabajado en algunos insumos para el SIMBIO RMS. Se cuenta con un inventario de flora y vegetación, con 9.050 registros de flora y 506 puntos de vegetación. También se está elaborando una cartografía de biotopos a escala 1:25.000.</p> <p>Se instala el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Región Metropolitana de Santiago, el cual levanta información a escala de paisaje y de sitio de manera permanente.</p> <p>El SIMBIO RMS está pensado como una red conformada por instituciones públicas y privadas, que generan información sobre biodiversidad de manera permanente, no permanente, validada y no validada. Dado ello se está diseñando un modelo de gobernanza a ser conformado por las instituciones públicas con información sobre biodiversidad, con fin de que sus miembros puedan interrelacionarse y dirigir el SIMBIO RMS.</p> <p>Disposición de la información sobre biodiversidad en las plataformas que disponga el Ministerio del Medio Ambiente para ello, además de GBIF y el sitio web del Proyecto GEF Montaña¹⁵.</p>
<p>7. Desarrollo y fortalecimiento de capacidades para la conservación</p>	<p>7.3. Fortalecimiento de las capacidades del sector público a nivel regional y comunal para gestionar la biodiversidad regional</p>	<p>7.3.1. Generación de un programa de capacitación acerca de biodiversidad regional y servicios ecosistémicos para funcionarios municipales y sectoriales.</p>	<p>Capacitación de traspaso del SIMBIO RMS</p>	<p>Con fin de asegurar el funcionamiento futuro del SIMBIO RMS, se irán transmitiendo las experiencias a los funcionarios del MMA Nivel Central y a la SEREMI MA RMS. Además, hacia el término del Proyecto GEF Montaña se realizará una capacitación especial para hacer el traspaso del SIMBIO RMS, donde se incluirá a funcionarios del SBAP de estar creada esta institución.</p>

15. www.gefmontaña.cl

1.4. MONTAÑAS Y BIODIVERSIDAD

Un 63,8% del territorio chileno corresponde a montañas (FAO, 2012). Al 2012, alrededor de 3,6 millones de personas vivían en montañas, catastrándose que 188 de 343 comunas son consideradas montañosas por presentar una superficie de montaña mayor al 30%. En el caso de la Región Metropolitana de Santiago se estima que, al 2012, 2,4 millones de chilenos vivían en montaña, existiendo varias comunas definidas como de montaña de acuerdo con la Clasificación PNUD-WCMC (<http://www.fao.org/3/CA0124ES/ca0124es.pdf>), entre ellas Vitacura, Lo Barnechea, Las Condes, La Reina y Peñalolén (FAO, 2012).

Se consideran como montañas a todas aquellas elevaciones de terreno sobre 300 m.s.n.m. y con más de 30% de pendiente (Comité Nacional para las Montañas, 2018, borrador de la Política Nacional para una Gestión Sustentable de las Montañas de Chile).

Las montañas albergan el nacimiento del agua dulce y son refugio de plantas y animales nativos. Representan lo indómito de un ecosistema, aunque frágil. Adicionalmente, la gran variedad de paisajes geográficos y los numerosos recursos naturales distribuidos a lo largo del territorio nacional hacen posible la existencia de diversas actividades económicas en zonas de montañas, puesto que son fuente de energía, de riquezas minerales, turismo y otras actividades. No debe olvidarse que la economía de valles depende en gran medida de las montañas, en particular por el suministro de agua para el consumo humano y para las actividades silvoagropecuarias.

Las montañas en Chile, son el principal lugar donde se absorbe y acumula agua dulce, y son refugio de la mayoría de nuestras especies nativas, incluyendo especies de valor medicinal. Son ecosistemas frágiles y muy vulnerables al cambio climático.

Los ecosistemas de montaña son considerados espacios de alta fragilidad a los efectos del cambio climático global y a las intervenciones humanas, por lo que son objeto de especial preocupación internacional. El CDB tiene un programa especial para los ecosistemas de montaña, así como también la Organización de Naciones Unidas (ONU) que ha promovido la Alianza para las Montañas. Nuestro país es parte de la Iniciativa Andina de la Alianza de las Montañas, la cual está conformada por los siete países que tienen parte en la Cordillera de los Andes (Venezuela, Colombia, Chile, Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina). Actualmente, nuestro país se encuentra en proceso de elaboración de su "Política Nacional para la Gestión Sustentable de la Montaña en Chile y Plan de Acción", la cual ha estado en manos del Comité Nacional para las Montañas (más información en *1.3. Instrumentos relacionados a biodiversidad y monitoreo a los cuales contribuye el SIMBIO RMS*). La visión de esta política es "Al 2030 las montañas son reconocidas como un elemento de la identidad nacional, integradas a las aspiraciones de bienestar ambiental, social y económico de la población".

02

DESCRIPCIÓN DEL SIMBIO RMS Y SU DISEÑO

Foto: *Chloraea picta*, por Magdalena Bennett

2. DESCRIPCIÓN DEL SIMBIO RMS Y SU DISEÑO

Un requisito fundamental para implementar acciones ligadas a sustentabilidad y gestión ambiental es conocer el territorio sobre el cual éstas desean desarrollarse. En este sentido, el SIMBIO RMS pretende servir como instrumento orientador, entregando indicadores que den cuenta de la situación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, y disponiendo información primaria a través de las plataformas oficiales del Ministerio de Medio Ambiente, entre ellas la plataforma Global Biodiversity Information Facility.

Considerar este aspecto en las acciones territoriales es fundamental, más aún en la región mediterránea de Chile central, la zona más densamente poblada del país, donde la economía y el bienestar humano dependen directamente de esta biodiversidad y los ecosistemas que sustenta, los cuales están altamente degradados (MMA 2014; MMA, 2019). En este contexto, hoy se hace prioritario evitar la pérdida de la integridad ecológica del ecosistema mediterráneo, entendiéndose ésta como la condición donde las relaciones funcionales entre componentes de la biodiversidad, así como los beneficios ecosistémicos que resultan de éstas, están siendo sustentadas por la flora y fauna autóctona (Vélez y Gómez 2008).

2.1. OBJETIVO GENERAL DEL SIMBIO RMS

Disponer de información sistematizada, actualizada, continua y permanente, sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ésta provee, relacionada a los componentes de estructura, composición y función, en diferentes escalas de análisis, asociados a los ecosistemas mediterráneos de la Región Metropolitana de Santiago.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SIMBIO RMS

1. Levantar datos e información de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a escala de paisaje y de sitio, instalando equipo y tecnología, tomando datos y procesando información con esfuerzos propios.
2. Recopilar y sistematizar datos e información sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos que sean generados por instituciones públicas y privadas, municipalidades, universidades, centros de investigación, ONG'S, u otras, propiciando la interacción entre estos organismos y promoviendo la participación ciudadana en la generación de datos¹⁶.
3. Desarrollar indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos, de manera sistemática, periódica y

¹⁶. Este punto está en proceso de diseño aún, por lo que será abordado en el siguiente reporte.

comprensible, y bajo el modelo P-E-R (Presión-Estado-Respuesta), que orienten la toma de decisiones y sensibilicen respecto de la conservación de la biodiversidad y las necesidades de su manejo sustentable a escala regional y local.

4. Generar reportes periódicos sobre la condición de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a partir de la información levantada, recopilada y sistematizada y de los indicadores.

5. Difundir y garantizar el acceso a los datos e información producida sobre biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, de manera continua y permanente en el tiempo y bajo los estándares definidos por la institución responsable.

2.3. PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES

La creación e implementación del SIMBIO RMS actúa como experiencia piloto del sistema de información y monitoreo planteado en el Proyecto de Ley que crea el SBAP, en la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030, en la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015-2025, y en la Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático (más información en título *1.3. Instrumentos relacionados a biodiversidad y monitoreo a los cuales contribuye el SIMBIO RMS*), siendo totalmente coherente con las necesidades del MMA. A su vez, podrá aportar información a escala regional para la generación de las cuentas ambientales o cuentas ecosistémicas y para los próximos Informes del Estado del Medio Ambiente (IEMA), Reportes del Estado del Medio Ambiente (REMA) e Informes Nacionales de Biodiversidad de Chile.

Atendiendo a su fuerte vinculación con la institucionalidad pública, el diseño e implementación del SIMBIO RMS estimó que para el cumplimiento de sus objetivos debe tenerse presente lo siguiente:

1. Expresión regional del SIMBIO: Amparado en el Proyecto de Ley que crea el SBAP, que considera la implementación de un sistema de información y monitoreo de la biodiversidad, que genere información a escala nacional, regional y local, es que se diseña e implementa esta experiencia piloto de la expresión en la RMS del SIMBIO.

2. Sistema apoyado en red de instituciones: El SIMBIO RMS, tal como su sigla lo indica, es un sistema de información y monitoreo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, que tiene soporte en una red de instituciones públicas y privadas que le proveen información (en este caso, para la RMS) además de la propia que genera.

3. Administración: La administración del SIMBIO RMS será definida y estará a cargo de las instituciones públicas que integrarán el modelo de gobernanza, en cuanto esté diseñado, formalizado y operativo. En el intertanto, y en un período de acompañamiento, lo administrará el equipo del

Proyecto GEF Montaña hasta que finalice dicho proyecto (en junio 2022), momento en que se hará el traspaso de las responsabilidades correspondientes.

4. Responsabilidad de la información propia: El levantamiento de información núcleo (más información en título *2.6. Levantamiento de información núcleo y resumen de su metodología*) será de responsabilidad del equipo del Proyecto GEF Montaña hasta el 2022, año en que finaliza dicho proyecto. Posterior a ello, quedará la responsabilidad de su continuidad en el MMA y/o SEREMI MA RMS en tanto no se haya creado el SBAP.

5. Abordable toma de datos y procesamiento: La toma de datos propios del SIMBIO RMS debe ser fácil, de bajo costo y accesible, con fin de facilitar su replicabilidad y mantención una vez finalizado el Proyecto GEF Montaña. El procesamiento de los datos también debe propender a ello, utilizando mecanismos como por ejemplo la programación o automatización.

6. Implementación gradual: Atendiendo a la envergadura que se deduce del diseño, es que la implementación del SIMBIO RMS debe ser gradual, propiciando así que sea abordable y pueda consolidarse. En ese sentido, el Proyecto GEF Montaña ha enfocando inicialmente sus esfuerzos, al levantamiento de información núcleo, que le permite obtener indicadores para un monitoreo; y al trabajo colaborativo con instituciones públicas (más información en título *2.5. organización de la red de instituciones del SIMBIO RMS*). Por otra parte, la creación de un repositorio de información está siendo desarrollada principalmente por profesionales de la División de Recursos Naturales del MMA, con apoyo de equipo GEF Montaña.

7. Continuidad y adaptabilidad del diseño: Considerando que el SIMBIO RMS procura ser de carácter permanente, su diseño y metodologías deberán implementarse con cierta continuidad con tal de propender a la robustez de sus resultados. No obstante, y atendiendo especialmente a que corresponde a una experiencia piloto para futuros SIMBIO de escala regional y nacional, también deberá ser adaptable y tender así a su mejoramiento continuo.

8. Indicadores comprensibles y pertinentes: Los indicadores que construya el SIMBIO RMS deben ser fáciles de comprender y útiles para la gestión y el desarrollo de acciones. Además, las preguntas que los indicadores aborden deben ser relevantes para la conservación de la biodiversidad en la ecorregión mediterránea.

9. Disposición de los datos e información: De existir una plataforma exclusiva para el SIMBIO, se dispondrán allí los datos e información del SIMBIO RMS. De no crearse ésta, los datos, información y resultados del SIMBIO RMS se alojarán en las plataformas que disponga y promueva el MMA para ello.

Cabe destacar que la construcción del diseño del SIMBIO RMS se sustenta en antecedentes obtenidos a partir de 43 reuniones sostenidas con 65 profesionales y académicos del área de conservación de la biodiversidad. A partir de ello el equipo del Proyecto GEF Montaña, con validación de profesionales de MMA, SEREMI MA RMS y otras instituciones públicas con competencia en biodiversidad, crean el diseño del SIMBIO RMS, proceso que sigue en curso bajo una lógica de mejoramiento continuo.

2.4. ESCALAS DE TRABAJO

En su diseño, el SIMBIO RMS considera el levantamiento de información directamente a cargo del Proyecto GEF Montaña, lo que se asocia al desarrollo del objetivo específico 1 del SIMBIO RMS. Para ello utiliza dos escalas de trabajo:

- **Escala de paisaje:** Levanta información para toda el área del Proyecto GEF Montaña comprendida en la RMS (ver Figura 1), de modo permanente y simultánea, basándose principalmente en sistemas de información geográfica (SIG) y tecnología de percepción remota. Gracias a esta tecnología se puede monitorear el territorio en forma extensa y simultánea, y además obtener información de años anteriores dependiendo de la disponibilidad de imágenes satelitales. A partir de esta información se pueden abordar los componentes de estructura y función de la biodiversidad.
- **Escala de sitio:** La mirada extensa de paisaje se complementa en esta segunda estrategia, a través de estudios de caso o “*zoom in*” enfocados a caracterizar la composición local de especies. En este contexto se levanta información en terreno, en forma permanente y periódica, para el caso de flora mediante parcelas florísticas, en el caso de fauna mediante transectas 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, abordando principalmente la composición de la flora y fauna nativa.

Para más información respecto del diseño específico de los estudios de ambas escalas de trabajo, referirse a la información general presentada en el título [2.6. Levantamiento de información núcleo y resumen de su metodología](#), o a la información específica presentada en el Apéndice 1.

2.5. ORGANIZACIÓN DE LA RED DE INSTITUCIONES DEL SIMBIO RMS

Monitorear la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos es un gran desafío, especialmente si se desea abordar sus tres componentes (estructura, función y composición; Noss, 1990) y dos escalas de trabajo (paisaje y sitio). Se sabe que existen grandes vacíos de información sobre el estado de conservación de

especies y ecosistemas (CEPAL y OCDE, 2016), pero debe considerarse también que se cuenta con un conjunto de instituciones públicas y privadas robustas que generan información sobre biodiversidad y que pueden aportar a su monitoreo (MMA et al., 2016).

Atendiendo a esto, el diseño del SIMBIO RMS no solo considera al Proyecto GEF Montaña, al MMA y su SEREMI MA RMS como las instituciones que lo conforman, sino también a múltiples instituciones y sectores atingentes y competentes en las áreas de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Con ello, no solo se genera información especialmente para proveer al SIMBIO RMS (objetivo específico 1), sino que también se aprovecha la información existente o que puede ser generada por parte de otras instituciones (objetivo específico 2), maximizando el uso de la información y trabajando en una red colaborativa. En este sentido, estas instituciones tendrán por objetivo contribuir a la recopilación, sistematización, integración y disposición de la información de biodiversidad y servicios ecosistémicos, componentes ambientales, y degradación de tierras y bosques, que actualmente se encuentra dispersa y que proviene de distintos actores.

Durante 2020-2021 se está diseñando el modelo de gobernanza para el SIMBIO RMS junto con el desarrollo del SIMBIO Nacional, en forma colaborativa con los profesionales del Ministerio del Medio Ambiente, y de la SEREMI MA RMS.

La red de instituciones representará tanto al sector público como al privado. Las instituciones públicas integrantes del modelo de gobernanza del SIMBIO RMS serán quienes implementarán los protocolos de cooperación e intercambio de información. Estas instituciones se han clasificado en anillos concéntricos (Figura 2), atendiendo a la continuidad temporal y grado de validación de la información que proveerán, además de su participación en el modelo de gobernanza del SIMBIO RMS:

- **Primer anillo:** En el anillo central llamado “información núcleo”, se encontrará toda la información generada por el Proyecto GEF Montaña, con metodologías validadas y que sería de carácter permanente y de acceso al público. Por defecto, el Proyecto GEF Montaña levanta información solo en su correspondiente área de proyecto en la RMS. Se pretende que el SBAP de continuidad al levantamiento de esta información una vez finalizado el proyecto, o de no estar creado, continúe el MMA y/o la SEREMI MA RMS. Por otro lado, en este anillo también se encontrará la información entregada directamente por el MMA, SEREMI MA RMS y el SBAP.

Este anillo lo encabezan las instituciones que integran el modelo de gobernanza, y podrá estar conformado por integrantes de distintas divisiones o secciones del MMA, SEREMI MA RMS y del SBAP de estar creado.

- **Segundo anillo:** Información de obtención periódica proveniente de instituciones del sector público con competencia en biodiversidad y servicios ecosistémicos (SAG, CONAF, INFOR, DGA, entre otros). Estos datos

en su mayoría responden a compromisos adquiridos por el país mediante ratificaciones y convenios internacionales, por lo que en muchos casos utilizan metodologías validadas internacionalmente, son de naturaleza permanente y algunos de ellos están accesibles para público general.

Las instituciones representadas por este anillo también son integrantes del modelo de gobernanza del SIMBIO RMS. Liderados por el primer anillo, las instituciones aquí representadas deben coordinarse para dar cumplimiento a los objetivos que definan en su modelo de gobernanza, por lo que se requiere del compromiso de cada institución y de trabajo sistemático. En conjunto, generan y seleccionan datos, formulan y calculan indicadores, y analizan la condición de la biodiversidad.

- **Tercer anillo:** Representa la información proveniente de la academia, universidades y centros de investigación, que claramente se considera validada pues deriva de la mano de especialistas. Considerando que en Chile se realizan escasos estudios a largo plazo, generalmente la información de este anillo no logra ser permanente en el tiempo.

Los organismos de este anillo solo aportarían datos o información de las instituciones que integran el modelo de gobernanza. Pueden levantar datos por encargo de éstos, o asesorarlo, pero no lo conforman.

- **Cuarto anillo:** Corresponde al aporte de datos que la comunidad puede proveer a través de la ciencia ciudadana, coordinada por ONG's y redes sociales. Esta información muchas veces no está validada por expertos. Además, la continuidad de esta información depende de la constancia y compromiso de la ciudadanía y sus organizaciones representantes, generando como gran beneficio la sensibilización frente a los temas de conservación de la biodiversidad. En primera instancia, este anillo integraría al SIMBIO RMS los datos dispuestos en plataformas con mecanismos de validación, tales como E-Bird, iNaturalist y similares. Por otro lado, este anillo también incluye información proveniente de municipios y actores privados, puesto que se asume de carácter no permanente y con necesidad de validación.

Quienes participen de este anillo, solo suministran información al SIMBIO RMS de acuerdo con las necesidades que éste presente. Serán las instituciones integrantes del modelo de gobernanza quienes seleccionarán los datos e indicadores que este anillo entregará al SIMBIO RMS.

La integración de los cuatro anillos permitirá generar bases de datos más completas, especialmente para los sectores rurales de la RMS donde se alberga la mayor riqueza de especies nativas y que corresponde al área del Proyecto GEF Montaña. Con ello se espera abordar los diferentes aspectos de su biodiversidad y avanzar hacia la generación en el futuro de un repositorio de dicha información que permita generar indicadores sólidos para la toma de decisiones.

Figura 2.
Esquema referencial de la organización de las instituciones que colaboran al SIMBIO RMS*.

*Este esquema es solo referencial, por lo que no debe considerarse como exhaustivo en la representación de las instituciones que colaboran al SIMBIO RMS.

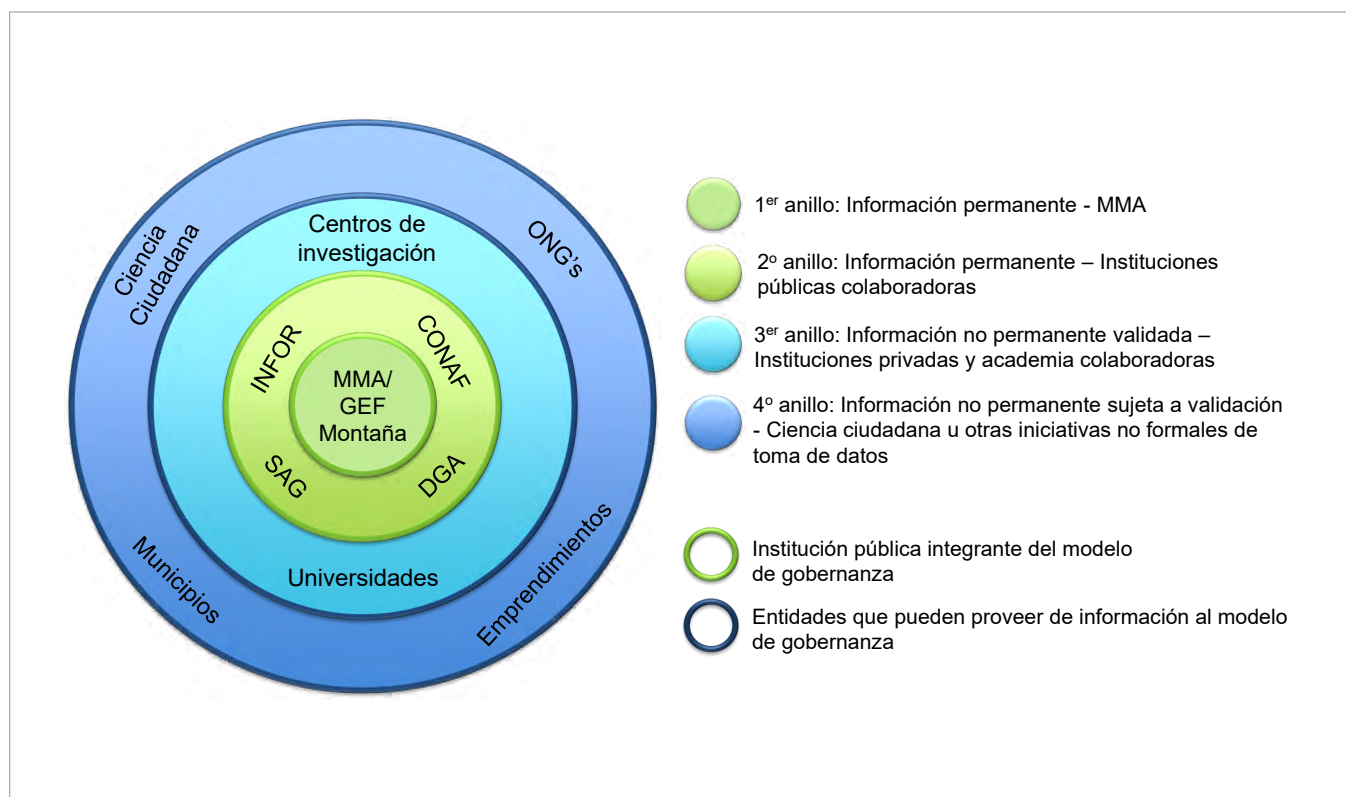
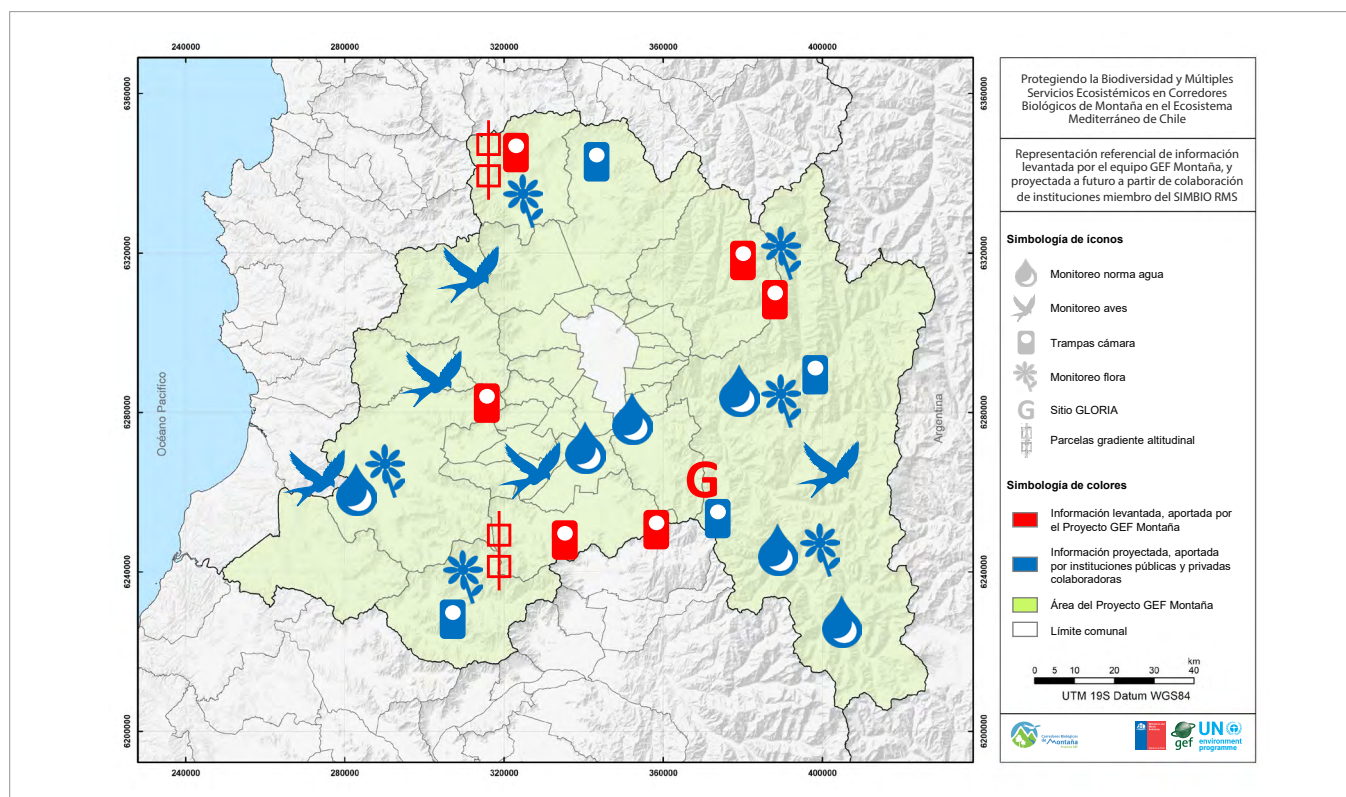


Figura 3.
Representación referencial de la información levantada a la fecha por el equipo GEF Montaña, y proyectada a futuro a partir de la colaboración de instituciones miembro del SIMBIO RMS*.

*Este esquema es solo referencial, por lo que no debe considerarse como exhaustivo en la información que dispondrá el SIMBIO RMS ni en las instituciones que le proveerán dicha información, y por tanto no se puede presentar con mayor detalle la organización y modo en que se integre la información aportada, hasta que estos aportes no ocurran.



BOX 1

CIENCIA CIUDADANA PARA LA BIODIVERSIDAD

El potencial del monitoreo ciudadano es alto, siendo ejemplar la experiencia del Breeding Bird Survey, el cual lleva aproximadamente 52 años monitoreando poblaciones de aves en toda Norte América. Esta iniciativa se crea el año 1966 motivada por la publicación de Rachel Carson “Primavera Silenciosa”, donde denuncia cómo diferentes poblaciones de aves estarían siendo amenazadas por el dicloro difenil tricloroetano (DDT), pesticida ampliamente usado en agricultura en aquellos años. Ante la necesidad de responder a esta pregunta, se diseña un ambicioso monitoreo de poblaciones de aves a escala geográfica con el apoyo de la ciudadanía (www.pwrc.usgs.gov).

En Chile existen diferentes organizaciones que realizan ciencia ciudadana, tales como:

- Red de Varamientos de Aves Marinas (<https://es-la.facebook.com/redvaramientosavesmarinas/>)
- Micra (<http://www.micra.cl/>)
- Moscas Florícolas de Chile (<https://moscasfloricolasdechile.wordpress.com/>)
- Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (<http://www.redobservadores.cl>)

Se destaca la labor de la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC), la que está encargada de administrar la plataforma eBird. Ésta es una plataforma desarrollada por el Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell, que permite a todos los observadores de aves compartir sus registros, captando en una única base de datos información valiosa sobre su distribución y abundancia. Con más de 400 millones de registros de aves en el mundo, eBird es el mayor repositorio de observaciones de aves y la mayor iniciativa de ciencia ciudadana sobre biodiversidad. Desde 2008, año en que eBird comienza a funcionar en nuestro país, más de mil observadores han subido sus avistamientos, superando en 2017 el millón de registros de aves ingresados. Esto hace de eBird la mayor base de datos ornitológica de Chile, creciendo exponencialmente año a año.

Figura 4.
Monitoreo ciudadano realizado
por la Red de Observadores de Aves
y Vida Silvestre de Chile.
Fotografía: Ivo Tejada



2.6. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN NÚCLEO Y RESUMEN DE SU METODOLOGÍA

Como se ha mencionado anteriormente, el equipo del Proyecto GEF Montaña propone realizar un levantamiento de información directamente a su cargo, llamada “información núcleo”, ligada al desarrollo del objetivo específico 1 del SIMBIO RMS. La generación de datos se realiza en dos escalas de trabajo de paisaje y de sitio, de las cuales se presenta una breve descripción, mencionando los estudios que las componen además de los métodos utilizados para la obtención de los indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos. El detalle metodológico puede revisarse en el Apéndice 1.

2.6.1. Escala de paisaje

La percepción remota es una de las herramientas más utilizadas mundialmente en la actualidad para tener monitoreos constantes de los distintos componentes de los sistemas terrestres y marinos. A través del análisis de la información entregada periódicamente por imágenes de satélite, radares y otros, se pueden obtener diferentes tipos de datos sobre los ecosistemas, a distintas escalas temporales y espaciales.

Para el SIMBIO RMS se ha considerado un pilar fundamental el estudio de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a través de la percepción remota, con el fin de contar con información base para toda la región, periódicamente disponible y a bajo costo, para ser analizada de forma constante y permanente en el tiempo. Por una parte, a través de la teledetección se aborda el monitoreo de la componente estructural de la biodiversidad, entendiendo esta como la organización física de un sistema o sus patrones espaciales. Es decir, desde la complejidad del hábitat dada por su parchosidad, meta-poblaciones u otros elementos a escala de paisaje, pasando por los diferentes sustratos de suelo y su porosidad, aperturas de dosel y estructura de la vegetación, hasta la variabilidad genética de una población. Todos estos aspectos hacen referencia a la estructura del sistema a la escala que se esté estudiando, ya sea paisaje, comunidad o población (Noss 1990). Por otra parte, el SIMBIO RMS se enfoca en la medición de servicios ecosistémicos que tienen directa relación con los beneficios ambientales entregados por las áreas silvestres y siendo prioridad regional su determinación y protección. Estos se relacionan principalmente con la componente funcional de un sistema, entendiendo esta como los procesos desde ciclos de perturbación, frecuencia, intervalos, intensidad, estacionalidad, pasando por ciclos de nutrientes, productividad, patrones de colonización y extinción local hasta procesos de deriva génica, mutación y selección natural (Noss 1990). La medición de las funciones de la biodiversidad son monitoreadas a través de la medición de tres servicios ecosistémicos, captura de carbono equivalente, provisión de agua y purificación de aire a través de depositación, que tienen directa relación con los beneficios ambientales entregados por las áreas silvestres de la RMS, siendo de valor estratégico la determinación y conservación de cada uno de estos servicios ecosistémicos.

Por una parte el secuestro de carbono por la vegetación nativa, está entre las metas país cuyo fin es promover acciones que aumenten la absorción de carbono y reduzcan su liberación a la atmósfera. Por otra parte, la provisión de agua por las áreas silvestres de montaña, es definida como un elemento vital dentro del área del proyecto, considerando que es una región semi-árida. Y finalmente la purificación de aire a través de la vegetación nativa, es de relevancia para la población de la Región Metropolitana de Santiago, considerando que al encontrarse aquí grandes urbes con una alta densidad poblacional, el área de estudio es una zona saturada de contaminantes atmosféricos. Para el presente reporte, se han elaborado los indicadores relativos a los servicios ecosistémicos de captura de carbono y purificación de aire. En cuanto al indicador provisión de agua, este se encuentra en proceso de desarrollo.

P-1. Purificación de aire

Los bosques proveen variados servicios ecosistémicos, que mantienen o mejoran el bienestar humano, y dentro de éstos se encuentra el servicio de purificación de aire (Ninan & Inoue, 2013). Ellos pueden reducir la contaminación ambiental a través de la depositación seca (Hirabayashi et al. 2014, Nowak et al. 2013), dado que las superficies foliares son capaces de actuar como filtradores biológicos y por ende limpiar el aire (Nowak et al., 2006). Para el estudio de este servicio se han desarrollado distintos modelos dentro de los cuales el I-Tree Eco es el más utilizado (Nowak and Crane, 2000), el cual también se utiliza para ambientes peri-urbanos (Baumgardner et al., 2012). El modelo de depositación del I-Tree Eco (anteriormente UFORE) fue desarrollado por el Servicio Forestal de Estados Unidos y utiliza datos meteorológicos, datos de concentración de contaminantes y de área foliar, para estimar la purificación del aire por remoción de contaminantes. Para este tipo de estudios es de suma relevancia el incluir la variabilidad en índice de área foliar de distintos tipos de bosques o de especies arbóreas (Bottalico et al., 2017). Las mediciones de área foliar se pueden realizar por métodos directos que incluyen muestreos destructivos y métodos indirectos, tales como el uso de instrumentos que son capaces de capturar la cantidad de luz que pasa a través de las copas de los árboles, permitiendo obtener la variabilidad de área foliar por especie y a nivel de paisaje, al ligarlo con variables detectadas mediante la teledetección. Esto permitiría estimar la remoción de material particulado para áreas no medidas y entender como esta varía en el espacio y tiempo.

Dentro del área del Proyecto GEF Montaña, se encuentran aún grandes superficies de bosque esclerófilo aledaños al casco urbano de la gran capital de Santiago, cuyo valor no se ha estimado en relación al servicio de purificación de aire que éstos prestan. Las ciudades son centros de producción de gases contaminantes que pueden causar variados problemas de salud a la población humana (Oakes et al., 2014). Las emisiones de material particulado se encuentran asociadas a enfermedades cardiovasculares y respiratorias con significativos efectos en la salud de la población. Las pérdidas económicas en que incurre la sociedad chilena por

concentraciones sobre la norma se ha estimado en US\$6.39 mil millones anuales, principalmente por concepto de mortalidad prematura y bronquitis crónica (Bazan et al., 2014). Es por esto que se ha considerado incluir este servicio ecosistémico entre los servicios a monitorear por el SIMBIO RMS.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

P-2. Captura de carbono

CONAF, con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, Universidad Mayor, Ernst Basler+Partner y Carbon Decisions International, desarrolló una metodología para cuantificar las emisiones de carbono por degradación forestal, y la captura por incremento de las reservas forestales en los bosques nativos de la zona mediterránea. Específicamente en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, CONAF realiza un catastro de emisiones y absorciones con una metodología que estima la cantidad de carbono equivalente existente en el bosque esclerófilo a través de imágenes de satélite y los compara. Dado que este catastro solo tendrá continuidad desde la región del Maule hacia el sur, el Proyecto GEF Montaña contrata una consultoría a partir de la cual se determina la captura de carbono de la vegetación nativa de las comunas de la RMS correspondientes al área del proyecto para los años 2001 y 2013, tomando como punto de partida la metodología desarrollada por CONAF y realizando modificaciones con el objetivo de lograr una estimación de la captura de carbono tanto del bosque esclerófilo, como del matorral. En el próximo reporte se espera poder ampliar el monitoreo de captura de carbono a un segundo período de análisis 2013 – 2018.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

P-3. Degradación de bosque esclerófilo

El área en estudio donde se emplaza el Proyecto GEF Montaña ha sufrido años de explotación de sus bosques esclerófilos, debido principalmente al uso que se les ha dado para leña y alimentación de ganado, o bien, por el reemplazo por áreas agrícolas o urbanas, además del impacto provocado por incendios, entre otros. Esto ha generado una severa degradación de los bosques esclerófilos, con la consecuente pérdida de biodiversidad en la zona mediterránea y la disminución en la absorción y el almacenamiento de carbono. En el marco del SIMBIO RMS se determina el grado de degradación del bosque esclerófilo en base a la disminución de existencias de carbono en la última década, utilizando los resultados de la consultoría contratada por el Proyecto señalada en el punto anterior. La línea base para el monitoreo de degradación de bosque fue realizada para los

años 2001 y 2013. En el próximo reporte esperamos poder ampliar el monitoreo de degradación de bosque a un segundo período de análisis 2013 – 2018.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1

P-4. Degradación de la vegetación nativa

El estado y las variaciones espaciales y temporales de la vegetación en los ecosistemas del área del proyecto, pueden ser estimados mediante el uso de indicadores. Para conocer el estado de la vegetación en el área de estudio se determinó utilizar el indicador de degradación de la vegetación. En la literatura, existen diversas definiciones y metodologías para calcular degradación en los ecosistemas. En este reporte se hará referencia a degradación de la vegetación como la disminución de la productividad vegetal de cada ecosistema, resultante de procesos naturales o antrópicos. Esto, ya que la productividad primaria ha sido un parámetro útil para estudiar la vegetación y sus dinámicas en diversos ecosistemas y es comúnmente obtenida a través de percepción remota, utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Pettoirelli et al., 2013). El NDVI está fuertemente relacionado a la radiación fotosintética absorbida por la vegetación y se obtiene a partir de la reflectividad de dos bandas del espectro; la banda del infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED). Este índice se calcula usando la siguiente relación: $NDVI = [(NIR - RED)/(NIR + RED)]$ (Pettoirelli et al., 2013), siendo su variación reflejo de cambios en la tasa de productividad de la vegetación.

Dado estos antecedentes se procedió a estudiar la degradación de los ecosistemas terrestres de la RMS (Luebert y Pliscoff, 2017), de acuerdo a las tendencias obtenidas del NDVI del sensor MODIS para el período correspondiente a invierno 2016 hasta primavera 2018. Este monitoreo se continuará realizando con una temporalidad estacional durante todo el periodo de duración del Proyecto GEF Montaña.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

P-5. Fragmentación antropogénica

El Proyecto GEF Montaña se desarrolla en una de las regiones del país que tienen el mayor grado de urbanización. La presión inmobiliaria y la necesidad de generar buena conectividad entre los centros urbanos y rurales, presenta una fuerte presión sobre los ecosistemas mediterráneos. Es por ello que en el marco del SIMBIO se calculó un índice de fragmentación, específicamente el de “fragmentación antropogénica de

Steenmans & Pinborg (2000)”, para los ecosistemas terrestres en el área del proyecto. Para ello se les asignó las categorías de sensibilidad según la tabla de referencia de Steenmans & Pinborg a los subusos del Catastro Nacional de Bosque Nativo. Se consideraron como sensibles a ser fragmentadas las coberturas correspondientes a áreas naturales y seminaturales, y, no sensibles a las áreas que contienen actividades humanas ya antropizadas, donde se concentran impactos y existen fuentes de presión sobre el medio natural. Dentro de la categoría no sensible también se incluyeron las superficies de agua que, si bien tienen un carácter neutral, no pueden ser consideradas como espacios sensibles, puesto que albergan comunidades vegetales y animales no vinculadas al medio terrestre y por ello no se ven afectadas por la continuidad/discontinuidad geográfica de dichos ecosistemas. A partir de estas coberturas rasterizadas se hizo análisis de vecindad evaluando el grado de conectividad entre dos o más celdas sensibles.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

2.6.2. Escala de sitio

En forma complementaria a la aproximación de percepción remota, el levantamiento de “información núcleo” desarrolla estudios de caso o “*zoom in*” al paisaje, que permiten monitorear cómo están respondiendo las comunidades de animales y vegetales a los cambios observados a escala de paisaje. Mientras a escala de paisaje se pueden estudiar las componentes de estructura y función, a escala de sitio se puede monitorear principalmente la componente composición de la biodiversidad, y la componente funcional. Dado que para caracterizar los cambios relativos a la abundancia y presencia de especies específicas se requiere tomar datos en terreno, no es factible por su costo realizar este estudio en forma sistemática para toda el área del Proyecto GEF Montaña. Por tanto, se han seleccionado tres estrategias para estudiar esta la composición de la biodiversidad en la RMS: un monitoreo específico para caracterizar el ensamble de carnívoros nativos en los corredores naturales de montaña; un monitoreo de la flora altoandina y sus respuestas a variables de cambio climático; y la caracterización a lo largo de un gradiente altitudinal de las comunidades vegetales y animales en dos sitios testigo de la Cordillera de la Costa (más detalle metodológico se puede revisar en Apéndice 1).

BOX 2

SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN REALIZADO POR INSECTOS NATIVOS

El Proyecto GEF Montaña desarrolló una consultoría en un predio piloto ubicado en Caleu, comuna de Tilttil, con manejo agrícola del tipo convencional, sin arriendo de cajones de *Apis mellifera*, y cuyo cultivo predominante era el guindo ácido (*Prunus cerasus*) el cual se encuentra rodeado de vegetación nativa. El estudio fue encargado al equipo del Dr. Víctor Monzón Godoy, de la Universidad Católica del Maule, y de la Dra. Luisa Ruz Escudero, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

En cuanto a la presencia de polinizadores, se obtuvo un total de 18.342 registros de individuos polinizadores de la Clase Insecta, siendo los órdenes más predominantes Himenóptera, Díptera, Coleóptera y Lepidóptera. Se registraron 34 taxones, identificándose 29 a nivel de especie de los cuales 21 fueron nativos (61,7%). En cuanto a abejas (Superfamilia Apoidea), se registraron 15 taxones, identificándose 13 a nivel de especie de los cuales 11 fueron nativos (73,3%). *Apis mellifera* fue la especie más numerosa, llegando a contabilizarse 15.873 individuos (86,5% del total de registros), los que pudieron provenir de poblaciones silvestres o de colmenares de parcelas vecinas. Las principales especies de abejas nativas que visitaron el sitio piloto fueron *Corynura cristata*, *Colletes seminitidus*, *Caupolicana gayi* y *Corynura chloris*.

Se estudiaron las cargas polínicas de los polinizadores. Para ello se extrajo el polen que transportaban las dos especies de abejas más registradas, que correspondieron a la abeja nativa *Corynura cristata* y a la abeja de miel *Apis mellifera*. Los resultados señalaron que ambas transportan porcentajes similares de polen de guindo ácido, además de otros tipos de pólenes.

Analizando el comportamiento recolector, se observó que las abejas nativas en comparación con *A. mellifera*, están más tiempo en cada flor, por lo que visitan menos flores por minuto pero cuando las visitan lo hacen mayoritariamente por polen. Esto favorece la polinización tanto de la flora acompañante como del cultivo, pues al estar más tiempo en la flor hay mayores probabilidades de que su visita sea realmente efectiva para la polinización, con la consecuente formación de frutas y semillas.



Figura 5.
Corynura cristata en flores de *Prunus cerasus*
(guindo ácido), en Caleu, Tilttil.
Fotografía: Víctor Monzón

La flora acompañante del cultivo sirvió para atraer a los artrópodos, representando un recurso alimenticio cuando el pick de floración del cultivo haya terminado, permitiendo que los artrópodos puedan terminar su periodo de reproducción, estableciendo sus poblaciones para el año siguiente en el mismo lugar y asegurando visitantes florales para una próxima temporada.

Entre las conclusiones, puede decirse que *Apis mellifera*, especie exótica, jugó un rol fundamental en la polinización del huerto, principalmente por la abundante población presente, pero también por ser un polinizador efectivo de este cultivo, transportando un porcentaje alto de polen de guindo ácido (81%). Los frutos polinizados por esta especie, medidos mediante el estudio de eficacia polinizadora, fueron los que mayor posibilidad tuvieron de llegar a término. Por otra parte, existen antecedentes que indican que las especies de polinizadores nativos, en cultivos y huertos de especies exóticas, complementan el trabajo de *A. mellifera*, aumentando las flores polinizadas. Las abejas nativas también fueron importantes en la polinización del cultivo estudiado en el marco de la consultoría. De hecho, las especies más frecuentes del taxa Hymenoptera, después de *A. mellifera*, correspondieron a abejas nativas. Por otro lado, los artrópodos distintos de *A. mellifera* representaron aproximadamente un 13,5% de los individuos que visitaron las flores del huerto. Así, el rol de otros visitantes florales queda enmascarado por la gran cantidad de individuos que conforman las colmenas silvestres de *A. mellifera*, o bien se ven afectados por su presencia al competir por el recurso.

Se recomienda a los ecosistemas agrícolas, mantener la flora acompañante de cultivos, formada por vegetación nativa, principalmente árboles y arbustos atractivos para los artrópodos nativos. En cuanto al suelo, es muy relevante el conservarlo sin remoción, ya que podrá servir de zona de nidificación para los artrópodos que construyen sus nidos en este tipo de sustrato, como por ejemplo algunas abejas nativas. Del mismo modo se debe bajar la carga de agroquímicos para evitar la disminución de polinizadores, pues es una de las mayores causas asociada a su declive.



Figura 6.
Huerto de *Prunus cerasus* (guindo ácido), en Caleu, Tiltil.
Se aprecia demarcación de hileras y encapsulamiento de botones de flores para estudio de eficacia polinizadora.
Fotografía: *Sofía Flores*

BOX 3

SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CONTROL DE PLAGAS POR PARTE DE MURCIÉLAGOS

El Proyecto GEF Montaña desarrolló una consultoría en seis sitios pilotos, que correspondieron a viñedos orgánicos ubicados en las comunas de Paine, Buin y Melipilla, y que se encontraban rodeados de vegetación nativa. Estos viñedos fueron Viña Antiyal, La Montaña, Huelquén, Santa Rita, Teillery y Fundo Los Morros de viñedos Emiliana. El estudio fue encargado a la consultora Bioecos, encabezada por PhD. Annia Rodríguez y MSc. Juan Luis Allendes. También colaboraron César Palma, del Laboratorio de Entomología del SAG RM; PhD. Elie Poulin, PhD. David Véliz, PhD. Caren Vega, Noemi Rojas y Tania Lucero, de los Laboratorios de Ecología Molecular y de Ecología y Genética de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile; PhD. Andrea Silva, del Laboratorio Austral-omics de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile; y PhD. Mónica Saldarriaga, asesora en Biología Molecular y Bioinformática en los Laboratorios de Parasitología y Entomología del Instituto de Salud Pública.

En cuanto a la presencia de murciélagos, se registró un total de 3.854 pases de ecolocación durante 24 noches y 240 horas de grabación. El análisis de los registros acústicos permitió la identificación de cinco de las seis especies de murciélagos descritas para el área de estudio y que fueron *Tadarida brasiliensis* (murciélago de cola libre), *Histiotus montanus* (murciélago orejón menor), *Lasiurus cinereus* (murciélago ceniciento), *Lasiurus varius* (murciélago colorado) y *Myotis chiloensis* (murciélago oreja de ratón del sur). *Histiotus macrotus* fue la única especie no registrada, lo que probablemente se deba a que es una especie solitaria y poco común.

T. brasiliensis fue la especie dominante en los sitios piloto, variando sus niveles de actividad en los distintos viñedos. En Chile, esta especie suele ser de las más frecuentemente registradas en ambientes modificados, siendo además de hábitos generalistas. La segunda especie mejor representada en los sitios pilotos fue *M. chiloensis*.



Figura 7.

Murciélagos registrados en los sitios piloto.

A: *Tadarida brasiliensis* (murciélago de cola libre), **B:** *Histiotus montanus* (murciélago orejón chico), **C:** *Myotis chiloensis* (murciélago oreja de ratón del sur), **D:** *Lasiurus cinereus* (murciélago ceniciento), **E:** *Lasiurus varius* (murciélago colorado). Fotografías: Annia Rodríguez-San Pedro y Juan Luis Allendes

A nivel de viñedo, la actividad total de murciélagos difirió entre los bordes y el interior de los viñedos, siendo significativamente mayor en los bordes, aunque los patrones variaron entre especies. Esto da cuenta de que los bordes de vegetación aledaña a los viñedos u otros elementos lineales del paisaje agrícola, parecen ser más atractivos para los murciélagos durante su actividad de alimentación.

Del total de pases de ecolocación registrados, el 45% (1.726 pases) presentaron una fase final de captura (buzz), en su mayoría (98%) correspondiente a la especie *T. brasiliensis*, lo que nos indica el uso efectivo de los viñedos y los bordes aledaños como hábitats de forrajeo por esta especie.

En cuanto a la dieta de los murciélagos, analizada a través de sus heces, se registró un total de 71.659 secuencias de ADN. Para *M. chilensis* se registraron 5.530 secuencias de ADN de artrópodos, siendo los órdenes más abundantes Araneae (36,8%), Lepidoptera (31,8%) y Coleoptera (30,4%). Para *T. brasiliensis* se registraron 927 secuencias de ADN de artrópodos, siendo los órdenes más abundantes Coleoptera (55%) y Lepidoptera (44%).

Aun cuando en el análisis de las heces solo se pudo registrar el consumo de una especie plaga de viñedos y dos plagas para otros cultivos agrícolas, los resultados indican que los murciélagos proporcionan suficiente presión de depredación sobre las plagas de estos cultivos, lo cual se ve reflejado a través de una reducción en las tasas de herbivoría, una reducción del daño en el racimo y por ende un impacto significativo sobre la cosecha. Por otro lado,

debe tenerse en cuenta que los murciélagos tendrían un comportamiento generalista, por tanto el análisis de sus heces dió cuenta de lo que en esa oportunidad capturaron para alimentarse y no necesariamente el amplio espectro de insectos que consumen.

Ahora bien, considerando un rendimiento promedio de uva vinífera de 8.500 kg/ha en los sitios piloto, y un precio de mercado entre \$190-\$250/kg, se estima que el aporte de los murciélagos para los vitivinicultores orgánicos de los sitios piloto sería de entre \$113.050-148.750/ha o un 7% del valor de la cosecha.

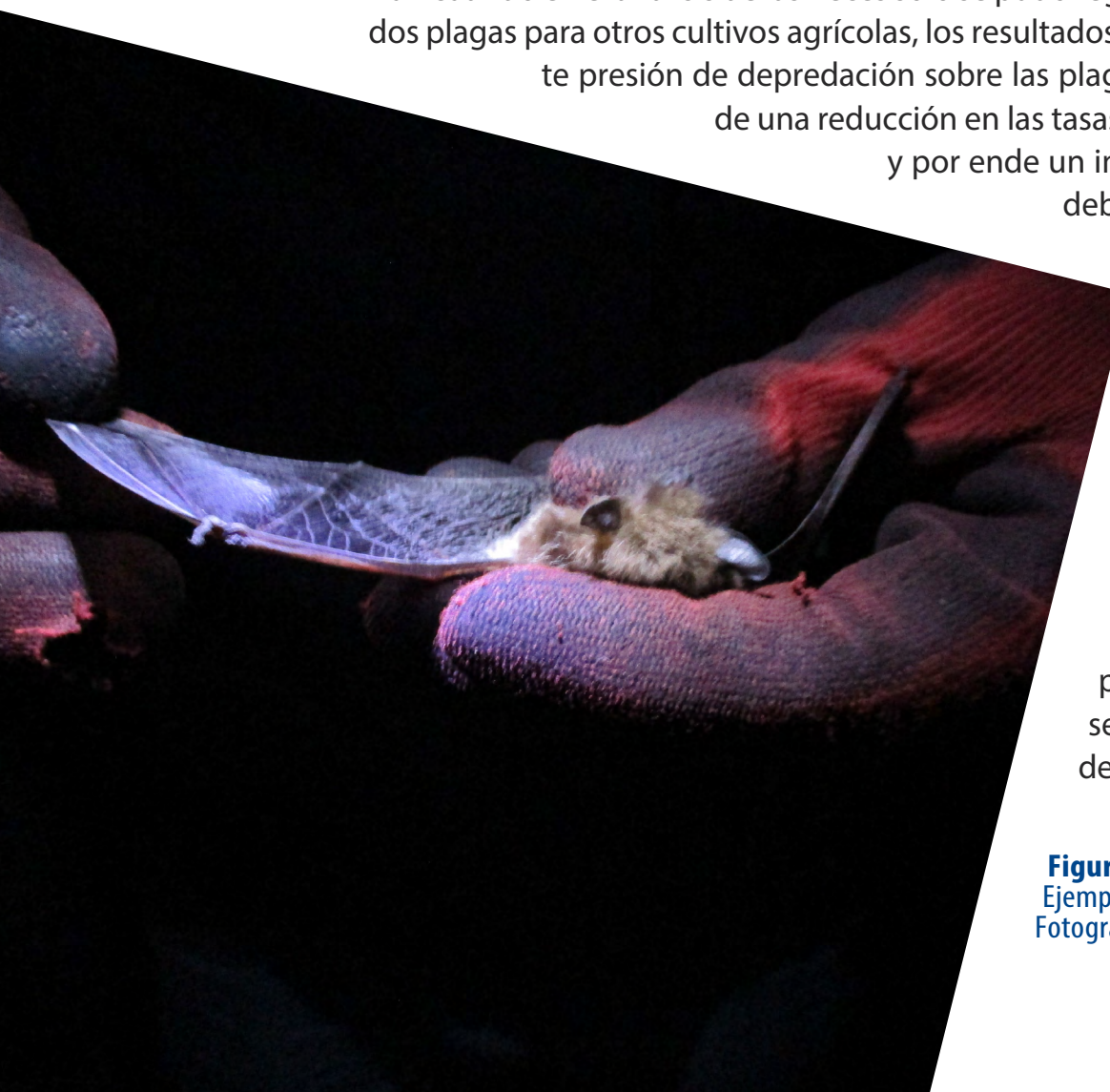


Figura 8.
Ejemplar de *Myotis chilensis* (murciélago oreja de ratón del sur).
Fotografía: *Sofía Flores*

S-1. Estudio de corredores biológicos naturales de montaña

Este monitoreo está orientado a caracterizar la presencia y uso que le dan los carnívoros nativos a los cordones montañosos de las cordilleras de los Andes y de la Costa, y entre ellos los cordones transversales de Chacabuco por el norte y de Angostura de Paine por el sur de la RMS. Los carnívoros al tener ámbitos de hogar extensos, utilizan estos corredores montañosos naturales, por lo que su monitoreo mediante unidades de trampas cámara, permite hacer seguimiento del uso que le dan al paisaje y eventualmente evaluar la conectividad del mismo. Utilizar trampas cámara permite estudiar especies que son difíciles de observar, ya que son escurridizas o tienen horarios nocturnos. En un futuro próximo se espera establecer un protocolo para monitorear la funcionalidad de los corredores y con ello del paisaje, estudiando las variaciones horarias y estacionales en la composición del ensamble de fauna carnívora/omnívora a través de trampas cámara.

En el área del proyecto pueden encontrarse ocho especies de carnívoros nativos, los que pueden agruparse del siguiente modo:

- **Felinos:** considerados carnívoros estrictos. En este grupo se encuentra *Leopardus colocolo* (gato colocolo) que se encuentra en categoría de conservación “Casi Amenazado”; *Leopardus guigna* (güiña) en categoría “Vulnerable”; *Leopardus jacobita* (gato andino) en categoría “En Peligro”; y *Puma concolor* (puma) en categoría “Casi Amenazado”.
- **Mustélidos:** también catalogados como carnívoros estrictos. A este grupo pertenece *Galictis cuja* (quiue), que se encuentra en categoría de conservación “Preocupación Menor”.
- **Cánidos:** considerados como carnívoros omnívoros. Aquí pertenecen *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y *Lycalopex griseus* (zorro chilla), ambos en categoría de conservación “Preocupación Menor”.
- **Mefíticos:** también catalogados como carnívoros omnívoros. A este grupo pertenece *Conepatus chinga* (chingue), que se encuentra en categoría de conservación “Preocupación Menor”.

Muchas de estas especies son depredadores tope y tienen un rol importante en el equilibrio de los ecosistemas. Esto pues en un ecosistema, la productividad primaria determina el largo de una cadena trófica, siendo los depredadores tope (particularmente los más especializados) altamente susceptibles a la escasez de recursos e interrupciones en el flujo de nutrientes y energía (Farías, 2017). En este sentido, la abundancia y la diversidad de carnívoros en un área constituyen indicadores importantes de la salud general de un ecosistema, ya que integran la información proveniente de perturbaciones experimentadas por niveles tróficos inferiores, incluyendo la ocurrencia de disturbios antrópicos (polución, fragmentación de hábitat, caza, incendios y otros). Esto hace que este gremio sea particularmente interesante de estudiar en el marco de un sistema de monitoreo del estado, presión y respuesta de biodiversidad.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

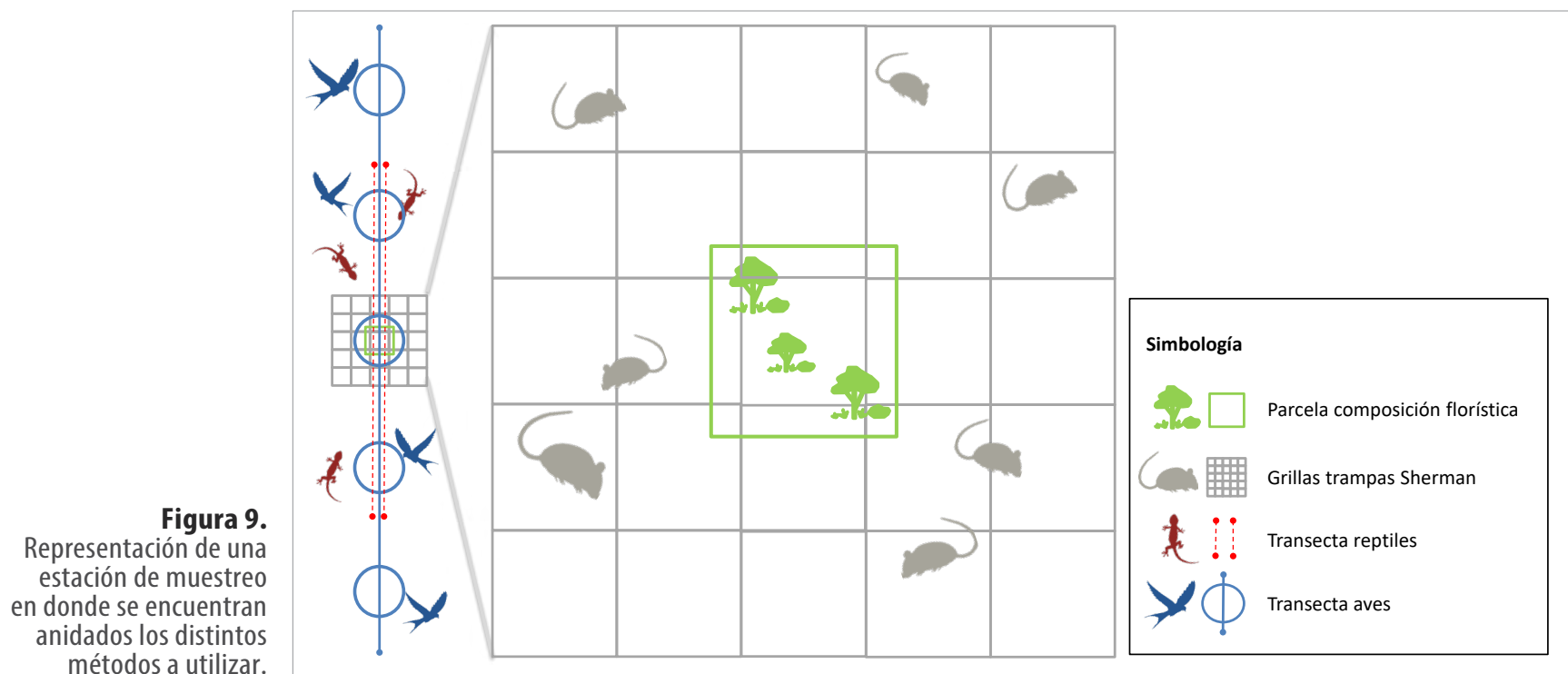
S-2. Sitios de monitoreo en gradiente altitudinal

Este monitoreo está orientado a la evaluación del estado y tendencia de la flora y fauna en diferentes comunidades vegetales a lo largo de un gradiente altitudinal.

Para ello se identificaron sitios testigo para toma de datos, que pasan a llamarse sitios de monitoreo. Dentro de ellas se definen estaciones de muestreo, las que son fijas y se deben entender como áreas de monitoreo permanente en donde se aplica en forma sistemática un set de metodologías que permiten caracterizar variaciones en la abundancia y composición de diferentes especies (Figura 9). Las metodologías contempladas abarcan las clases Reptilia, Aves, Mammalia y el reino Plantae.

Los sitios de monitoreo definidos son dos, El Roble (Santuario de la Naturaleza EL Roble) y Cantillana (Reserva Natural Altos de Cantillana), correspondiendo ambos sitios a Iniciativas de Conservación Privada. Estos sitios fueron elegidos por ser los dos lugares que alcanzan mayor altitud en la Cordillera de la Costa, y que por tanto permiten hacer un estudio en gradiente altitudinal. Además, estas áreas protegidas cuentan con una administración establecida que se ha encargado de preservar estos lugares, lo que propicia a que sus ecosistemas se encuentren mejor conservados y más cercanos a un estado natural de la diversidad biológica de la región.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.



S-3. Sitio GLORIA (vegetación altoandina)

En las últimas décadas ha sido evidente el aumento de la temperatura global, el aumento en los eventos extremos de precipitación y la disminución promedio de la precipitación en algunas regiones (IPCC, 2014), impactando de diversas formas a los ecosistemas en la Tierra. Entre éstos encontramos los ecosistemas de montaña, los que han sido considerados entre las áreas más vulnerables a los cambios climáticos (Beniston, 2003; Diaz et al., 2003).

Existen aún muchas dudas sobre cómo la vegetación de alta montaña se verá impactada por el cambio climático a nivel mundial, esto dado por las formas de vida que presentan y que están adaptadas a condiciones climáticas extremas de frío y humedad (Körner, 2013). Por ello, se están realizando diferentes estudios a nivel mundial para analizar la respuesta de la vegetación a los cambios del clima, los cuales por ejemplo en el caso de los Andes Tropicales son diversos, pero con una clara tendencia a la migración hacia las zonas más altas (Tovar et al., 2013).

En este marco es que en el año 2000 nace GLORIA¹⁷, acrónimo de “Global Observation Research Initiative in Alpine Environments”, es decir, “Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de Ambientes Alpinos” (Pauli et al., 2015). Corresponde a un proyecto internacional que tiene por objetivo establecer una red para la observación a largo plazo y el estudio comparativo de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad de la alta montaña del planeta. Los sitios GLORIA tienen una metodología propia y estándar, respondiendo a sus propias preguntas de investigación, las cuales se relacionan a los cambios en las especies y la distribución de la vegetación de alta montaña, además de cambios en el ambiente abiótico, todos ellos asociados al cambio climático.

En el 2009, y como respuesta al interés de los países andinos en esta materia, se crea la Red GLORIA-Andes, siendo coordinada a nivel regional por CONDESAN¹⁸ (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina). En la actualidad, la Red GLORIA-Andes cuenta con aproximadamente 15 sitios de monitoreo ubicados en seis de los siete países andinos, siendo Chile el único país andino faltante. En estos sitios, más de 800 especies de plantas vasculares y no vasculares son monitoreadas, y se ha logrado generar una serie climática con registros de temperatura que supera los cinco años de datos continuos a escala horaria.

Considerando estos antecedentes es que el equipo del Proyecto GEF Montaña instaló en la Cordillera de los Andes RMS, el primer Sitio GLORIA de Chile, que se unirá a la Red GLORIA-Andes.

Mayor detalle de la metodología en Apéndice 1.

17. <http://www.gloria.ac.at/>

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

03

INDICADORES DE BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECO- SISTÉMICOS

Foto: *Puya alpestris*, por Magdalena Bennett

3. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los resultados y análisis obtenidos por el SIMBIO RMS son puestos a disposición en el presente reporte, con el propósito de dar a conocer indicadores de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos dentro del área del Proyecto GEF Montaña en la RMS. El presente reporte abarca una ventana temporal de análisis entre el 2013 y 2018, especificándose en cada ficha el alcance temporal de dicho indicador específico.

Se espera que este reporte asegure la transferencia de conocimiento y capacidades de interpretación respecto de indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos, a un público amplio, desde expertos, alcaldes y tomadores de decisiones, así como la comunidad interesada en estos temas.

Debe aclararse que, en su primera etapa de implementación, el SIMBIO RMS reporta solo indicadores de estado, dejando para los próximos reportes la inclusión de indicadores de presión y respuesta. Además, las futuras versiones incluirán un análisis de las tendencias de los indicadores PER, y entregarán un análisis sistematizado del aporte de información obtenida por las instituciones que formarán parte del modelo de gobernanza del SIMBIO RMS.

Por otro lado, debe mencionarse que el diseño de las fichas metodológicas de los indicadores está basado en las propuestas de fichas para indicadores de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) en el “Curso Taller Metodología para Construir y Sostener Indicadores de Biodiversidad y ODS: Descripción de los campos de la Hoja Metodológica”¹⁹ del cual participó el MMA, y las fichas de indicadores presentes en el “Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático”²⁰. En este sentido se consideró las categorías y descriptores de ambas fuentes y se generó fichas metodológicas que den cuenta de estos en forma sistematizada y clara.

19. http://conferencias.cepal.org/indicadores_biodiversidad/Martes%202/Pdf/3.5.%20Rayen%20Quiroga.pdf

20. https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/red_monitoreo_chile_altar_39mb_1.pdf

3.1. ESCALA DE PAISAJE

P-1.1. PURIFICACIÓN DEL PM₁₀ DEL AIRE POR EL BOSQUE

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Cuantificar la remoción de material particulado contaminante del aire, mediante la depositación de PM ₁₀ por parte del bosque dentro del área del Proyecto GEF Montaña. Específicamente, corresponde a la cuantificación de la depositación de PM ₁₀ , para cada especie en estudio (<i>Acacia caven</i> , <i>Cryptocarya alba</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Peumus boldus</i> y <i>Quillaja saponaria</i>) y parcelas de bosque estudiadas.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la remoción de material particulado realizado por el bosque de la RMS por año?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Representa la cuantificación de la depositación de PM ₁₀ que realiza el bosque. Como esa depositación libera partículas contaminantes al aire que respira la población de la zona, constituye un servicio ecosistémico relevante. También es una función beneficiosa para la fauna nativa y doméstica del área estudiada. Este indicador solo representa depositación, no integra la absorción de contaminantes. El dato tiene utilidad para las gestiones asociadas a las compensaciones con vegetación por emisiones de contaminantes al aire en la RMS.
Indicadores estrechamente vinculados	Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015 – 2025: Contribuye a “Porcentaje de servicios ecosistémicos priorizados en la Estrategia”.
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Función
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Paisaje, Especie
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	Se estimó el área foliar de especies dominantes seleccionadas (<i>Acacia caven</i> , <i>Cryptocarya alba</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Peumus boldus</i> y <i>Quillaja saponaria</i>) en 111 parcelas de bosque. El cálculo de la depositación de material particulado PM ₁₀ se realizó en base a los resultados obtenidos del área foliar, la temperatura y la concentración de contaminantes los cuales se ingresaron al modelo I-Tree Eco. La depositación seca para PM ₁₀ se calculó de acuerdo a las relaciones entre el flujo de material particulado que se obtiene en función de la concentración de contaminante y el cálculo de la velocidad de depositación (que incluye el índice de área foliar de la especie o tipo forestal). Ver metodología en detalle en Apéndice 1.

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Fórmula	<p>La depositación seca para PM₁₀ se calcula de acuerdo a las siguientes relaciones:</p> $F = Vd \times C \times 3600$ $F_{min} = Vd_{,min} \times C \times 3600$ $F_{max} = Vd_{,max} \times C \times 3600$ <p>Donde:</p> <p>F = Flujo de PM₁₀ gr/m²/h Vd = Velocidad de depositación (m/s) C = Concentración del contaminante.</p> <p>Para espacializar el potencial de remoción de PM₁₀ del bosque, se calculó la capacidad de depositación de PM₁₀ para cada parcela y especie en estudio(kg/año) y luego se extrapolo por ha de bosque (kg/ha/año).</p>
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	<p>El indicador se expresa en kg/ha/año, a mayor valor, mayor contribución por depositación de PM₁₀ y mayor purificación del aire. Se entrega un valor promedio para el área de estudiada, indicando que 40 hectáreas de bosque capturan una tonelada de PM₁₀ al año (para mayor información vea sección de “Análisis de resultados” de esta ficha).</p>
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	<p>Este indicador se levantó por medio de la consultoría “Determinación del SSEE de purificación de aire en el área del Proyecto GEF Montaña”. Desarrollado por: Dr. Marcelo Miranda, Dr. Cynamon Dobbs, Magdalena Olave y Pilar Olave.</p>
Disponibilidad de resultados	<p>Disponibles en: https://gefmontana.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/02/INFORME-AIRE-GEF-Montana.pdf</p>
Escala temporal	<p>El primer periodo de análisis de acuerdo a la disponibilidad de registros validados para este contaminante es del 15 de mayo del 2016 al 15 de mayo del 2017. Será actualizado periódicamente.</p>
Escala espacial	<p>Resolución espacial de 28 metros</p>
Coordinación inter-intrainstitucional	<p>La logística de toma de datos en terreno requirió de la coordinación entre el equipo consultor, GEF Montaña, profesionales municipales y los propietarios</p>
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	<p>Proyecto GEF Montaña del Ministerio del Medio Ambiente</p>
RESULTADOS	<p>En el área de estudio se identificó que 40 hectáreas de bosque capturan una tonelada de PM₁₀ al año. Con respecto a los valores por especie, las mayores por individuo ocurren para el boldo y quillay, y las mayores por individuo son para el boldo y peumo.</p>

Análisis de resultados

La depositación anual en cada lugar de estudio se muestra en la Figura 10, y en promedio para el área total estudiada alcanza los 25,17 kg/ha. Se observa a partir de los resultados que, 40 hectáreas capturan aproximadamente una tonelada de material particulado PM₁₀. En la Figura 11 se puede ver la representación espacial de este potencial de depositación de los bosques, representada como un área circundante de 20 km para cada parcela de muestreo. Se eligió esta representación espacial dada la movilidad del material particulado. Sus resultados muestran que los valores más altos de la depositación se encuentran en el área de la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, en cambio las áreas ubicadas hacia los valles presentan menor nivel de depositación.

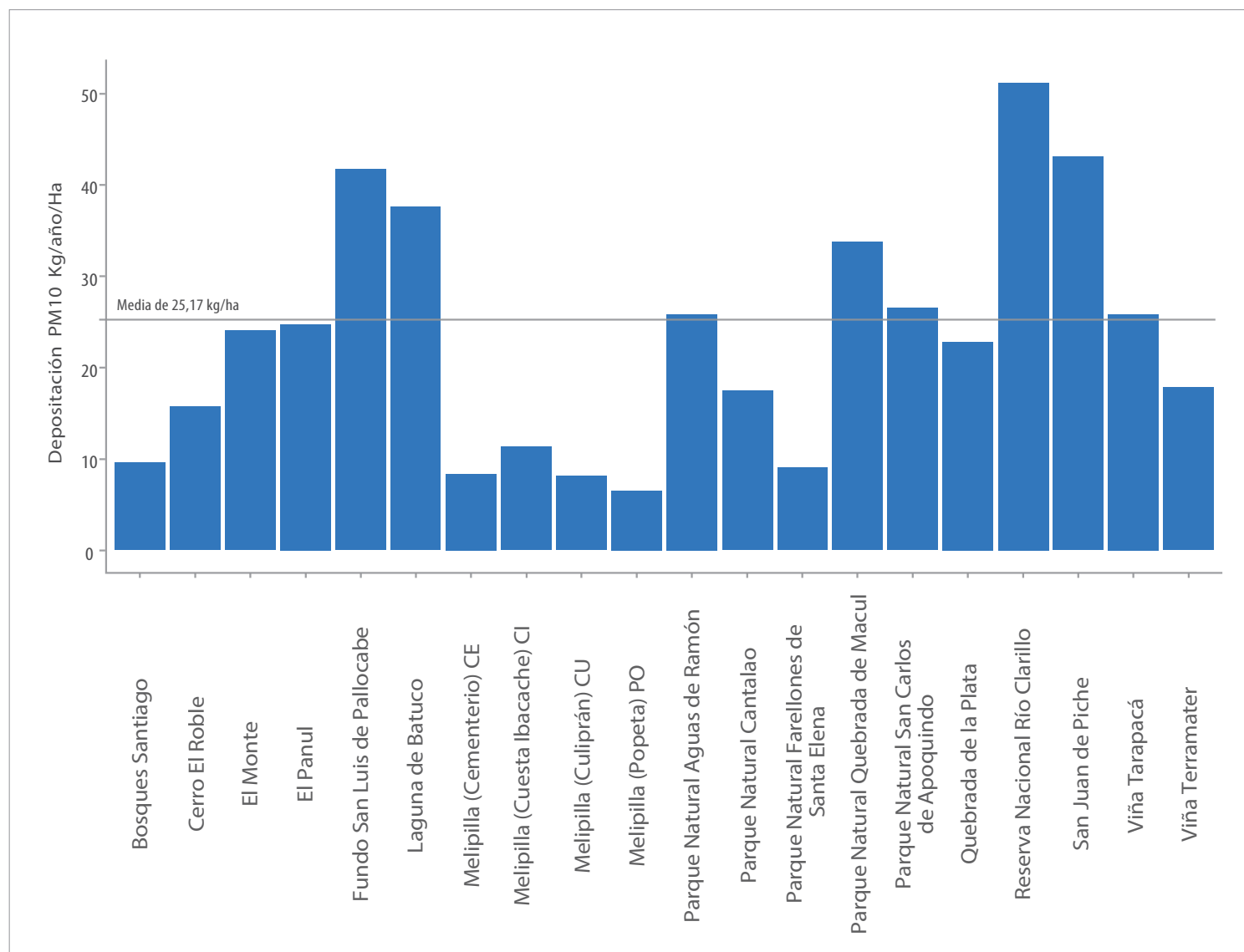


Figura 10. Depositación anual promedio de PM₁₀ por sitio de estudio.

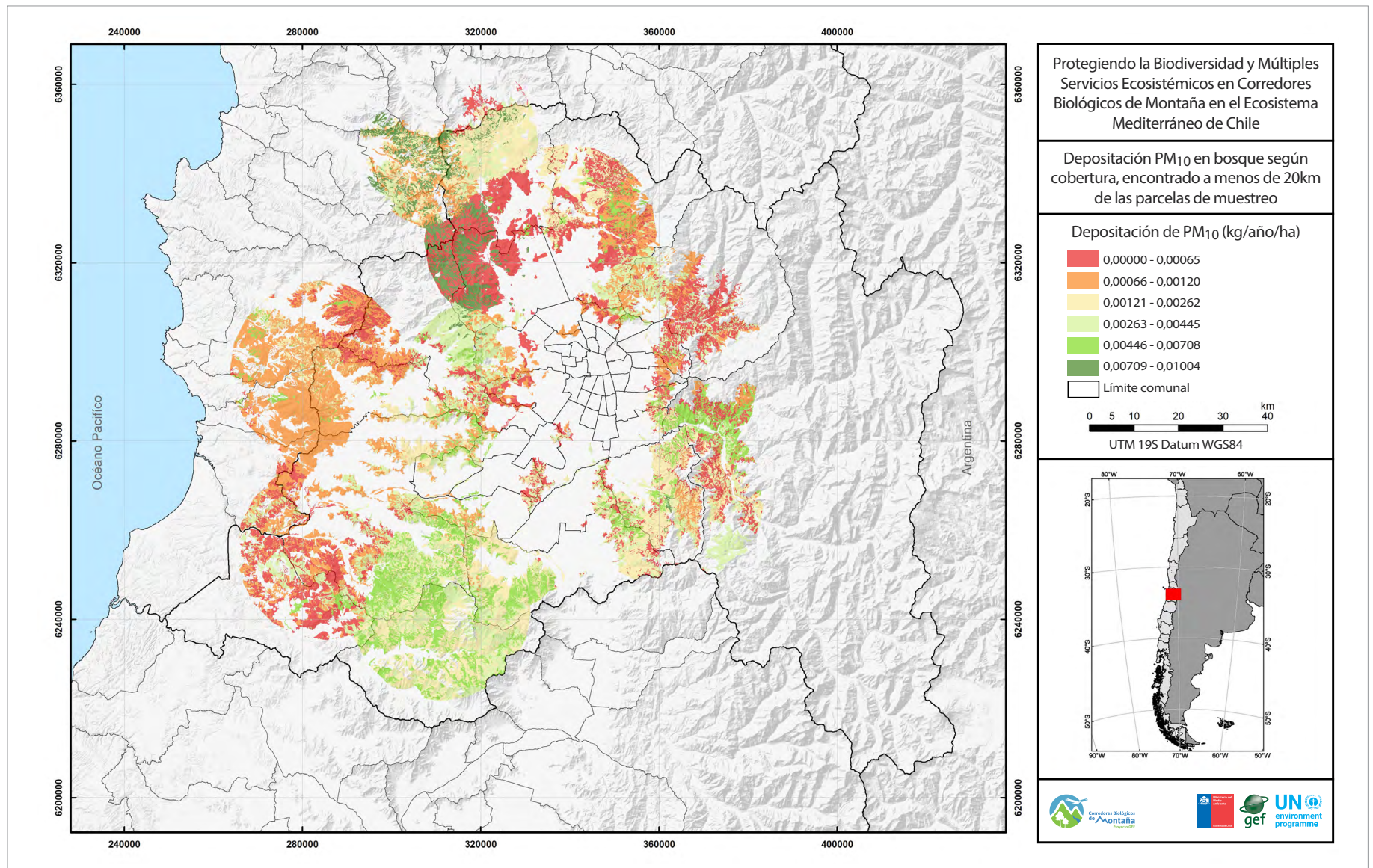


Figura 11. Deposición de PM₁₀ en la vegetación en el área de estudio para coberturas del Catastro de Vegetación de Bosque Nativo CIREN CONAF 2013 encontradas a menos de 20 km de las parcelas de muestreo.

Al analizar este beneficio en función de la cobertura de bosque se identifica que las coberturas de bosque denso pueden llegar a capturar más del doble que las coberturas de bosque abiertas o muy abiertas (Figura 12). Es así como, las dos comunas que presentan mayor potencial de deposición de PM₁₀ (Pirque y Alhué) son también aquellas donde las parcelas se ubicaron predominantemente en sectores de bosques densos o

semidensos. La tercera comuna con mayor potencial de depositación corresponde a Lampa, comuna en la cual se muestrearon parcelas en las cuatro categorías de cobertura de bosque, y donde además de se encuentra la parcela con mayor potencial de depositación registrada en todo el estudio (100 kg/año/ha). En este caso se da que no solo esta parcela corresponde a cobertura de bosque denso, sino que además la comuna de Lampa es cercana al casco urbano, y por tanto de las fuentes contaminantes de PM10. Esto resalta la importancia de recuperar los sectores circundantes a la gran urbe con bosques de cobertura semidensa y densa, reforestando con especies nativas.

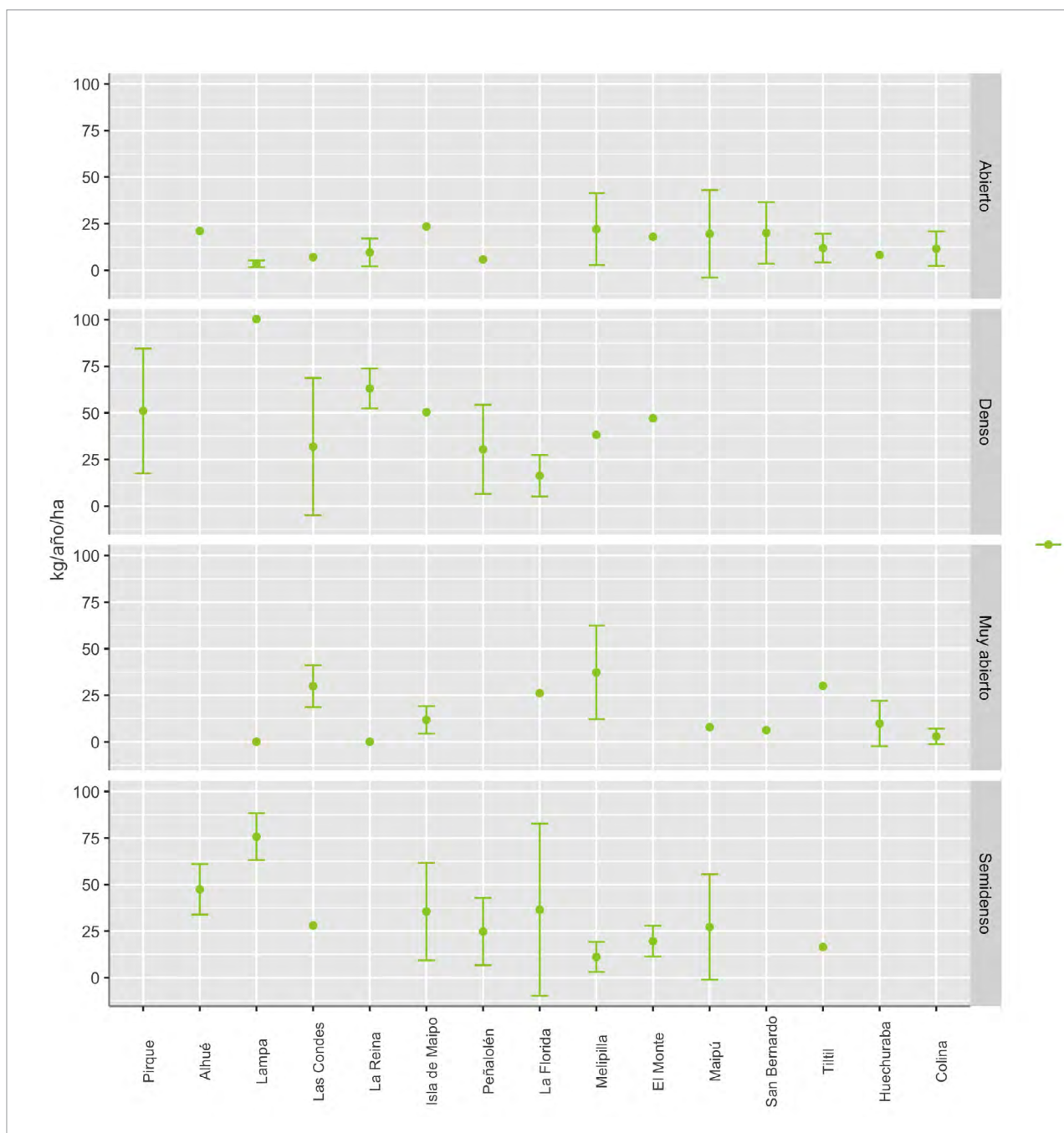


Figura 12. Depositación anual promedio de PM₁₀ Kg / Ha, según el tipo de cobertura de bosque.

En cuanto a la depositación por especie (Figura 13), las mayores tasas de depositación por individuo ocurren para el boldo y el quillay, lo que puede ser reflejo de los mayores tamaños y superficie foliar que alcanzan estos árboles. Por otro lado, las especies de ambientes más xerófitos presentan depositaciones menores que las especies de ambientes higrófilos, es así como el peumo (*Cryptocarya alba*) y el boldo (*Peumus boldus*) son los que presentan mayores tasas de depositación por metro cuadrado.

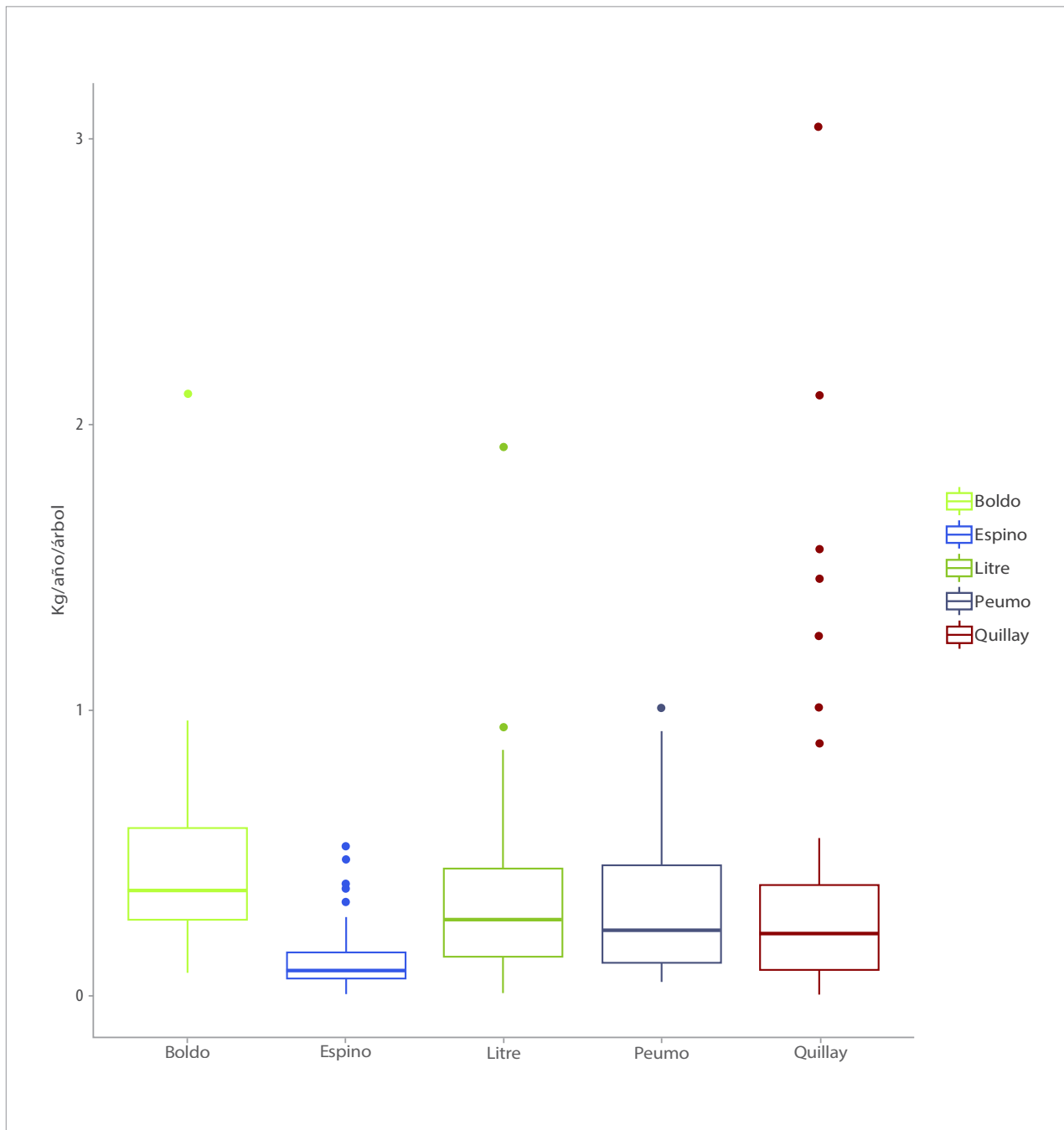


Figura 13. Diagrama de caja representando la depositación anual promedio y dispersión de datos de PM₁₀ Kg/árbol para cada una de las cinco especies estudiadas.

P-2.1. CAPTURA DE CARBONO

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Estimación de la captura de carbono (tCO ₂ eq) que realiza la vegetación nativa en la Región Metropolitana de Santiago, en el periodo 2001-2013.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuánto carbono capturó la vegetación nativa (bosque y matorral esclerófilo) de la RMS durante el periodo 2001-2013?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Se señalan los valores de captura de carbono (tCO ₂ eq) que realiza la vegetación nativa por comuna en el periodo 2001 - 2013.
Indicadores estrechamente vinculados	Relacionado a la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV)
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Función
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Paisaje, Ecosistema
Grupo taxonómico que estudia	Reino Plantae
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	<p>Consultoría contratada a Javier Cano Marín, quien desarrollo un modelo de cuantificación de existencias de carbono, que se basa en la relación entre el CO₂eq que se encuentra en la biomasa aérea de bosque, y la reflectividad que entregan imágenes satelitales Landsat 5 y 8 (Cano et al, 2016).</p> <p>Este modelo de regresión lineal de CO₂e en bosques mediterráneos corresponde a $CO_2e \text{ LANDSAT } 8 = 29,879 [(bNIR - bSWIR1) / (bNIR + bSWIR1)] + 9,0093$ (Cano et al, 2016).</p> <p>Este modelo fue utilizado tanto para bosques como matorrales en esta consultoría, calculando las existencias de carbono en el 2001 y 2013, para los polígonos de bosque y matorral de la cobertura de biotopos elaborada por el equipo GEF Montaña. Posteriormente se hace la resta entre las existencias de carbono entre el 2013 y 2001, con lo cual se obtienen todos aquellos poligonos que han aumentado sus existencias, obteniendo la captura de carbono del bosque y matorral para la RMS.</p> <p>Para mayor detalle revisar Apéndice 1.</p>

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Fórmula	La captura de carbono en el periodo 2001 - 2013 se calcula como la resta de existencias de carbono entre el 2013 - 2001 para cada uno de los polígonos correspondientes a matorral y bosque de la cartografía de biotopos.
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	La unidad es toneladas de carbono equivalente y sus valores positivos corresponden a captura de carbono. El indicador mide la absorción de carbono durante un periodo de tiempo, permite inferir la salud del bosque y matorral, considerando que a mayores valores de captura el bosque se encuentra produciendo más biomasa que su pérdida.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Este indicador se levantó por medio de la consultoría "Estimación de las emisiones y capturas de carbono de los ecosistemas mediterráneos de la zona central de Chile". Desarrollado por: Javier Cano Marin (Cano, 2020).
Disponibilidad de resultados	Prontamente en página web http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Periodo 2001 a 2013
Escala espacial	Resolución espacial de 28 metros
Coordinación inter-intra institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montana del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	Los resultados obtenidos respecto al servicio ecosistémico de captura de carbono en el área de la RMS perteneciente al Proyecto GEF Montaña, muestran que los bosques capturaron un total de 441.433 tCO ₂ eq y los matorrales capturaron 838.624 tCO ₂ eq en el periodo 2001 a 2013. No obstante, es importante destacar que para el total de la superficie de vegetación nativa (bosque y matorral) en el área se observa en este periodo una disminución de las existencias de carbono en 6.345.414 tCO ₂ eq, es decir entre el periodo 2001 y 2013 se emitió más de lo que se capturó.

Análisis de resultados

La superficie de vegetación nativa (bosques y matorrales) en las comunas de la RMS dentro del área del proyecto, que presentan captura de carbono durante el período 2001 a 2013 corresponde a 166.276 ha, con existencias totales de 15.020.432 tC para el 2001 y 16.300.448 tC para el 2013. En la Figura 14, se puede ver en los polígonos de colores verdosos la cobertura de bosque que ha incrementado su stock de

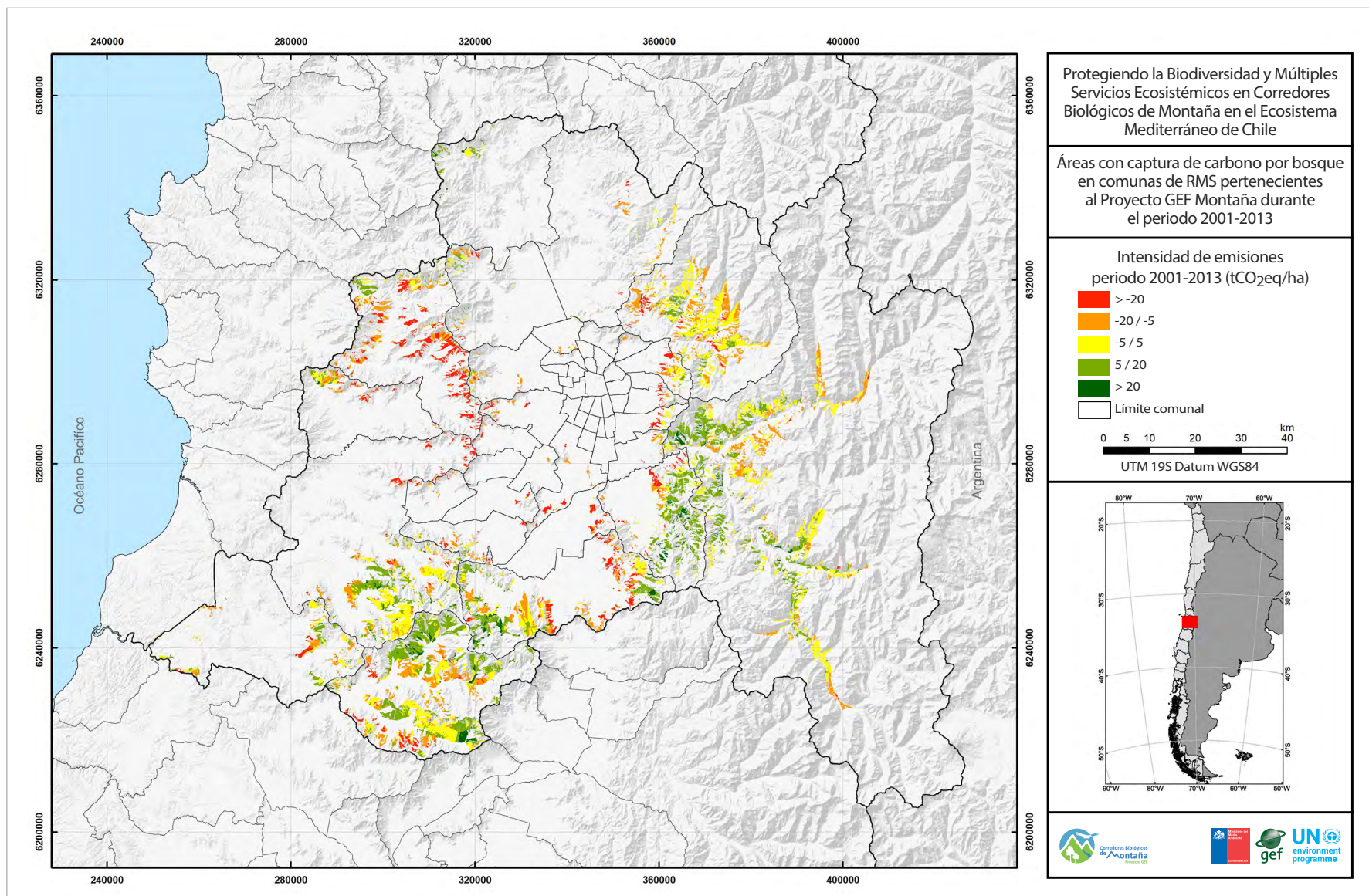


Figura 14. Áreas con captura de carbono en bosque (tCO₂e) en comunas pertenecientes al Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 – 2013. Resultados negativos muestran cuando las emisiones han aumentado entre un período y otro, mientras que los positivos muestran cuando ha existido una reducción de emisiones.

carbono entre el 2001 y 2013 mediante captura, mientras que los colores naranjos y rojizos indican disminución del stock, resultando en emisiones de carbono; en la Figura 15 se ve el mismo resultado para los matorrales. Asimismo, se puede observar en ambas imágenes, que la superficie en la cual se ha producido captura de carbono para bosque y matorral, es mínima respecto de la superficie donde se observa emisiones de carbono.

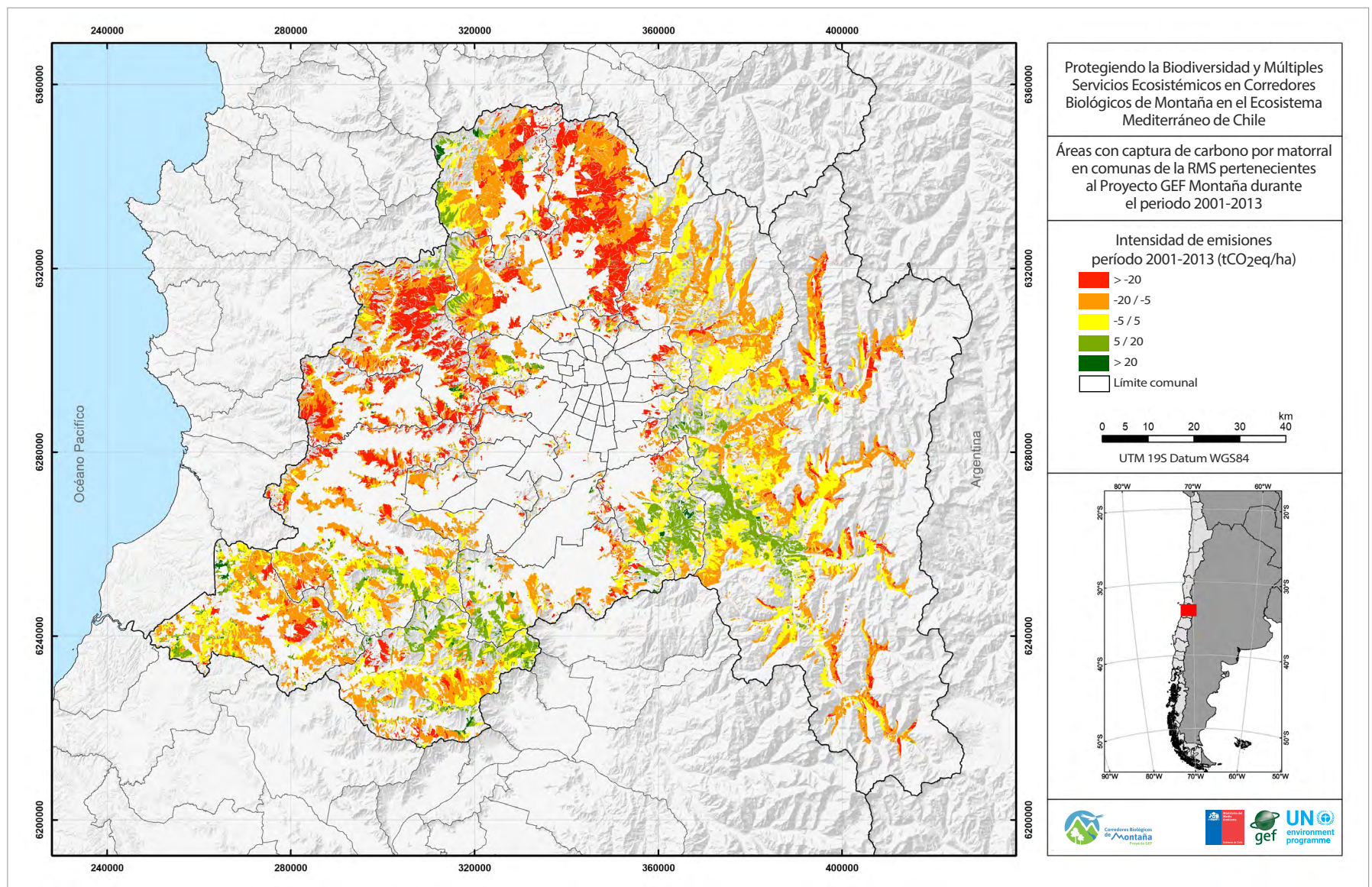


Figura 15. Áreas con captura de carbono en matorral (tCO₂e) en comunas pertenecientes al Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 - 2013.

Tal como se observa en la Figura 16 hay una gran variabilidad a nivel comunal, donde las comunas que presentan una mayor captura de carbono en bosque en el área de estudio son San José de Maipo, presentando una captura de más de 120.000 tCO₂eq durante el período 2001 a 2013, seguido por Alhué y Pirque, con 79.000 y 57.500 tCO₂eq respectivamente. Por el contrario, Talagante, Huechuraba y Maipú son las comunas que presentan los menores valores de captura de carbono. De la misma forma, para el matorral, se observa en la Figura 16 que las comunas con mayor captura de carbono son San José de Maipo, presentando una captura de casi 190.000 tCO₂eq durante el período 2001 a 2013, seguido por Alhué y Pirque, con 124.000 y 120.000 tCO₂eq respectivamente. Por el contrario, Talagante, Puente Alto y Maipú son las comunas que presentan los menores valores de captura de carbono.

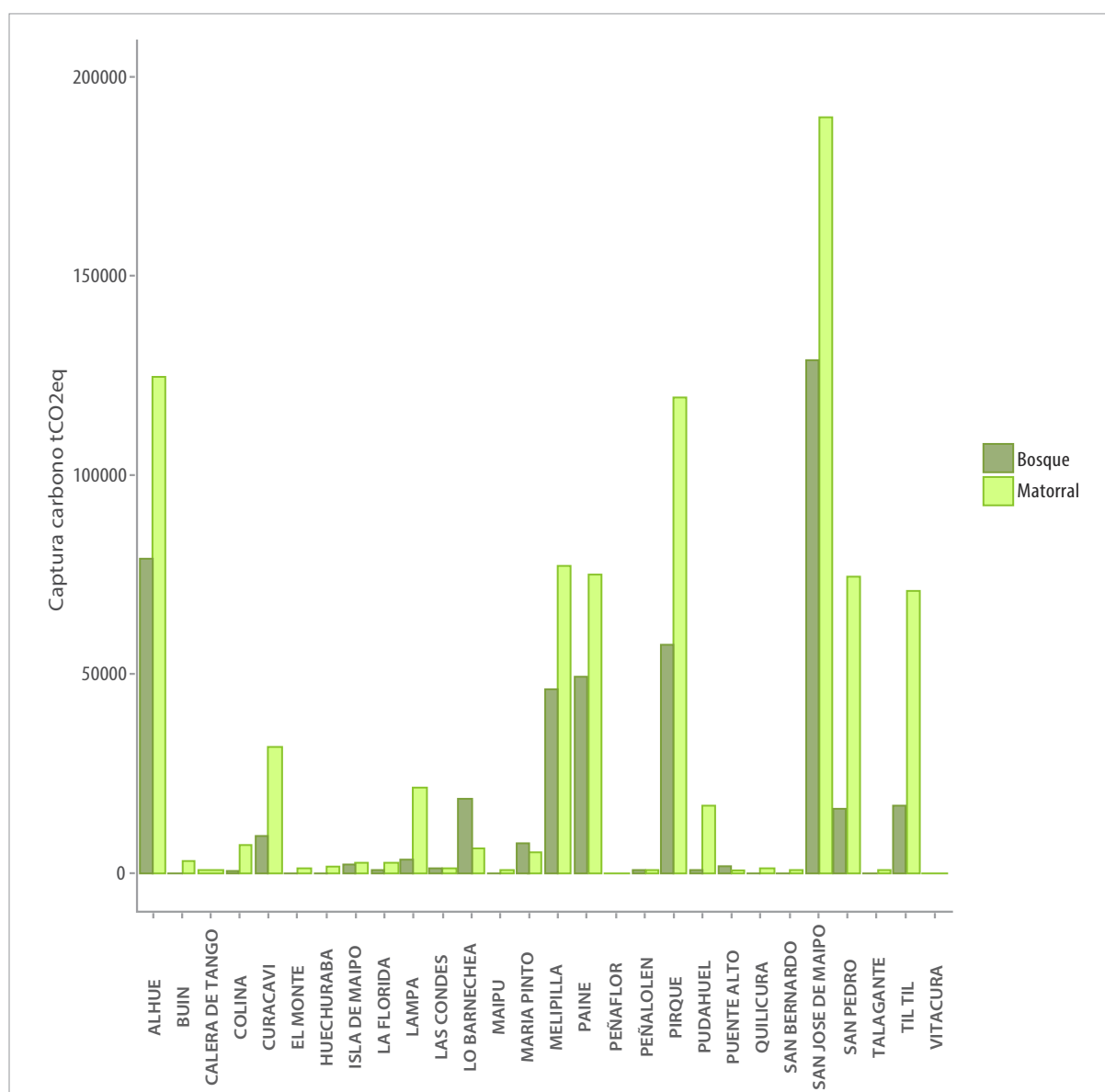


Figura 16. Captura de carbono en bosque y matorral esclerófilo (tCO₂eq) por comuna, en el área del Proyecto GEF Montaña durante el periodo 2001 - 2013.

P-3.1. DEGRADACIÓN DE BOSQUE ESCLERÓFILO

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Representar la superficie de bosque esclerófilo que se encuentra en proceso de degradación en la RMS durante el periodo 2001-2013, estimándola a través de cálculos derivados del carbono emitido en este periodo por la parte aérea de sus especies arbóreas (no se consideran cambios de cobertura durante el periodo analizado).
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la superficie de bosque esclerófilo que está en proceso de degradación en la RMS durante el periodo 2001 - 2013?
Alcance y/o limitaciones del indicador	El indicador mide la superficie de bosque esclerófilo en proceso de degradación durante un periodo determinado. Para efectos de este indicador se considera como proceso de degradación toda aquella reducción del almacenamiento de carbono de un bosque, provocada por el hombre, con una intensidad que recomienda el cese de cualquier actividad silvícola, pero que no provoca un cambio de uso de suelo. Se calcula a escala de paisaje, no de especies leñosas.
Indicadores estrechamente vinculados	Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático: Indicador "1.1.3. Cambio en la superficie bosque nativo" que responde a "Objetivo 1. Mantener o mejorar la representación del ecosistema" Vinculado a Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de CONAF
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Función / estructura
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Paisaje
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	<p>Consultoría contratada a Javier Cano Marín, quien desarrollo un modelo de cuantificación de existencias de carbono que se basa en la relación entre el CO₂e que se encuentra en la biomasa aérea de bosque, y la reflectividad que entregan imágenes satelitales Landsat 5 y 8 (Cano et al, 2016). Este modelo de regresión lineal de CO₂e en bosques mediterráneos corresponde a $CO_2e \text{ LANDSAT } 8 = 29,879 [(bNIR - bSWIR1) / (bNIR + bSWIR1)] + 9,0093$ (Cano et al, 2016), con el cual se calculan las existencias de carbono para los polígonos de bosque de la cobertura de biotopos elaborada por el equipo GEF Montaña para el año 2001 y 2013. Posteriormente se hace la resta entre las existencias de carbono del año 2001 al 2013, con lo cual se obtienen las emisiones para dicho periodo. Para efectos de este indicador se entendiende como superficie en degradación, la que ha reducido sus reservas de carbono forestal en el periodo de estudio. Para mayor detalle revisar Apéndice 1.</p>
Fórmula	El indicador se expresa como el total de hectáreas en proceso de degradación, por comuna.
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	El indicador se expresa en hectáreas y su rango va desde cero hasta el total de hectáreas de bosque en el área del proyecto (240.091 hectáreas). En este sentido es favorable que exista la mayor cantidad de superficie intacta y menor superficie en proceso de degradación.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Este indicador se levantó por medio de la consultoría "Estimación de las emisiones y capturas de carbono de los ecosistemas mediterráneos de la zona central de Chile". Desarrollado por: Javier Cano Marin (Cano, 2020).
Disponibilidad de resultados	Prontamente en página web http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Período 2001 a 2013
Escala espacial	Resolución espacial de 28 metros
Coordinación inter-intrainstitucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montana del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	Para la RMS el valor total de superficie de bosque en proceso de degradación es de 69.560,5 ha con un promedio por comuna de 2.318 hectáreas, pero con una alta variabilidad intercomunal. El total de emisiones de carbono por la degradación del bosque esclerófilo en el periodo de estudio fue de -1.028.428 tCO ₂ eq.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos nos muestran que el área total de la RMS perteneciente al Proyecto GEF Montaña, presenta una superficie de 69.560,5 ha de bosque nativo bajo procesos de degradación para el período de estudio 2001 – 2013 (Figura 17).

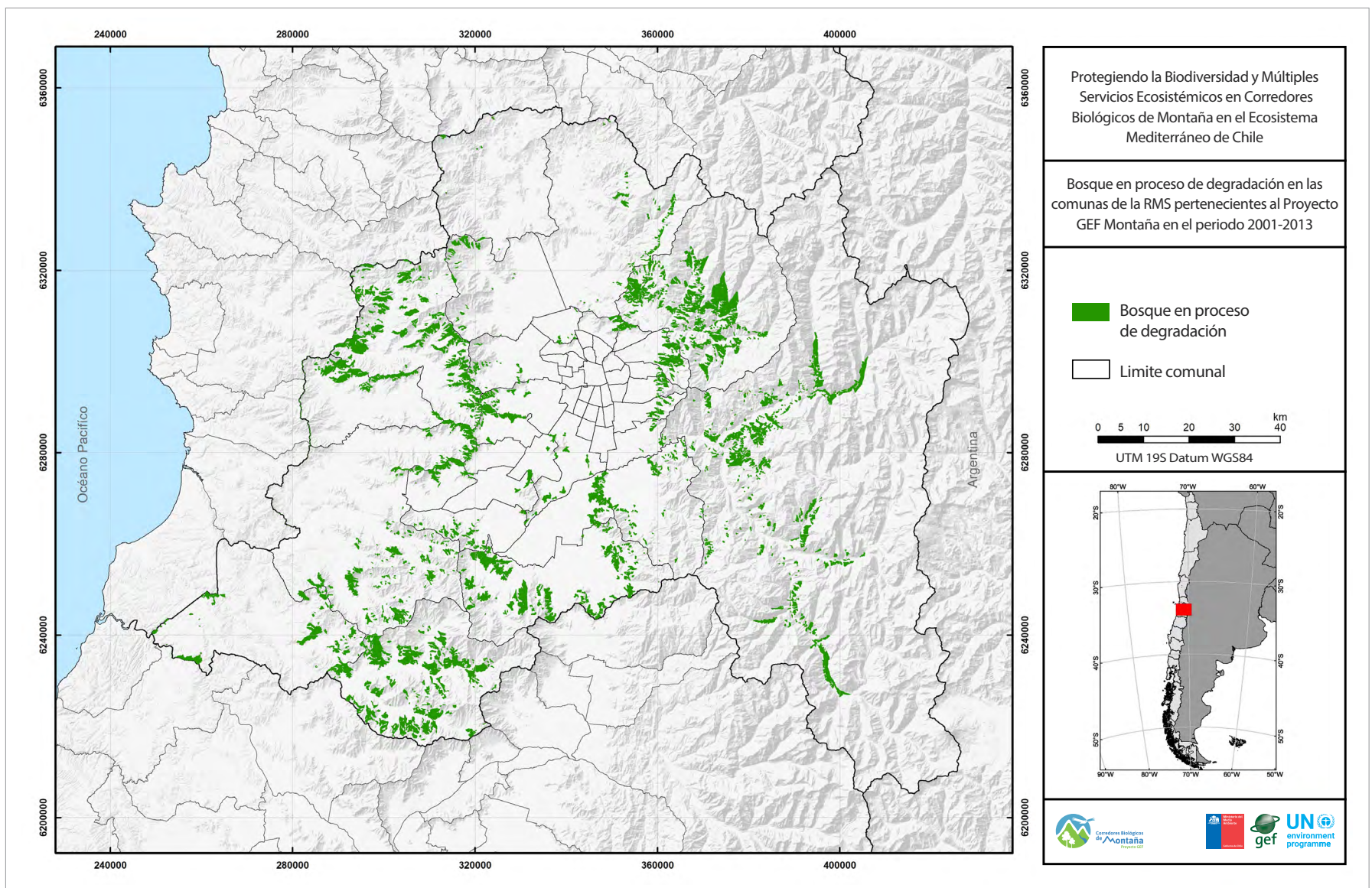


Figura 17. Áreas de bosque en proceso de degradación en las 30 comunas de la RMS pertenecientes al Proyecto GEF Montaña, durante el periodo 2001 – 2013.

Al realizar este análisis de degradación de bosque por comunas, se observa un promedio general de superficie en degradación por comuna de 2.318 ha, sin embargo esta presenta una alta variabilidad entre ellas, con hasta dos órdenes de magnitud de diferencia. Esto se puede observar en Figura 18, donde la comuna de San José de Maipo es la que presenta la mayor superficie de bosque en proceso de degradación (10.8271 ha), seguida por Lo Barnechea, Alhue y Curacaví. Por el contrario, la comuna de Quilicura presenta la menor superficie en proceso de degradación de bosque (108 ha), seguida por La Reina, Tiltill, Peñaflores, siendo esto más bien un reflejo de la poca superficie de bosque que queda en estas comunas.

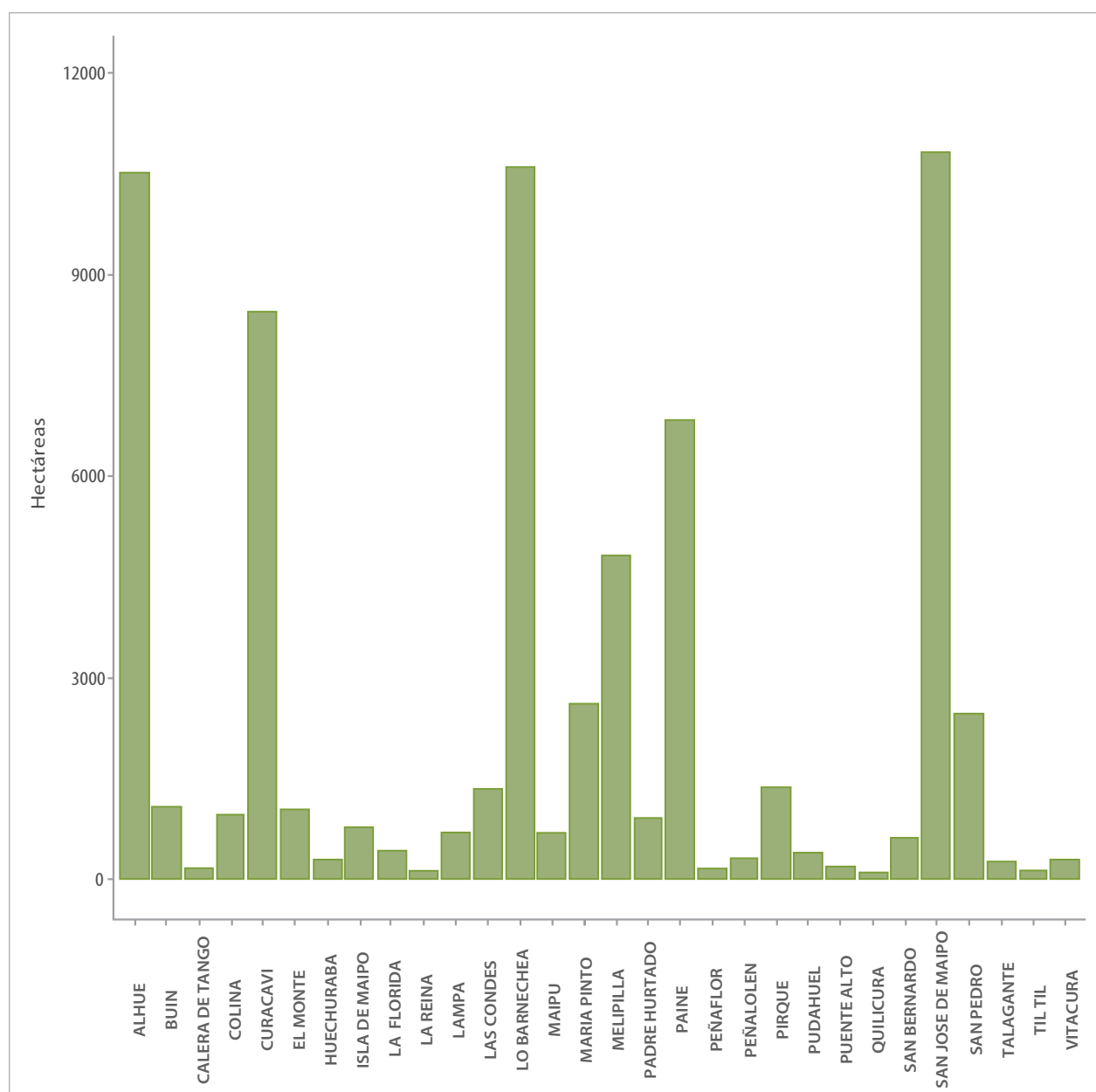


Figura 18. Superficie de bosque en proceso de degradación para las comunas de la RMS, en el área del Proyecto GEF Montaña, entre el año 2001 y 2013.

Con respecto a las emisiones de carbono por degradación de bosque en el periodo 2001 a 2013 en la RMS en el área del Proyecto GEF Montaña, éstas fueron de un total de 1.028.428 tCO₂eq, con un promedio comunal de 34.281 tCO₂eq. Sin embargo, también se distingue claramente una alta variabilidad de emisiones a nivel comunal (Figura 19), con extremos como Curacaví que presenta la máxima cantidad de emisiones (sobre 200.000 tCO₂eq) y Tiltil donde el bosque emitió 602 tCO₂eq.

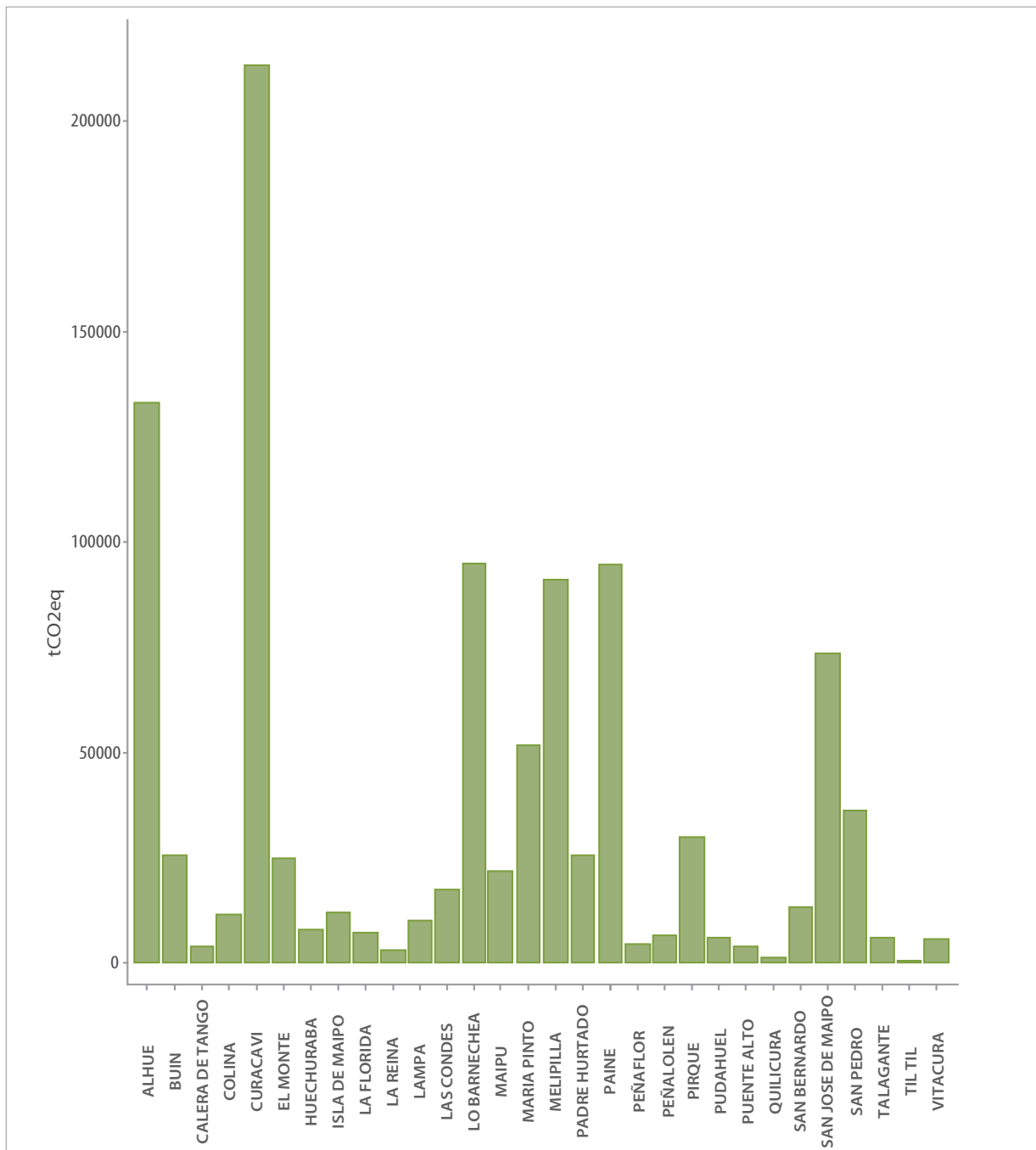


Figura 19. Emisiones por degradación de bosques en las comunas de la RMS, en el área del Proyecto GEF Montaña, entre el año 2001 y 2013.

P-4.1. DEGRADACIÓN DE LA VEGETACIÓN NATIVA

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar las tendencias de degradación de la vegetación nativa en los ecosistemas terrestres presentes dentro del área del Proyecto GEF Montaña en la RMS; definidos estos como los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2017) según la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017). La degradación será representada como una disminución de la productividad de la vegetación en el período en estudio.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la proporción de ecosistemas terrestres, presentes en el área del Proyecto GEF Montaña en la RMS, con tendencia negativa en su productividad entre el 2016 y el 2018?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Este indicador mide el porcentaje de ecosistemas dentro del área del proyecto que presentan tendencia negativa en su productividad primaria, comparando mismas estaciones a lo largo de diferentes años. Dada la escala de los datos, solo permite evaluar tendencias a escala de paisaje, y no a escala local de comunidades o especies leñosas.
Indicadores estrechamente vinculados	"Variación temporal en la producción de biomasa vegetal" relativo al Estado de los biomas, Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015 – 2025.
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Función
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Paisaje, Ecosistema
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	Se obtiene del cálculo de productividad primaria a partir del NDVI = $[(NIR - RED)/(NIR + RED)]$, utilizando imágenes satelitales MODIS Terra, MOD13Q1 versión 6. El NDVI presenta un rango de valores entre -1 y 1. Para su interpretación los valores menores o cercanos a 0 representan áreas sin vegetación, y valores mayores a 0,1 representarían áreas vegetadas (Chuvieco, 2008). Para mayor detalle revisar Apéndice 1.
Fórmula	En el área del Proyecto GEF Montaña dentro de la RMS se identificaron 13 ecosistemas, por lo que el indicador se expresa como: $\frac{\text{Número de ecosistemas con degradación} * 100}{13}$
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	El indicador se expresa en %, y su rango va entre 0 y 100. A medida que aumenta el valor, aumenta el número de ecosistemas en procesos de degradación, los valores deseables están por debajo del 25%. En la medida que aumente el número de años (la serie de tiempo) para los cuales se obtuvo este indicador, se podrá describir con mayor robustez la tendencia temporal del mismo.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por equipo del Proyecto GEF Montaña
Disponibilidad de resultados	Prontamente en página web http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Los datos del sensor MODIS están disponibles para períodos de 16 días. Se calcula el promedio estacional para cada ecosistema, y se actualizará anualmente. Es así que permitirá hacer un seguimiento anual de la tendencia en productividad de cada ecosistema, para cada estación del año. El período de tiempo abarcado es a partir de invierno 2016 a la primavera 2018.
Escala espacial	Resolución espacial de 250 metros
Coordinación inter-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	El 85% (11 de 13) de los ecosistemas terrestres de la RMS muestra una tendencia negativa en su productividad entre el 2016 y el 2018.

Análisis de resultados

Los pisos vegetacionales presentes en el área del Proyecto GEF Montaña en la RMS y sus superficies se presentan en el Cuadro 4. El Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* - *Lithraea caustica* (P41) seguido por el Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* - *Peumus boldus* (P40) son los que presentan una mayor superficie en el área, ambos con más de 150.000 ha. En contraste, el Matorral espinoso mediterráneo interior de *Trevoa quinquinervia* - *Colliguaja odorifera* es el ecosistema que presenta una menor superficie con menos de 3.000 ha en el área (Cuadro 4).

En la Figura 20 se puede observar el promedio de NDVI estacional para cada piso vegetacional durante la temporada 2016 a 2018. Los pisos con mayores valores de productividad promedio son los bosques mediterráneos costeros Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* - *Peumus boldus* (P39), Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica* - *Cryptocarya alba* (P40), y el Bosque espinoso mediterráneo costero de *Acacia caven* - *Maytenus boaria* (P34) con valores de NDVI mayores a 0,6, lo que indica un buen estado de la vegetación. El menor valor promedio de productividad corresponde al Herbazal mediterráneo andino (P118), el cual durante el invierno presenta un valor negativo, que describe una ausencia de vegetación en el piso. En la Figura 20 también se pueden observar, en puntos en escala de color verde, las variaciones interanuales de NDVI para cada piso vegetacional, en el período 2016 a 2018 para cada estación.

De modo general, si se utiliza sólo una tendencia simple y lineal para observar la evolución del NDVI en cada piso en las tres temporadas, se puede observar que 11 pisos presentarían una tendencia negativa, o sea como su productividad está decreciendo, su degradación está aumentando. En cambio, el Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia angustifolia* / *Guindilia trinervi* y Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia* - *Mulinum spinosum* parecen estar manteniendo su productividad, ya que presentan una baja pendiente positiva. Sin embargo, es importante recalcar que esto es solo una aproximación general ya que actualmente solo se cuenta con los primeros datos para observar el estado de los ecosistemas.

Cuadro 4. Pisos vegetacionales y su superficie en las comunas de la Region Metropolitana de Santiago pertenecientes al Proyecto GEF Montaña.

ECOSISTEMAS TERRESTRES (PISOS VEGETACIONALES)	Código	Superficie total del piso en área de estudio (ha)
Matorral bajo mediterráneo costero de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Mulinum spinosum</i>	P110	4.705,6
Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Nardophyllum lanatum</i>	P111	98.582,6
Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Laretia acaulis</i> - <i>Berberis empetrifolia</i>	P112	62.864,6
Herbazal mediterráneo andino de <i>Nastanthus spathulatus</i> - <i>Menonvillea spathulata</i>	P118	67.326,7
Matorral espinoso mediterráneo interior de <i>Trevoa quinquinervia</i> - <i>Colliguaja odorifera</i>	P27	2.797,2
Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> - <i>Prosopis chilensis</i>	P32	141.136,0
Bosque espinoso mediterráneo andino de <i>Acacia caven</i> / <i>Baccharis paniculata</i>	P33	93.302,8
Bosque espinoso mediterráneo costero de <i>Acacia caven</i> - <i>Maytenus boaria</i>	P34	71.922,7
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Kageneckia angustifolia</i> / <i>Guindilia trinervis</i>	P38	129.072,0
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Cryptocarya alba</i> - <i>Peumus boldus</i>	P39	173.242,0
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Cryptocarya alba</i>	P40	138.963,0
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Quillaja saponaria</i> - <i>Lithraea caustica</i>	P41	193.351,0
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus macrocarpa</i> / <i>Ribes punctatum</i>	P46	56.580,6
Sin vegetación	SV	270.677,0

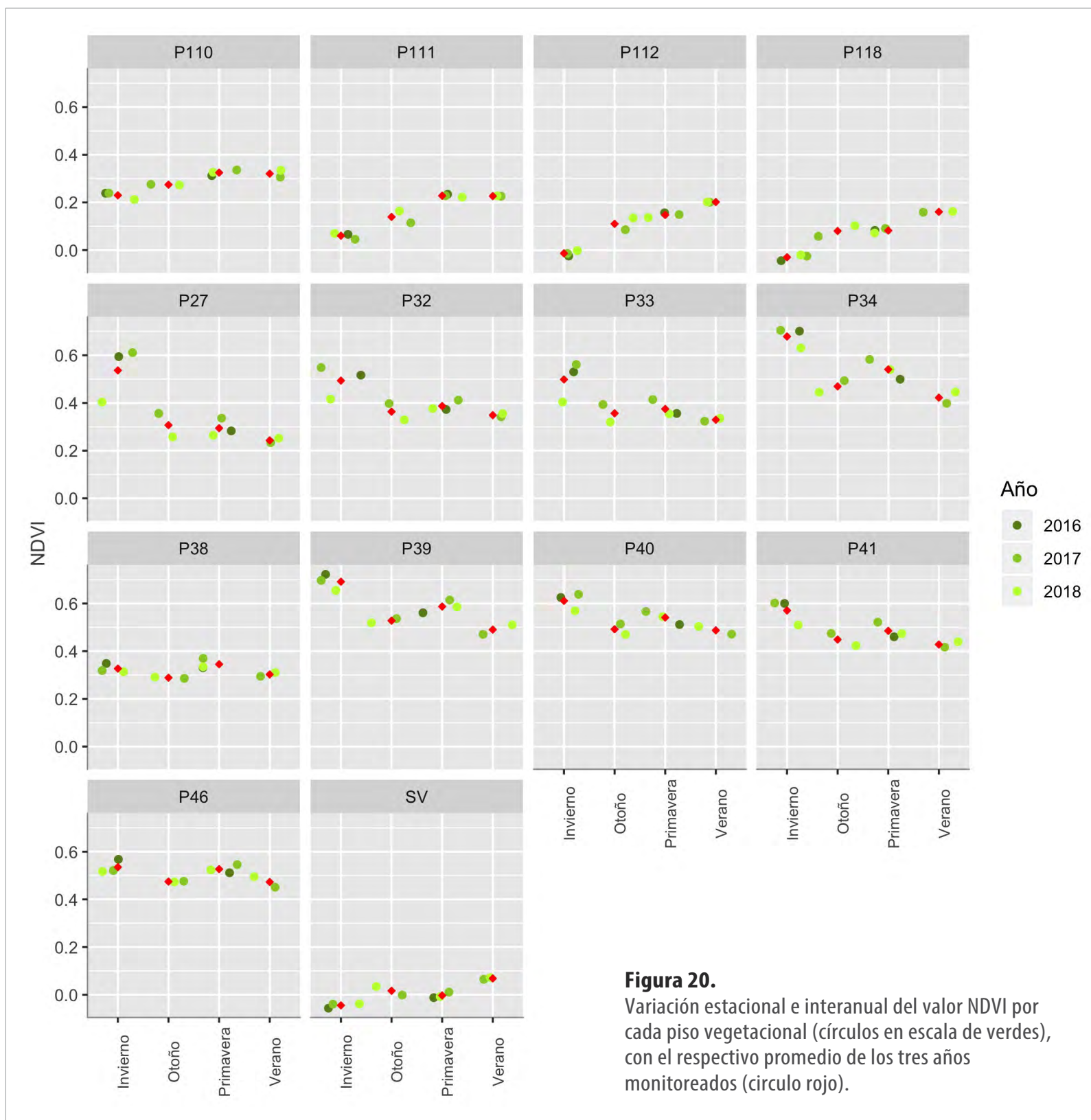


Figura 20. Variación estacional e interanual del valor NDVI por cada piso vegetal (círculos en escala de verdes), con el respectivo promedio de los tres años monitoreados (círculo rojo).

P-5.1. FRAGMENTACIÓN ANTROPOGÉNICA

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Expresar la conectividad de áreas potencialmente interesantes para su conservación, sobre todo, de aquellas que se encuentran muy presionadas por las actividades humanas (urbanización, industria o agricultura) o por la presencia de grandes ejes de comunicación terrestre. Es relativo a los usos del suelo, discriminando los que por sus características naturales son susceptibles de ser considerados sensibles a procesos de fragmentación, de aquellos otros usos que generan una presión sobre los anteriores o no participan en posibles impactos a causa de una supuesta neutralidad.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es el grado de conectividad en los corredores naturales de montaña y los paisajes naturales remanentes en la RMS al 2017?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Grado de conectividad entre celdillas (250 x 250 m) sensibles, número de complejos de celdillas sensibles conectadas. Las áreas naturales y seminaturales corresponden a celdillas sensibles, y las celdillas no sensibles corresponden a zonas con actividad e intervención humana. Nos indica la condición de conectividad de nuestros ecosistemas naturales. A mayor conectividad más fluidamente ocurren los procesos ecosistémicos naturales. No mide conectividad entre parches de bosques según su formación o estructura; es decir solo considera conectividad del paisaje predominantemente natural, sin discriminar dentro de ese paisaje distintas formaciones.
Indicadores estrechamente vinculados	De la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago 2015 – 2025, se vincula a: “Variación temporal en el número de fragmentos de vegetación nativa”; “Variación temporal en la distribución de frecuencia de la superficie de los fragmentos de vegetación nativa”; “Variación temporal en el ámbito geográfico del territorio cubierto por los fragmentos de vegetación nativa”; “Variación temporal en el patrón espacial de distribución de fragmentos de vegetación nativa”.
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Estructura
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Paisaje
Grupo taxonómico que estudia	No aplica

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	El indicador se calcula utilizando como base el Catastro de Recursos Vegetacionales de CONAF 2013. Ver metodología en detalle en Apéndice 1.
Fórmula	$IF = psc / (ps / cs * 16) * (ps / 16)$ Donde psc = celdillas sensibles conectadas, ps= celdillas sensibles, cs= complejos sensibles
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	Índice de Fragmentación Normalizado IFn con valores entre 0 y 100. Un valor de 0,01 representa fragmentación mínima, entre 0,01 y 0,1 poca fragmentación, entre 0,1 y 1 fragmentación moderada, entre 1 y 10 fragmentación fuerte y entre 10 y 100 fragmentación extrema.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por Francisca Sánchez y Gerardo Sepúlveda, para el Proyecto GEF Montana, en el marco de su tesis de Grado de Ingeniería Civil en Geografía, USACH.
Disponibilidad de resultados	Prontamente en página web http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Verano 2015 a invierno 2017
Escala espacial	Resolución espacial de 250 metros
Coordinación inter-intrainstitucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montana, del Ministerio del Medio Ambiente y Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica.
RESULTADOS	<p>El índice de fragmentación antropogénica de Steenmans & Pinborg (2000) mostró para el 2017 que el promedio del índice alcanza una fragmentación media de 6,29, quedando caracterizada el área del Proyecto GEF Montaña por una fragmentación fuerte. Para las zonas montañosas mostraron una fragmentación mínima. No obstante, en ciertas zonas del área del proyecto, el índice tuvo un resultado diferente al esperado, principalmente en las zonas intermedias entre las ciudades de la RMS, en donde debiese existir una mayor cobertura vegetal, y no la fragmentación fuerte o extrema que se presenta en los resultados. Esto se debe principalmente a la presencia de cultivos y explotaciones de las áreas naturales, las que dentro del indicador se consideran como "no sensibles" dado el grado de antropización de estas celdas.</p> <p>De las 231 celdas de cálculo que conforman el área del Proyecto GEF Montaña, el índice de fragmentación antropogénica resultó ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mínimo = 52 celdas, 23% celdas, 101.925 ha del área • Poco = 12 celdas, 5% celdas, 518.837,5 ha del área • Moderado = 61 celdas, 26% celdas, 421.237,5 ha del área • Fuerte = 73 celdas, 32% celdas, 588.481,25 ha del área • Extremo = 32 celdas, 14% celdas, 165.806,25 ha del área

Análisis de resultados

Previa rasterización y simplificación del área del Proyecto GEF Montaña en dos categorías de cobertura de suelo, natural (sensible) y antrópica (no sensible), se visualiza en la Figura 21 la distribución de las ciudades y de las zonas intervenidas por el ser humano. Se obtuvo un total de 231 celdas, distribuyéndose el mayor número de celdas No Sensibles, en la zona centro hacia el sur, norte y oeste del área del Proyecto GEF Montaña, y el mayor número de celdas Sensibles al este de la Región Metropolitana de Santiago.

La Figura 22 muestra el resultado del índice de fragmentación antrópica propuesto por Steenmans & Pinborg, con su respectiva valorización (mínima, poca, moderada, fuerte o extrema fragmentación).

De las 231 celdas de cálculo que conforman el área del Proyecto GEF Montaña, el índice de fragmentación antropogénica resultó ser:

- Mínimo = 52 celdas, 23% celdas, 101.925 ha del área
- Poco = 12 celdas, 5% celdas, 518.837,5 ha del área
- Moderado = 61 celdas, 26% celdas, 421.237,5 ha del área
- Fuerte = 73 celdas, 32% celdas, 588.481,25 ha del área
- Extremo = 32 celdas, 14% celdas, 165.806,25 ha del área

En las regiones, el promedio del índice alcanza una fragmentación media de 6,29, quedando caracterizada el área del Proyecto GEF Montaña por una fragmentación fuerte.

Respecto de las celdas no aplicables, específicamente la celda de cálculo número 127 y 145 (Figura 22), el índice no genera resultados ya que están completamente antropizadas, y corresponden al centro de urbano de la Región Metropolitana. Lo anterior implica que no posee celdillas sensibles que pueden indicar presencia de fragmentación.

Se observa mayor fragmentación en la zona centro de la Región Metropolitana, coincidiendo con la presión antrópica presente en esta área. La sección montañosa de oriente del área es donde se percibe menor fragmentación. Por último, en las celdas del contorno se observan resultados aleatorios, debido a la falta de información en cada una de ellas.

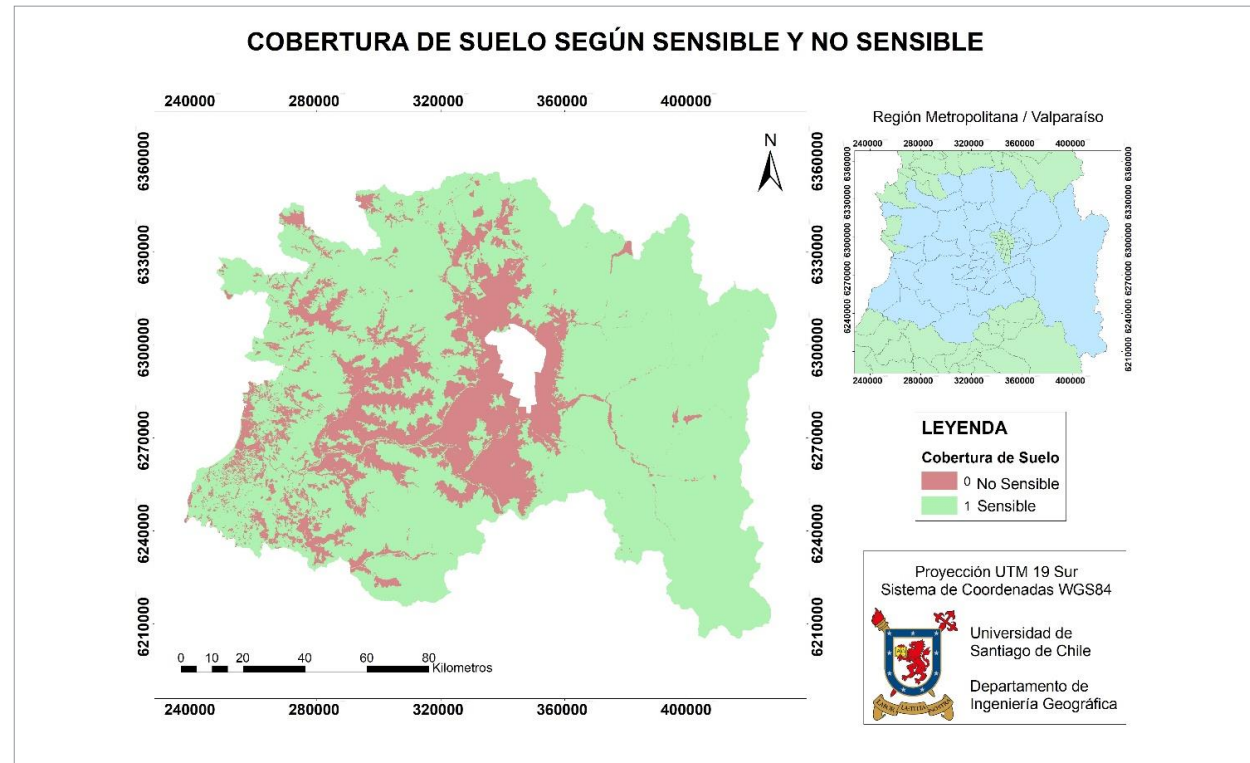


Figura 21.
Cobertura de suelo según categoría Sensible y No Sensible.
Fuente: Sánchez y Sepúlveda (2017)

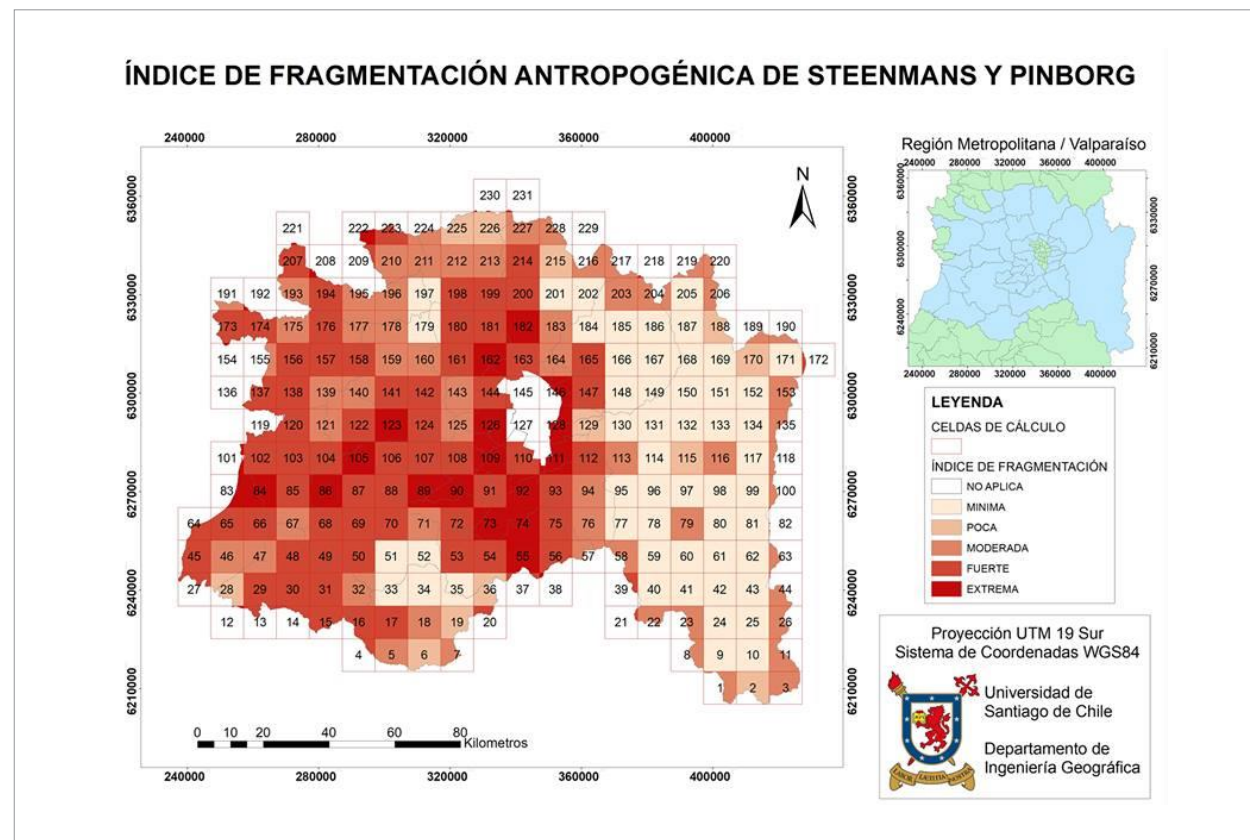


Figura 22.
Índice de fragmentación antropogénica de Steenmans & Pinborg en el área del Proyecto GEF Montaña.
Fuente: Sánchez y Sepúlveda (2017)

3.2. ESCALA DE SITIO

S-1.1. COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLE DE CARNÍVOROS NATIVOS TERRESTRES

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Caracterizar el ensamble de carnívoros nativos terrestres presentes en los cordones montañosos predominantemente naturales de la RMS. Específicamente se busca identificar la proporción de carnívoros presentes en las distintas localidades de montaña, respecto de las ocho especies nativas descritas en la bibliografía para la RMS.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la proporción de carnívoros nativos presentes en la RMS, con respecto a lo descrito en la literatura?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Este indicador estima la riqueza de especies de carnívoros nativos presentes en los cordones montañosos de la RMS, como proporción de la riqueza descrita para el área de estudio. El análisis de datos realizado permite solo hacer inferencias respecto de la presencia/ausencia de especies, ya que la metodología no hace seguimiento de especímenes; por tanto no es posible hacer inferencias respecto del estado poblacional de las especies observadas. A su vez se cuenta con un número limitado de trampas cámara, de las cuales un 10% aproximadamente ha sido robada. Por tanto, el monitoreo no representa la totalidad de ecosistemas disponibles a los carnívoros nativos, más bien corresponde a una selección dirigida dentro de un gradiente altitudinal en las Cordilleras de Los Andes y de La Costa. Esta selección responde al objetivo de abarcar la mayor heterogeneidad posible de localidades, que puedan actuar como “áreas testigo” para el monitoreo de la funcionalidad de los corredores biológicos montañosos.
Indicadores estrechamente vinculados	<p>“2.1.4. Riqueza de especies, relativo al ámbito marino”, puede evaluar su inclusión al ámbito terrestre, y “3.1.1. Variación de la distribución de especies seleccionadas”, Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático.</p> <p>“Variación temporal del número de especímenes, por grupo funcional, por unidad de superficie”, relacionado a estado de poblaciones. Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana:</p>
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Orden Carnivora

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/VARIABLES que lo componen	Los datos son obtenidos a través de registros fotográficos de especímenes, tomados por medio de trampas cámara instaladas en diferentes localidades y altitudes. Para mayor detalle revisar Apéndice 1“.
Fórmula	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de especies de carnívoros nativos presentes}}{8} \times 100$ <p>Donde 8 representa el N° de carnívoros nativos terrestres descritos para la RMS</p>
Unidades y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	Entre 0 y 100%, donde el 100% refleja la presencia del total de especies de carnívoros nativos terrestres descritos para la RMS, y los valores deseables están por sobre el 75 % (6 especies). Considerando la presencia de depredadores tope como indicadores de la salud de un ecosistema (Farías, 2017), se podría desprender que valores por debajo del 25% indican un estado debilitado de los ecosistemas y corredores biológicos para carnívoros, es decir en su capacidad de mantener una trama trófica íntegra, con sus depredadores tope en condición saludable.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Fuente primaria en base a datos de terreno tomados por el equipo del Proyecto GEF Montaña con apoyo de especialistas. Los datos fueron analizados en el marco del estudio “Respuesta del ensamble de carnívoros a efectos antrópicos y medidas de gestión en la Región Metropolitana de Chile”, tesis para optar al Grado de Licenciado en Biología de la Universidad Andrés Bello, por parte del estudiante Alejandro Javiel Vergara, y con la dirección de la Encargada SIMBIO RMS, Petra Wallem Stein, en 2018.
Disponibilidad de resultados	Prontamente disponibles en http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Los registros fotográficos son tomados en forma continua y permanente a lo largo de todo el año. Las unidades son revisadas periódicamente cada tres o seis meses, para descargar las fotografías, reponer pilas y atractor olfativo. Los resultados del presente reporte corresponden al análisis de alrededor de 10 meses (marzo a diciembre 2018) 42 trampas cámara ubicadas en 11 localidades.
Escala espacial	Este indicador está abordado a una escala local, de sitio, donde por localidad se describe la riqueza de especies registradas. Se está trabajando en un indicador a escala de paisaje a partir de estos datos para un próximo reporte.
Coordinación inter e intra-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	A escala regional el índice presentó un 87,5% (7 especies) de los carnívoros nativos descritos para los cordones montañosos. La única especie que no fue registrada es la güiña (<i>Leopardus guigna</i>), lo cual puede deberse a un sesgo en el diseño del muestreo hacia altitudes mayores a los 2.000 m.s.n.m, siendo que la distribución de dicha especie está asociada a alturas inferiores a ésta, en quebradas con bosques nativos densos (Napolitano et al., 2015). A nivel de sitio, el índice presenta un rango entre el 13% y el 50%.

Análisis de resultados

La Figura 23 da cuenta de la riqueza del ensamble de carnívoros que se puede encontrar en las 10 localidades para las cuales ya se cuenta con las primeras imágenes analizadas. Como se aprecia, las localidades se mueven en un rango del 13% al 50% (4 especies) de presencia de especies de carnívoros nativos, siendo la proporción más frecuente el 25% (2 especies). Solo tres sitios presentaron 50% correspondientes a las localidades de Chacabuco, El Roble y El Garfio.

En cuanto a las especies registradas, la más frecuente fue el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), apareciendo en el 100% de los sitios y el 86% de las cámaras trampa revisadas. El resto de las especies se registró entre el 9% y 45% de los sitios y entre el 2% y 24% de las trampas cámara, a excepción de la güiña que no fue registrada.

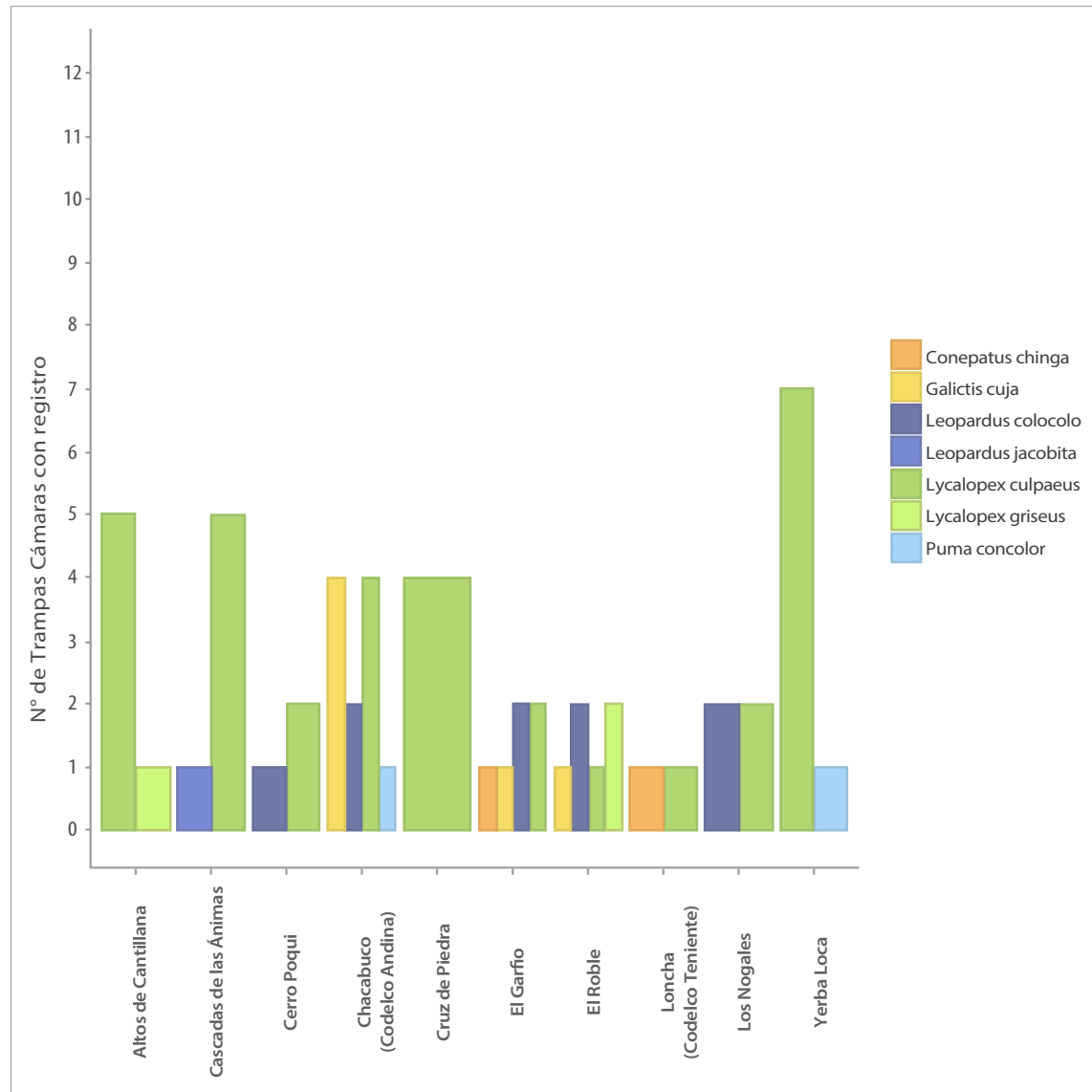


Figura 23. Número de carnívoros nativos presentes en cada localidad.

Al analizar la distribución altitudinal que tienen las distintas especies de carnívoros nativos entre los sitios monitoreados (Figura 24), se identifica al zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) asociado al rango más amplio, desde los 400 m.s.n.m. hasta los 3.000 m.s.n.m. Entre los felinos el puma (*Puma concolor*) se encuentra asociado a rangos altitudinales amplios (1.000 m.s.n.m hasta los 3.000 m.s.n.m.). El quique (*Galictis cuja*) y el gato colocolo (*Leopardus colocolo*) se observaron principalmente en las altitudes intermedias (entre los 1.000 y los

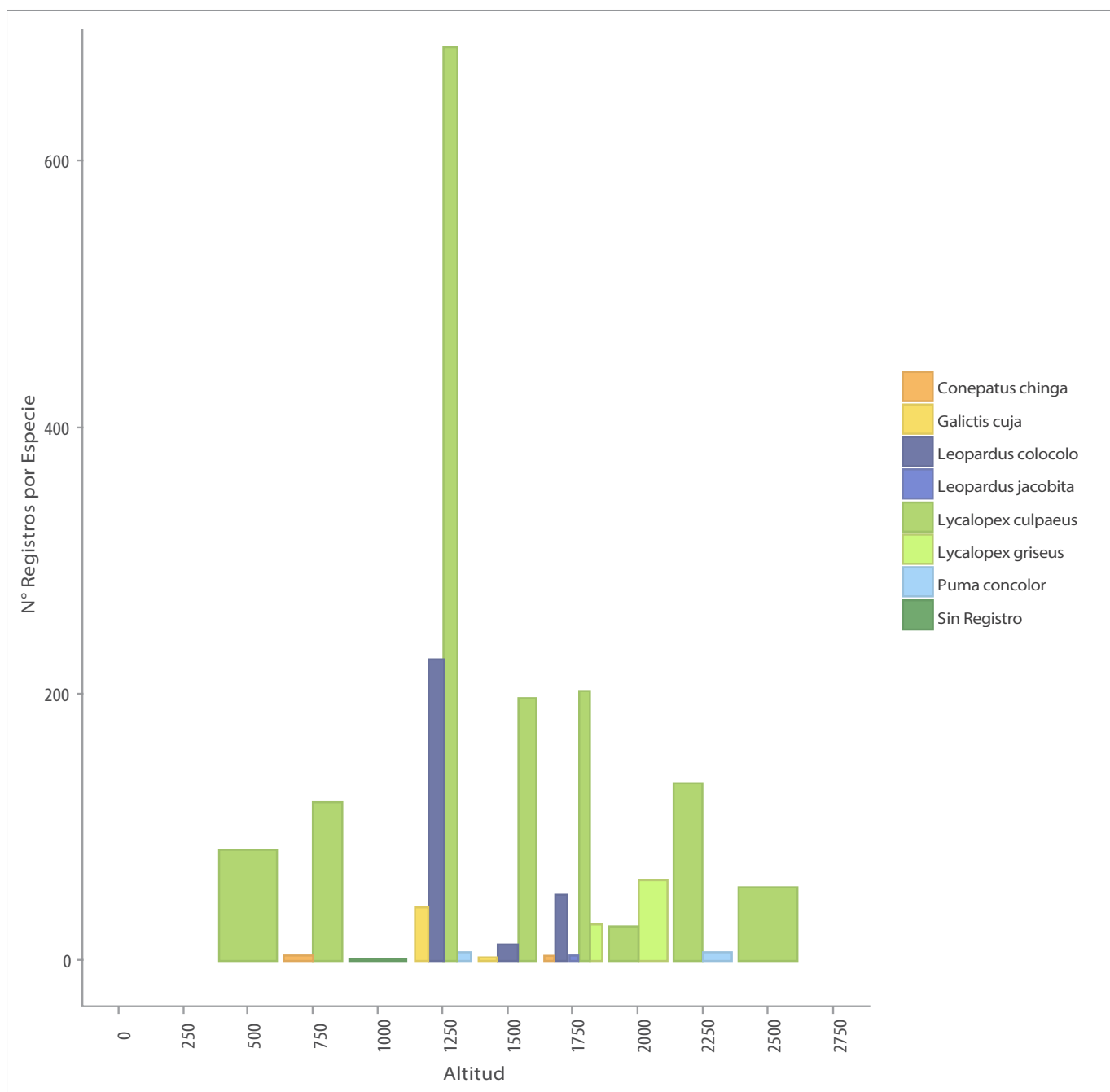


Figura 24.
Distribución altitudinal del número de registros obtenidos por especie de carnívoro nativo.

1.999 m.s.n.m.), en tanto que el chingue (*Conepatus chinga*) se observó en altitudes bajas (400 m.s.n.m. hasta los 1.000 m.s.n.m). A futuro se proyecta hacer un estudio más detallado de los ecosistemas a los cuales se asocia la presencia y número de registros de cada especie, ajustando el diseño muestral para dicho objetivo. Como se puede observar en la Figura 25 de momento hay un sesgo hacia altura intermedias entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m. en el número de trampas cámara instaladas.

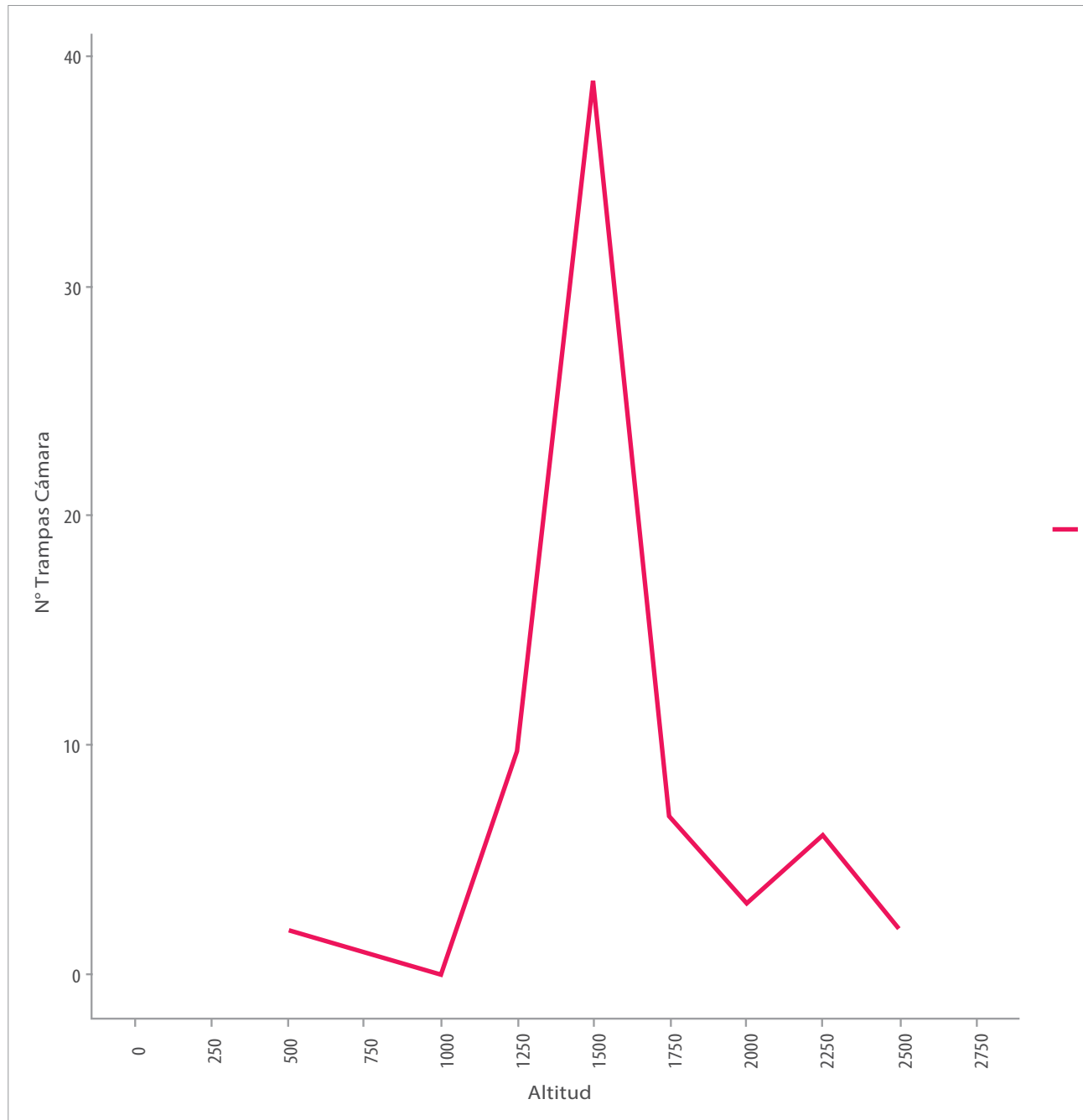


Figura 25. Distribución altitudinal del número de trampas cámara instaladas.

S-1.2. PRESENCIA DE CARNÍVOROS EXÓTICOS TERRESTRES

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar la presencia de carnívoros exóticos terrestres en los cordones montañosos predominantemente naturales de la RMS.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la proporción de sitios de monitoreo, en los que se registran las dos especies de carnívoros exóticos terrestres conocidas para la RMS?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Señala la proporción de trampas cámara con registros de carnívoros exóticos terrestres, respecto del total de trampas cámara revisadas. Las dos especies que se identificaron son el perro doméstico y el gato doméstico. El análisis de datos realizado solo permite determinar la presencia/ausencia de estas dos especies. Ya que la metodología no hace seguimiento de especímenes, no es posible hacer inferencias respecto del estado poblacional de las mismas. A su vez, se cuenta con un número limitado de trampas cámara, de las cuales un 10% aproximadamente ha sido robado. Por tanto, el monitoreo no representa un monitoreo exhaustivo de la presencia de carnívoros exóticos en la RMS.
Indicadores estrechamente vinculados	<p>“2.1.4. Riqueza de especies, relativo al ámbito marino”, puede evaluar su inclusión al ámbito terrestre, y “3.1.1. Variación de la distribución de especies seleccionadas”, Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático.</p> <p>“Variación temporal de la proporción de especies exóticas en la Región”, Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana:</p>
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Presión
Composición/ Estructura/ Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Animalia, Orden Carnivora

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	Los datos son obtenidos a través de registros fotográficos de especímenes, tomados por medio de trampas cámara instaladas en diferentes alturas y localidades. Para mayor detalle revisar Apéndice 1.
Fórmula	$\frac{N^{\circ} \text{ de trampas cámara con registros de especies de carnívoros exóticos}}{N^{\circ} \text{ de trampas cámara revisadas}} \times 100$ <p>donde: <i>N° de trampas cámara revisadas</i> a la fecha= 42 unidades</p>
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	Entre 0 y 100%, siendo deseables valores cercanos al 0%. Mientras más bajo sea el valor del indicador, menor es la presión de carnívoros exóticos, que transmiten enfermedades y compiten con las especies nativas.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Fuente primaria en base a datos de terreno tomados por el equipo del Proyecto GEF Montaña con apoyo de especialistas. Los datos fueron analizados en el marco del estudio "Respuesta del ensamble de carnívoros a efectos antrópicos y medidas de gestión en la Región Metropolitana de Chile", tesis para optar al Grado de Licenciado en Biología de la Universidad Andrés Bello, por parte del estudiante Alejandro Javiel Vergara, y con la dirección de la Jefe Temático de Proyecto Petra Wallem Stein, en 2018.
Disponibilidad de resultados	Prontamente disponible en web http://gefmontana.mma.gob.cl
Escala temporal	Los registros fotográficos son tomados en forma continua y permanente a lo largo de todo el año. Las unidades son revisadas periódicamente cada tres o seis meses, para descargar las fotografías, reponer pilas y atractor olfativo. Los resultados del presente reporte corresponden al análisis de alrededor de 10 meses (marzo a diciembre 2018) 42 trampas cámara ubicadas en 11 localidades.
Escala espacial	Este indicador está abordado a una escala local, de sitio, donde por localidad se describe la riqueza de especies registradas. Se está trabajando en un indicador a escala de paisaje a partir de estos datos para un próximo reporte.
Coordinación inter-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	En un 60% de las localidades donde se instalaron trampas cámara hubo registro de carnívoros exóticos, siendo bastante mayor la presencia de perro doméstico que de gato doméstico.

Análisis de resultados

En el Cuadro 5 se observa que en un 64% de los sitios (7 sitios) hay perro doméstico, en tanto que sólo en el 18% de ellos (2 sitios) se registró gato doméstico. Por otra parte, al analizar el número de trampas cámara en donde fueron registradas estas especies exóticas, solo el 19% presenta perros domésticos y el 5% gatos domésticos. A la fecha no se puede corroborar el estado de asilvestramiento de los individuos registrados, ya que

se encuentran cerca de asentamientos humanos o están asociados al paso de arrieros.

Como se puede apreciar en la Figura 26, las trampas cámara ubicadas en Los Nogales y Altos de Cantillana, las únicas donde se registraron tanto perros como gatos, se encontraban cercanas a casas/condominios; mientras que el resto de las trampas, donde solo se encontró perros, se encontraban relativamente alejadas de asentamientos humanos, no obstante, cercanas a pasos y senderos de arriero o infraestructuras de faenas mineras.

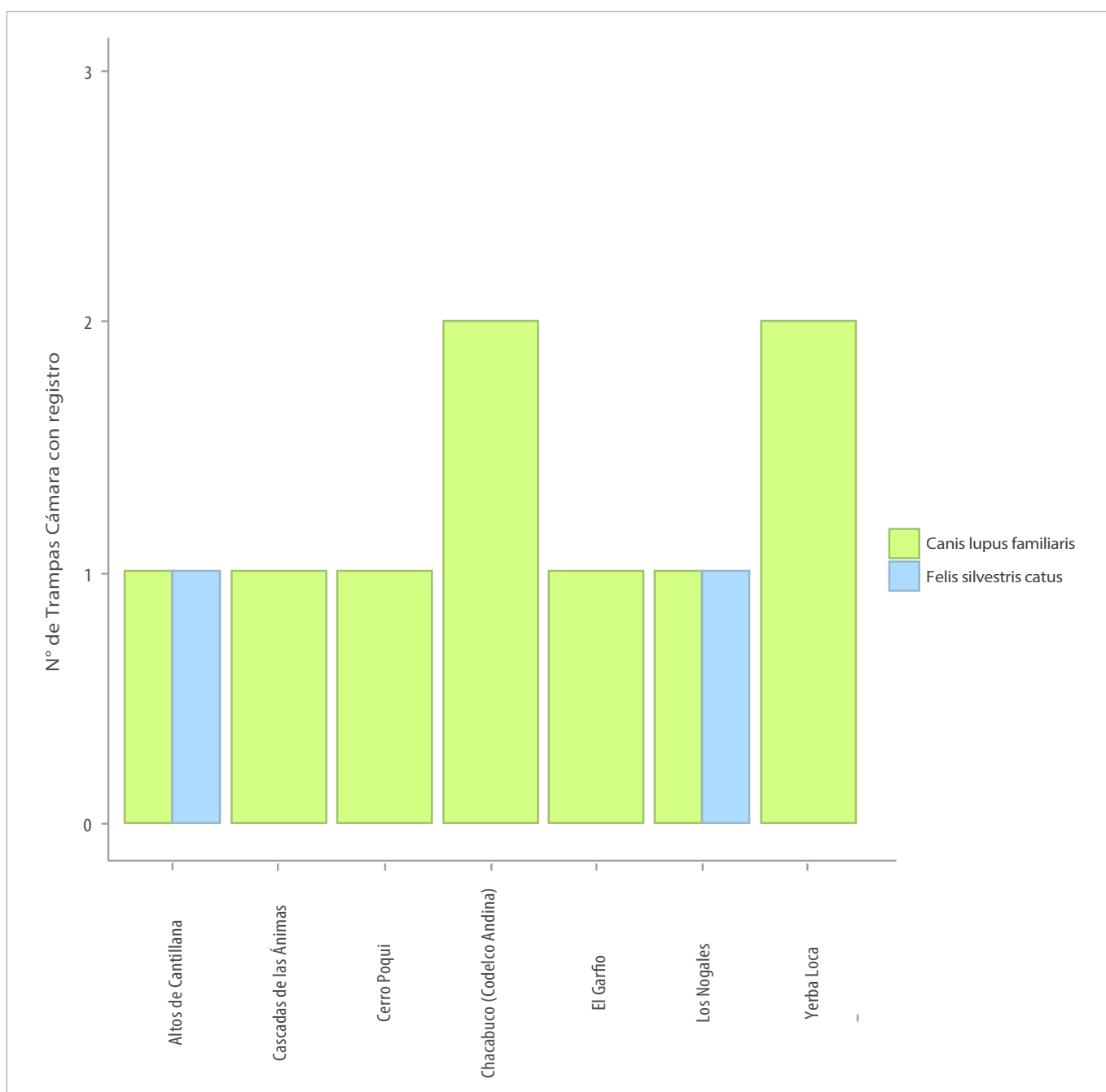


Figura 26. Número de trampas cámara con registro de carnívoros exóticos por localidad.

En relación con potenciales interacciones entre los carnívoros exóticos y nativos, de las ocho especies nativas descritas para el área, cuatro aparecen en trampas cámara con registros de perros o gatos (Cuadro 5). El zorro culpeo sería la especie con mayor potencial de interacción con carnívoros exóticos, seguido del gato colocolo.

Cuadro 5. Presencia de carnívoros nativos y exóticos en trampas cámara en los sitios muestreados.

Especie	Altos de Cantillana		Los Nogales	Cascada de las Ánimas	Chacabuco		Cerro Poqui	El Garfio	Yerba Loca	N° trampas cámara	% trampas cámara	N° Sitios	% Sitios
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9				
<i>Canis lupus familiaris</i> (perro doméstico)		X	X	X	X	X	X	X	X	8	19%	7	64%
<i>Felis silvestris catus</i> (gato doméstico)	X		X							2	5%	2	18%
<i>Galictis cuja</i> (quique)					X					1	2%	1	9%
<i>Leopardus colocolo</i> (gato colocolo)			X		X		X	X		4	10%	4	36%
<i>Lycalopex culpaeus</i> (zorro culpeo)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9	21%	7	64%
<i>Puma concolor</i> (puma)					X					1	2%	1	9%
N° Especies exóticas	1	1	2	1	1	1	1	1	1				
% Especies exóticas	50%	50%	100%	50%	50%	50%	50%	50%	50%				
N° Especies nativas	1	1	2	1	4	1	2	2	1				
% Especies nativas	13%	13%	25%	13%	50%	13%	25%	25%	13%				

S-2.1. FRECUENCIA ESPECIES VEGETALES

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar la frecuencia de las especies vegetales dentro de las parcelas de muestreo, establecidas en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal Cantillana y El Roble.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuáles son las especies más frecuentes, y cuáles las menos frecuentes, en los distintos gradientes altitudinales de los sitios de monitoreo?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Permite monitorear la frecuencia relativa de las especies vegetales a través del estudio de la presencia/ausencia de estas en las distintas parcelas, y se asocia con la similitud/disimilitud de especies entre las distintas comunidades vegetales. Es un indicador relativo a la abundancia de las especies identificadas a escala de sitio, y por tanto no permite hacer inferencias a escala de ecosistemas o paisaje.
Indicadores estrechamente vinculados	<p>“2.1.2. Cambio en la abundancia especies vegetales” y “2.2.9. Cambio en la abundancia especies dominantes”, que por el momento solo corresponden al ámbito marino y puede considerarse ampliarlos al ámbito terrestre, “Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático”</p> <p>“7. Indicador de especies representativas”, en “Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático: Sistemas Terrestres”</p>
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Especie, comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/ variables que lo componen	Los datos son tomados en terreno dentro los cuadrantes o parcelas de monitoreo, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Para mayor detalle ver Apéndice 1.
Fórmula	$\text{Frecuencia de una especie} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas en que está presente la especie} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de parcelas totales}}$
Unidad y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	La frecuencia está representada entre 0% y el 100% para cada especie, donde valores cercanos al 100% indican que la especie es frecuente y representativa del sitio o cota altitudinal. Debido a que las parcelas fueron ubicadas a lo largo de un gradiente altitudinal, es posible que las especies predominantes varíen de una parcela a otra. Es esperable que un número bajo de especies presente un porcentaje alto de frecuencia, en tanto que un número alto de especies presente frecuencias bajas. En los casos donde hay pocas especies y estas presentan una alta frecuencia, las comunidades vegetacionales estarían sufriendo la homogenización de su composición.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por equipo del Proyecto GEF Montaña.
Disponibilidad de resultados	https://doi.org/10.15468/kumcg8 y en https://gefmontana.mma.gob.cl/categoria/estudios/page/2/
Escala temporal	El monitoreo se realiza en forma periódica y permanente. En el sitio de monitoreo Cantillana se realizan las campañas cada dos años, mientras que para el sitio de monitoreo El Roble se realizan todos los años. En ambos casos las campañas se realizan durante la primavera cuando ocurre la principal floración de las especies.
Escala espacial	Escala de sitio, parcelas de 15x15 metros
Coordinación inter-intrainstitucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	<p>En el sitio de monitoreo Cantillana, la especie con mayor frecuencia correspondió a <i>Chusquea cumingii</i> (quila) con un 56% (presente en 5 de 9 parcelas).</p> <p>Para el sitio de monitoreo El Roble, la especie con mayor frecuencia correspondió a <i>Alstroemeria</i> sp, con una frecuencia máxima de 55% (6 de 10 parcelas).</p>

Análisis de los resultados

La Figura 27 muestra que, para el sitio de monitoreo Cantillana y El Roble, la frecuencia de las especies se presenta en categorías desde 9% (presente en 1 de 10 parcelas) a 66% (presente en 6 de 9 parcelas). Como es esperable, la gran mayoría de las especies presenta una frecuencia baja, del 11%. Solo el 20% de las especies presenta una frecuencia mayor al 30%.

Para el sitio Cantillana las especies con frecuencia del 44% fueron *Acaena splendens* (cadillo), *Adiantum sulphureum* (helecho), *Baccharis neaei* (romerillo del monte), *Colliguaja odorifera* (colliguay), *Eupatorium glechonophyllum* (barba de viejo), *Galium suffruticosum* (lengua de gato), *Gnaphalium* sp., y *Lithraea caustica* (litre), mientras que la especie con frecuencia del 56% fue *Chusquea cumingii* (quila). Considerando que la quila es

una especie de sucesión temprana y abundante post-incendios, su frecuencia dominante entre las estaciones de muestreo debe tenerse presente con fin de monitorear las perturbaciones que estaría sufriendo el sitio.

Para el sitio de monitoreo El Roble en cambio la mayoría de las especies presenta una frecuencia del 9%, y solo el 13% de las especies presenta una frecuencia mayor al 30%. Las especies con mayor frecuencia son *Azara petiolaris* (corcolén), *Ephedra chilensis* (pingo-pingo), *Gochnatia foliolosa* (mira-mira), *Nassella chilensis* (coironcillo), *Nothofagus macrocarpa* (roble) y *Schinus montanus* (litrecillo), todas las anteriores con un 45% de presencia entre las parcelas; mientras que la especie con mayor frecuencia fue *Alstroemeria* sp, con un 55% de presencia entre las parcelas.

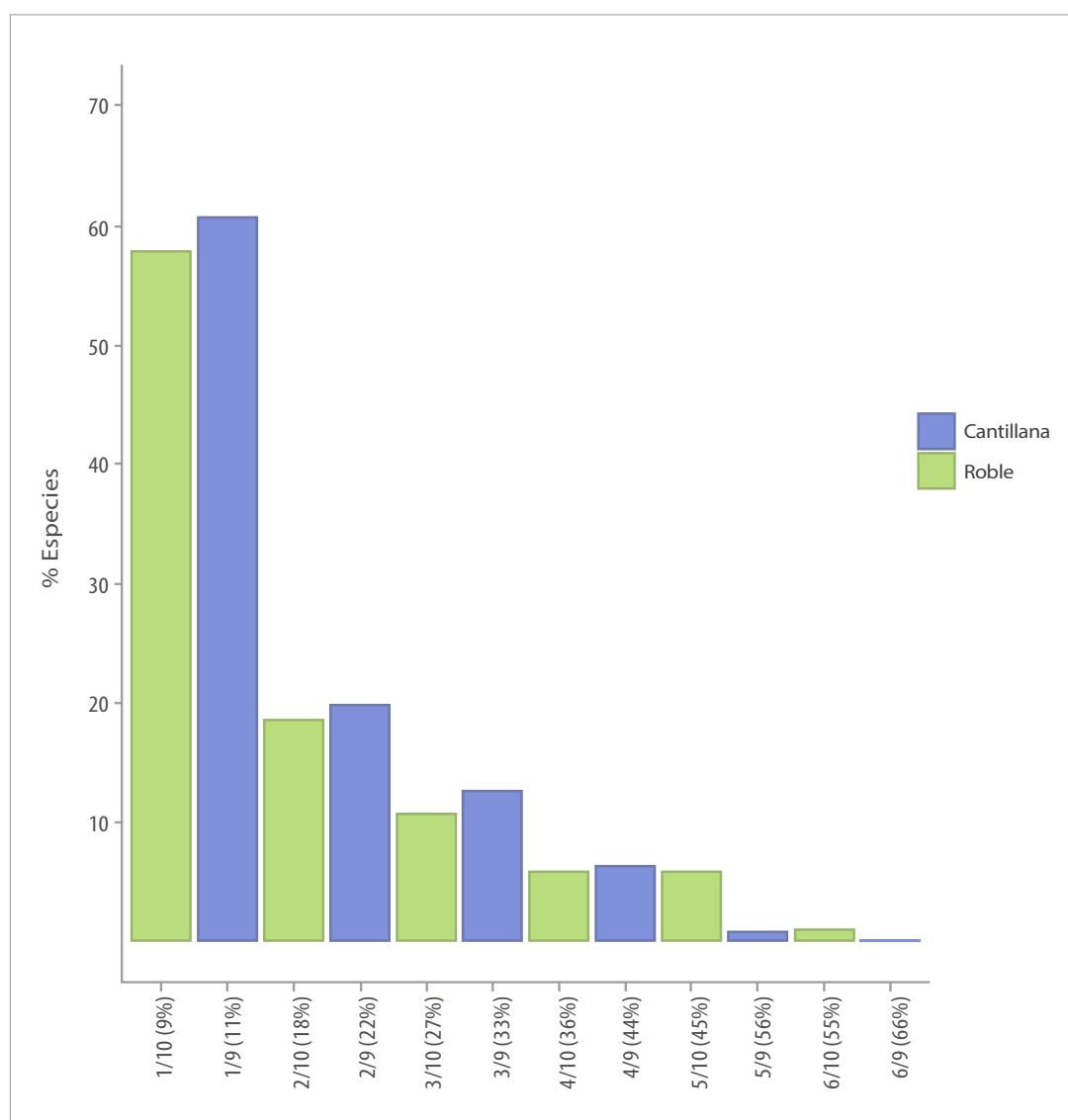


Figura 27. Frecuencia de especies en parcelas de muestreo en los sitios de monitoreo de Cantillana y El Roble.

S-2.2. COBERTURA DE ESPECIES VEGETALES

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar porcentualmente la superficie cubierta por cada una de las especies vegetales dentro de las parcelas de muestreo establecidas en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuáles son las coberturas de las especies presentes en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal?
Alcance y/o limitaciones del indicador	El indicador mide la superficie cubierta por las especies vegetales identificadas dentro de cada parcela de muestreo, dando una idea del grado de dominancia de cada especie a escala local. El muestreo corresponde a un diseño representativo – estratificado, por lo que solo representa una muestra de las especies que podrían estar presentes en las comunidades vegetales de los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble.
Indicadores estrechamente vinculados	<p>“2.1.2. Cambio en la abundancia especies vegetales” y “2.2.9. Cambio en la abundancia especies dominantes”, que por el momento solo corresponde al ámbito marino pero se puede evaluar su inclusión al ámbito terrestre, en “Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático”.</p> <p>“5. Índice de abundancia relativa (media geométrica)”, en “Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático: Sistemas Terrestres”.</p>
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/ Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Especie, comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/VARIABLES que lo componen	Los datos son tomados en terreno dentro los cuadrantes o parcelas de monitoreo, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Para mayor detalle ver Apéndice 1.
Fórmula	Cobertura = Escala Braun - Blanquet
Unidades y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	Señala el porcentaje de cobertura (entre 0% y 100%) para cada especie, de acuerdo a la escala Braun-Blanquet, dando una idea de la abundancia y dominancia de las especies presentes dentro de cada parcela permanente muestreadas. En función de las características de las especies dominantes o escasas, el indicador da cuenta del tipo de comunidad vegetal que se encuentra en la parcela, ya sea de sucesión primaria o ruderal, o de sucesión secundaria.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por equipo del Proyecto GEF Montaña.
Disponibilidad de resultados	https://doi.org/10.15468/kumcg8 y en https://gefmontana.mma.gob.cl/categoria/estudios/page/2/
Escala temporal	El monitoreo se realiza en forma periódica y permanente. En el sitio de monitoreo Cantillana se realizan las campañas cada dos años, mientras que para el sitio de monitoreo El Roble se realizan todos los años. En ambos casos las campañas se realizan durante la primavera cuando ocurre la principal floración de las especies.
Escala espacial	Escala de sitio, parcelas de 15x15 metros.
Coordinación inter e intra-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	Para el sitio de monitoreo Cantillana, la máxima cobertura observada fue para <i>Nothofagus macrocarpa</i> (roble), correspondiendo al rango 51-75%. Para el sitio de monitoreo El Roble, la máxima cobertura observada fue para las especies <i>Luma chequen</i> (chequén) y <i>Nothofagus macrocarpa</i> (roble), que estuvieron en el rango 76 a 100%.

Análisis de los resultados

Como se aprecia en el Cuadro 6, las parcelas a lo largo de todos los niveles altitudinales del sitio de monitoreo Cantillana presentan un alto porcentaje de especies con coberturas menores al 5% (es decir categorías Braun-Blanquet “r”, “+”, “1” y “2m”). La parcela de Bosque caducifolio de Roble presenta el menor porcentaje de especies con baja cobertura (63,2%), y la mayor proporción de especies con mayor cobertura (36,9%) y, además, es la parcela que presentó la especie con máxima cobertura (51-75%, correspondiendo a *Nothofagus macrocarpa*). El Matorral de media altura presenta mayor cantidad de especies con baja cobertura (89,7%).

En el Cuadro 7 se puede ver para el sitio de monitoreo El Roble, que también la parcela de bosque caducifolio de roble, que se ubica en el gradiente medio, presenta la menor proporción (50%) de especies con coberturas menores al 5%, y la mayor proporción (50%) de coberturas mayores al 5%. El ecotono “Bosque caducifolio de roble - Matorral de altura de neneo” es la parcela donde se presenta mayor proporción de especies con baja cobertura (93,1%). La máxima cobertura registrada fue mayor al 76%, y se observó en tres parcelas, correspondiendo a las especies *Luma chequen* (chequén) y *Nothofagus macrocarpa* (roble).

Cuadro 6. Cobertura de las especies en las parcelas de muestreo en el sitio de monitoreo Cantillana.

Campaña	Gradiente	Parcela de muestreo	Porcentaje de especies por cobertura Bran-Blanquet								
			r	+	1	2m	2a	2b	3	4	5
2017	Baja	Bosque esclerófilo	43,8%	6,3%	6,3%	12,5%	12,5%	6,3%	12,5%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral espinoso	4,5%	27,3%	31,8%	9,1%	18,2%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%
2017	Media	Matorral espinoso	23,5%	11,8%	29,4%	0,0%	29,4%	0,0%	5,9%	0,0%	0,0%
2017	Media	Bosque esclerófilo	12,5%	40,6%	25,0%	6,3%	6,3%	3,1%	6,3%	0,0%	0,0%
2017	Media	Matorral de media altura	34,5%	17,2%	34,5%	3,4%	10,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2018	Alta	Matorral Frangel-Corcolén	3,2%	16,1%	35,5%	25,8%	12,9%	6,5%	0,0%	0,0%	0,0%
2018	Alta	Bosque caducifolio de Roble	10,5%	21,1%	15,8%	15,8%	26,3%	5,3%	0,0%	5,3%	0,0%
2017	Alta	Matorral subandino	16,7%	33,3%	20,8%	0,0%	12,5%	0,0%	16,7%	0,0%	0,0%
2017	Alta	Matorral andino	11,8%	47,1%	17,6%	0,0%	0,0%	0,0%	23,5%	0,0%	0,0%
2017	Alta	Matorral andino	11,8%	47,1%	17,6%	0,0%	0,0%	0,0%	23,5%	0,0%	0,0%

Cuadro 7. Cobertura de las especies en las parcelas de muestreo en el sitio de monitoreo El Roble.

Campaña	Gradiente	Parcela de muestreo	Porcentaje de especies por cobertura Bran-Blanquet								
			r	+	1	2m	2a	2b	3	4	5
2017	Baja	Bosque laurifolio Canelo-Chequén	25,0%	0,0%	37,5%	0,0%	12,5%	0,0%	0,0%	12,5%	12,5%
2017	Baja	Bosque esclerófilo Quillay-Litre	31,3%	12,5%	12,5%	6,3%	12,5%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral espinoso de Chagualillo	24,0%	16,0%	24,0%	0,0%	28,0%	0,0%	8,0%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral esclerófilo de Romerillo	8,0%	28,0%	48,0%	0,0%	0,0%	4,0%	8,0%	4,0%	0,0%
2018	Media	Matorral espinoso de Chagualillo	4,2%	16,7%	41,7%	16,7%	16,7%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%
2018	Media	Matorral espinoso de Chagualillo	11,5%	19,2%	30,8%	19,2%	15,4%	0,0%	0,0%	3,8%	0,0%
2018	Media	Bosque caducifolio de Roble	16,7%	8,3%	25,0%	0,0%	16,7%	8,3%	0,0%	16,7%	8,3%
2017	Alta	Bosque caducifolio de Roble	25,0%	16,7%	41,7%	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%
2018	Alta	Matorral esclerófilo de Romerillo	15,4%	30,8%	7,7%	30,8%	0,0%	0,0%	15,4%	0,0%	0,0%
2018	Alta	Ecotono Bosque caducifolio de Roble - Matorral de altura de Neneo	10,3%	41,4%	27,6%	13,8%	3,4%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%

S-2.3. DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar la diversidad de especies vegetales presentes en las parcelas de muestreo establecidas en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal Cantillana y El Roble.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la diversidad de especies en los sitios de monitoreo, y cómo varía entre las parcelas vegetacionales, a lo largo del gradiente altitudinal?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Caracteriza la diversidad de especies vegetales de las parcelas monitoreadas, calculando la probabilidad de que dos especímenes, dentro de un hábitat, pertenezcan a la misma especie. Permite conocer la riqueza y abundancia relativa en las parcelas de muestreo de los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Es un índice de diversidad α , es decir a escala de comunidades vegetacionales, y no permite hacer inferencias a escala de ecosistema o paisaje.
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura/Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies ecosistemas, paisajes)	Especie, comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/Variables que lo componen	Los datos son tomados en terreno dentro los cuadrantes o parcelas de monitoreo, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble, a partir de los cuales se calcula la Riqueza y el Índice de Simpson. Para mayor detalle ver Apéndice 1.
Fórmula	Índice de Simpson (λ) = $\sum p_i^2$, Riqueza = S especies

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Unidades y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	Índice de Simpson (λ) = presenta valores entre 0 y 1, siendo deseable valores cercanos a 0, ya que dan cuenta de una menor dominancia y mayor heterogeneidad en la distribución de especies. Índice complementario -> Riqueza, cuyos valores van entre 0 a ∞
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por el Equipo del Proyecto GEF Montaña.
Disponibilidad de resultados	https://doi.org/10.15468/kumcg8 y en https://gefmontana.mma.gob.cl/categoria/estudios/page/2/
Escala temporal	El monitoreo se realiza en forma periódica y permanente. En el sitio de monitoreo Cantillana se realizan las campañas cada dos años, mientras que para el sitio de monitoreo El Roble se realizan todos los años. En ambos casos las campañas se realizan durante la primavera cuando ocurre la principal floración de las especies vegetales.
Escala espacial	Escala de sitio, parcelas de 15x15 metros
Coordinación inter e intra-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	<p>Para el sitio de monitoreo Cantillana, la diversidad medida por el índice de Simpson promedia 0,06, siendo el valor mínimo observado de 0,036 y el valor máximo de 0,094. Los valores señalan que las estaciones de muestreo son más bien heterogéneas.</p> <p>Para el sitio de monitoreo El Roble, la diversidad medida por el índice de Simpson promedia 0,08, siendo el valor mínimo presentado de 0,041 y el valor máximo de 0,183. Los valores señalan que las estaciones de muestreo son más bien heterogéneas.</p>

Análisis de los resultados

La Figura 28 muestra los valores del índice de Simpson (λ) obtenidos para cada parcela de muestreo para los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Para el sitio de monitoreo Cantillana se observa que los valores varían entre los 0,036 (Matorral frangel-corcolén) y los 0,094 (Bosque esclerófilo de gradiente bajo). Todos los valores del índice resultaron inferiores a 0,1 lo que da cuenta de la baja dominancia entre las especies registradas en las parcelas, es decir, da cuenta de una alta heterogeneidad florística.

Para el sitio de monitoreo El Roble se observa que los valores varían entre 0,041 para la parcela de Matorral subandino y los 0,183 para la parcela de Bosque laurifolio Canelo-Chequén. Los valores inferiores a 0,5 sugieren que no existen especies dominantes, y por tanto las parcelas serían heterogéneas.

En el Cuadro 8 y Cuadro 9 se puede además ver la riqueza de especies registradas para cada parcela, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble, respectivamente. La riqueza total para el sitio de monitoreo Cantillana alcanza a la fecha 127 especies y para el sitio de monitoreo El Roble 112 especies.

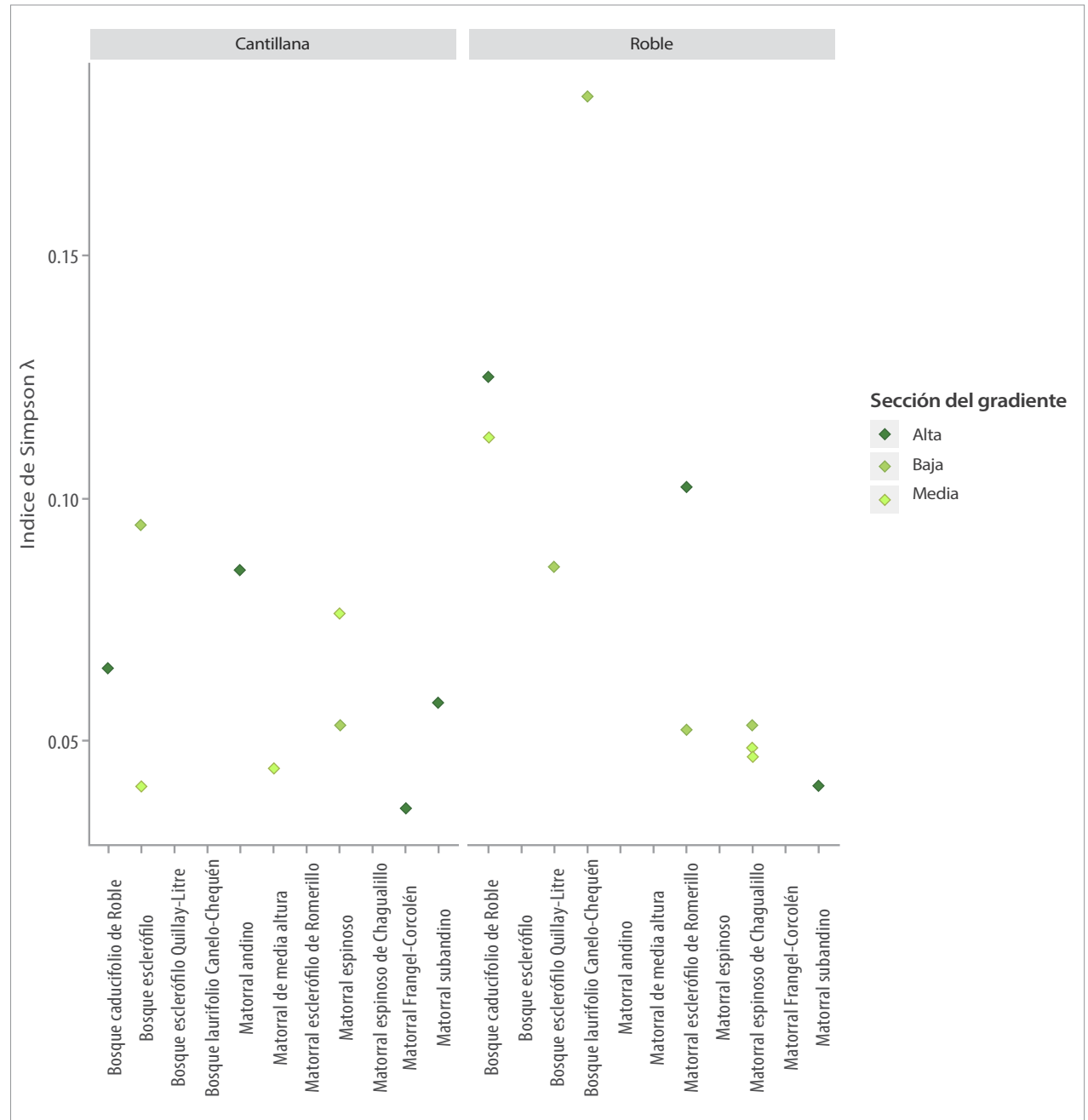


Figura 28. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo Cantillana y El Roble.

Cuadro 8. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas del sitio de monitoreo Cantillana.

Campaña	Gradiente	Parcela de muestreo	Índice de Simpson (λ)	Riqueza
2017	Baja	Bosque esclerófilo	0,094	16
2017	Baja	Matorral espinoso	0,053	23
2017	Media	Matorral espinoso	0,076	18
2017	Media	Bosque esclerófilo	0,041	33
2017	Media	Matorral de media altura	0,044	31
2018	Alta	Matorral Frangel-Corcolén	0,036	31
2018	Alta	Bosque caducifolio de Roble	0,065	19
2017	Alta	Matorral subandino	0,058	24
2017	Alta	Matorral andino	0,085	17

Cuadro 9. Índices de Simpson obtenidos en las parcelas del sitio de monitoreo El Roble.

Campaña	Gradiente	Parcela de muestreo	Índice de Simpson (λ)	Riqueza
2017	Baja	Bosque laurifolio Canelo-Chequén	0,183	8
2017	Baja	Bosque esclerófilo Quillay-Litre	0,086	16
2017	Baja	Matorral espinoso de Chagualillo	0,053	25
2017	Baja	Matorral esclerófilo de Romerillo	0,053	25
2018	Media	Matorral espinoso de Chagualillo	0,049	24
2018	Media	Matorral espinoso de Chagualillo	0,047	26
2018	Media	Bosque caducifolio de Roble	0,112	12
2017	Alta	Bosque caducifolio de Roble	0,125	12
2018	Alta	Matorral esclerófilo de Romerillo	0,102	13
2018	Alta	Ecotono Bosque caducifolio de Roble - Matorral de altura de Neneo	0,041	29

S-2.4. PORCENTAJE DE ESPECIES VEGETALES NATIVAS Y ENDÉMICAS

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar la proporción de especies, exóticas, nativas y dentro de éstas, las endémicas de la zona mediterránea, en relación a todas las especies vegetales presentes en las parcelas de muestreo establecidas en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es el porcentaje de especies exóticas, nativas y endémicas la zona mediterránea de Chile presentes en los sitios de monitoreo en gradiente altitudinal?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Mide la proporción de especies vegetales registradas en las parcelas de muestreo, diferenciándolas por su origen (exótica, nativa y endémica). Al considerar las especies vegetales encontradas en las parcelas de muestreo, solo representa una muestra de las especies que podrían estar presentes en las comunidades vegetacionales de los sitios de monitoreo El Roble y Cantillana, y por tanto no permite hacer inferencias respecto de patrones a escala de ecosistemas o paisaje.
Indicadores estrechamente vinculados	"2.1.6. Variación de especies endémicas" y "3.1.1. Cambio en el estado de la vegetación por especies invasoras o plagas forestales" en "Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático".
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura / Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies, ecosistemas, paisajes)	Especie, comunidad.
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/Variables que lo componen	Los datos son tomados en terreno dentro los cuadrantes o parcelas de monitoreo, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Para mayor detalle ver Apéndice 1.
Fórmula	$\% \text{ especies según origen} = \frac{N^{\circ} \text{ de especies según origen} \times 100}{N^{\circ} \text{ total de especies}}$
Unidades y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	El indicador representa una proporción de 0% a 100%. Permite caracterizar el grado de endemismo y natividad chilena, de las especies registradas en las parcelas permanentes, lo que se asocia a las condiciones en que se encuentran las comunidades vegetacionales y a su grado de intervención antrópica. Son deseables valores por sobre el 50% y cercanos al 100%, ya que una alta proporción de especies nativas da cuenta de condiciones de mayor naturalidad. Además, una alta proporción del subconjunto de especies nativas - endémicas, da cuenta de una alta singularidad del hábitat, y es expresión de una biodiversidad de alto valor.

Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por equipo del Proyecto GEF Montaña
Disponibilidad de resultados	https://doi.org/10.15468/kumcg8 y en https://gefmontana.mma.gob.cl/categoria/estudios/page/2/
Escala temporal	El monitoreo se realiza en forma periódica y permanente. En el sitio de monitoreo Cantillana se realizan las campañas cada dos años, mientras que para el sitio de monitoreo El Roble se realizan todos los años. En ambos casos las campañas se realizan durante la primavera cuando ocurre la principal floración de las especies vegetales.
Escala espacial	Escala de sitio, parcelas de 15x15 metros
Coordinación inter e intra-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	Para el sitio de monitoreo Cantillana, un 40% de las especies son endémicas y 45% son nativas, por tanto el indicador alcanzaría el 85%. Solo un 5% de las especies son introducidas, en tanto que no se pudo identificar el origen de un 13% debido a que se identificó solo hasta nivel de género. Para el sitio de monitoreo El Roble, un 37% de las especies son endémicas y 50% son nativas, por tanto el indicador alcanzaría el 87%. No se han identificado especies introducidas, en tanto que no se pudo identificar el origen de un 13% debido a que se identificó taxonómicamente solo hasta nivel de género.

Análisis de los resultados

Los resultados del Cuadro 10 muestran que el total de las especies nativas (nativas endémicas y nativas no endémicas) del sitio de monitoreo Cantillana conformaron la mayor proporción de las especies presentes en las parcelas de muestreo, correspondiendo el valor mínimo observado al 75, en la parcela alta de Matorral subandino. La mayor proporción de especies endémicas fue registrada en el Bosque esclerófilo bajo (68%). Por otro lado, siete de las nueve parcelas de muestreo presentaron especies introducidas (I), siendo el Matorral de media altura el que presentó mayor porcentaje (12,9%).

El Cuadro 11 muestra que el total de especies nativas (nativas endémicas y nativas no endémicas) registradas en las parcelas del sitio de monitoreo El Roble, conformaron la mayoría, siendo el mínimo observado de 66,7% en la parcela de Bosque caducifolio de roble. Destaca de este sitio de monitoreo, la total ausencia, de

especies introducidas (en base a los datos analizados para el presente reporte). No obstante, hay un porcentaje de especies para las cuales solo se pudo hacer la identificación taxonómica a nivel de género, y por tanto no se pudo asignar su condición de nativa o introducida, por lo que este resultado puede modificarse en futuras versiones de este reporte.

Cuadro 10. Origen de las especies vegetales presentes en las parcelas del sitio de monitoreo Cantillana.

Campaña	Gradiente	Estación de muestreo	Endémica	Nativa no Endémicas	Introducida	* S.D.
2017	Baja	Bosque esclerófilo	68,8%	31,3%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral espinoso	43,5%	39,1%	8,7%	8,7%
2017	Media	Matorral espinoso	44,4%	44,4%	5,6%	5,6%
2017	Media	Bosque esclerófilo	39,4%	42,4%	6,1%	9,1%
2017	Media	Matorral de media altura	51,6%	32,3%	12,9%	3,2%
2018	Alta	Matorral frangel-corcolén	35,5%	54,8%	3,2%	6,5%
2018	Alta	Bosque caducifolio de roble	36,8%	52,6%	5,3%	5,3%
2017	Alta	Matorral subandino	25,0%	50,0%	4,2%	20,8%
2017	Alta	Matorral andino	17,6%	64,7%	0,0%	17,6%

Cuadro 11. Origen de las especies vegetales presentes en las parcelas del sitio de monitoreo El Roble.

Campaña	Gradiente	Estación de muestreo	Endémica	Nativa	Introducida	* S.D.
2017	Baja	Bosque laurifolio canelo-chequén	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Bosque esclerófilo quillay-litre	56,3%	43,8%	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral espinoso de chagualillo	44,0%	40,0%	0,0%	16,0%
2017	Baja	Matorral esclerófilo de romerillo	32,0%	52,0%	0,0%	16,0%
2018	Media	Matorral espinoso de chagualillo	37,5%	45,8%	0,0%	16,7%
2018	Media	Matorral espinoso de chagualillo	38,5%	57,7%	0,0%	3,8%
2018	Media	Bosque caducifolio de roble	50,0%	16,7%	0,0%	33,3%
2017	Alta	Bosque caducifolio de roble	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%
2018	Alta	Matorral esclerófilo de romerillo	30,8%	53,8%	0,0%	15,4%
2018	Alta	Ecotono Bosque caducifolio de roble - Matorral de altura de neneo	20,7%	62,1%	0,0%	17,2%

* S.D.= Sin dato. Identificada solo a nivel de género.

S-2.5. PORCENTAJE DE ESPECIES VEGETALES AMENAZADAS

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	
Objetivo	Determinar la proporción de especies vegetales clasificadas, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del MMA, en las categorías de conservación CR= En Peligro Crítico, EN=En Peligro, VU=Vulnerable, en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Estas tres categorías fueron consideradas representativas del grado de amenaza de una especie, según lo propuesto en la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030.
Pregunta de investigación a la que responde	¿Cuál es la proporción de especies vegetales en categorías de amenaza en los sitios de monitoreo de gradiente altitudinal?
Alcance y/o limitaciones del indicador	Permite conocer la cantidad de especies vegetales en categoría de amenaza registradas en las parcelas permanentes muestreadas, dando una idea de la relevancia de estas comunidades vegetacionales como refugio de estas especies. Se debe considerar que las especies vegetales encontradas en las parcelas de muestreo, solo representan una muestra de las especies que podrían estar presentes en las comunidades vegetacionales de los sitios de monitoreo. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que existen especies presentes, que probablemente nunca han sido clasificadas.
Indicadores estrechamente vinculados	"2.2.6. Variación de la abundancia de especies vulnerables", que por el momento solo corresponde al ámbito, pero se puede evaluar su inclusión al ámbito terrestre, en "Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático:" "Variación temporal de la proporción de especies amenazadas en la Región", en "Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana":
Fase de monitoreo (Presión - Estado - Respuesta)	Estado
Composición/ Estructura /Función	Composición
Ámbito o sistema (terrestre, acuático)	Terrestre
Nivel jerárquico (genes, especies ecosistemas, paisajes)	Especie, comunidad
Grupo taxonómico que estudia	Plantas vasculares

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	
Obtención de datos/VARIABLES que lo componen	Datos obtenidos desde la nómina del RCE hasta el proceso N°14, a partir de especies vegetales registradas en terreno en parcelas de muestreo en los sitios de monitoreo Cantillana y El Roble. Para mayor detalle ver Apéndice 1.
Fórmula	$\% \text{ especies vegetales en categoría de amenaza} = \frac{\sum \text{ del N}^\circ \text{ de especies en categoría de amenaza} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de especies totales}}$
Unidades y rango de valores del indicador (interpretación y valores deseables)	El indicador caracteriza el porcentaje (de 0% a 100%) del total de especies en alguna categoría de amenaza, según lo indicado en la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030, respecto al total de las especies contabilizadas en cada parcela de muestreo. Da una idea de la potencial importancia del hábitat como refugio para estas especies, mientras más especies clasificadas dentro de las categorías de amenaza señaladas, más importante es la protección del sitio y su comunidad acompañante.
Responsable del cálculo (fuente del indicador)	Elaborado por equipo del Proyecto GEF Montaña
Disponibilidad de resultados	https://doi.org/10.15468/kumcg8
Escala temporal	El monitoreo se realiza en forma periódica y permanente. En el sitio de monitoreo Cantillana se realizan las campañas cada dos años, mientras que para el sitio de monitoreo El Roble se realizan todos los años. En ambos casos las campañas se realizan durante la primavera cuando ocurre la principal floración de las especies vegetales.
Escala espacial	Escala de sitio, parcelas de 15x15 metros
Coordinación inter e intra-institucional	-
Propiedad de los datos (Entidad propietaria de los datos; Contacto; Correo electrónico)	Proyecto GEF Montaña, del Ministerio del Medio Ambiente
RESULTADOS	Ambos sitios de monitoreo de gradiente altitudinal albergan especies en categorías de amenaza, lo cual da cuenta de su valor como refugio para estas especies. Los ambientes que mayor relevancia muestran en este sentido, son el matorral andino y subandino, para el sitio de monitoreo Cantillana; y el bosque laurifolio luma-chequen y bosque caducifolio de roble, para el sitio de monitoreo El Roble.

Análisis de los resultados

De acuerdo al Cuadro 12, cuatro parcelas de muestreo del sitio de monitoreo Cantillana poseen especies que han sido clasificadas en alguna categoría de amenaza. Las categorías registradas corresponden a “Vulnerable”, en el Bosque esclerófilo en parcelas de altitud baja y en Matorral frangel-corcolén en parcelas de altitud alta; y “En Peligro”, en Matorral subandino y andino en parcelas de altitud alta.

Para el caso del sitio de monitoreo El Roble, el Cuadro 13 muestra que dos de las 10 parcelas de muestreo poseen especies que han sido clasificadas en alguna categoría de amenaza. Las categorías registradas corresponden a “Vulnerable”, en el Bosque caducifolio de roble de altitud alta; y “En Peligro”, en el Bosque laurifolio canelo-chequen de altitud baja y en Bosque caducifolio de roble de altitud alta.

Cuadro 12. Porcentaje de especies vegetales amenazadas presentes en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo Cantillana

Campaña	Gradiente	Parcelas de muestreo	EN	VU
2017	Baja	Bosque esclerófilo	0,0%	6,3%
2017	Baja	Matorral espinoso	0,0%	0,0%
2017	Media	Matorral espinoso	0,0%	0,0%
2017	Media	Bosque esclerófilo	0,0%	0,0%
2017	Media	Matorral de media altura	0,0%	0,0%
2018	Alta	Matorral frangel-corcolén	0,0%	3,2%
2018	Alta	Bosque caducifolio de roble	0,0%	0,0%
2017	Alta	Matorral subandino	4,2%	0,0%
2017	Alta	Matorral andino	5,9%	0,0%

EN=En Peligro, VU=Vulnerable.

Cuadro 13. Porcentaje de especies vegetales amenazadas presentes en las parcelas de muestreo del sitio de monitoreo El Roble.

Campaña	Gradiente	Estación de muestreo	EN	VU
2017	Baja	Bosque laurifolio canelo-chequén	12,5%	0,0%
2017	Baja	Bosque esclerófilo quillay-litre	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral espinoso de chagualillo	0,0%	0,0%
2017	Baja	Matorral esclerófilo de romerillo	0,0%	0,0%
2018	Media	Matorral espinoso de chagualillo	0,0%	0,0%
2018	Media	Matorral espinoso de chagualillo	0,0%	0,0%
2018	Media	Bosque caducifolio de roble	0,0%	0,0%
2017	Alta	Bosque caducifolio de roble	8,3%	8,3%
2018	Alta	Matorral esclerófilo de romerillo	0,0%	0,0%
2018	Alta	Ecotono Bosque caducifolio de roble - Matorral de altura de neneo	0,0%	0,0%

EN=En Peligro, **VU**=Vulnerable.

04

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES GENERALES

Foto: *Calceolaria meyeniana*, por Bárbara Von Igel

4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES GENERALES

Este primer reporte del SIMBIO RMS corresponde principalmente al establecimiento de la línea base de los indicadores que se están desarrollando en el marco del Proyecto GEF Montaña, a escala de paisaje y de sitio. Esta línea de base, cuya temporalidad abarca entre primavera 2017 y primavera 2018, representa un paso fundamental para el monitoreo posterior, siendo una premisa principal el levantar indicadores fáciles de implementar y de hacer seguimiento, que se puedan escalar y replicar y por tanto, que no impliquen tecnología compleja y metodologías costosas.

4.1. ÁREA DEL PROYECTO GEF MONTAÑA (ESCALA DE PAISAJE)

Un aspecto relevante que se puede desprender de los primeros análisis sobre los patrones de captura de carbono por parte de los bosques nativos y a su vez los patrones de su degradación, es una cierta tendencia a que aquellas comunas que presentan las mayores tasas de captura de carbono a su vez cuentan también con las mayores superficies de degradación de bosque.

Al respecto es importante destacar en términos generales, que para la Región Metropolitana de Santiago la superficie de bosque en degradación es mayor (69.560 ha) que la que está recuperando (48.707 ha). En consecuencia, los bosques han emitido más toneladas de carbono (1.028.428 tCOeq) que las que capturaron (441.433 tCOeq) en el periodo 2001-2013, lo que indica que está ocurriendo un importante proceso de degradación de los bosques esclerófilos durante este periodo.

Ambos resultados de los análisis de degradación de vegetación son indicadores de la fuerte presión que está teniendo la vegetación de la RMS, con la consecuente pérdida del servicio ecosistémico de captura de carbono. Considerando que la RMS cuenta con altas tasas de emisión de CO₂, es preocupante este resultado, y creemos necesario fortalecer iniciativas de gobernanza y gestión ambiental que promuevan la recuperación de este servicio ecosistémico, a través de la restauración de los bosques y matorrales esclerófilos. Esto también queda evidenciado por el análisis de conectividad, donde llamó la atención el grado de fragmentación observado en las zonas intermedias entre ciudades en el sector occidental de la RMS. Esto se debe principalmente a la presencia de zonas de cultivos y explotación de áreas naturales, afectando la conectividad de estas en estos sectores rurales.

La presencia de los bosques nativos saludables no solo se asocia a la capacidad de captura de carbono, sino también a su potencial de purificación de aire mediante la depositación de material particulado PM₁₀. Este mecanismo permite a los árboles nativos actuar como purificadores del aire, servicio que de acuerdo a este reporte se estima en una tonelada capturada por 40 hectáreas de bosque. Se observa que bosques densos incrementan significativamente este potencial de depositación de material particulado. Además, se identifica que el boldo es la especie que presenta los mayores valores de depositación por individuo, seguido por el quillay; y que los bosques más higrófilos de peumo-boldo presentan el mayor potencial de depositación por metro cuadrado. Para poder cuantificar el rol de los bosques nativos en la purificación del aire de la RMS en un futuro próximo, se hace necesario realizar monitoreos, quizás con unidades móviles, de la concentración de material particulado en sectores hoy no cubiertos por la red MACAM.

4.2. CORREDORES BIOLÓGICOS NATURALES

De acuerdo a los resultados, se ha evidenciado la presencia de un 87,5% (siete especies) de los carnívoros nativos descritos para los cordones montañosos de la RMS, valores que en las 11 localidades estudiadas fluctúan entre 13% y 50%. La especie más frecuente fue el zorro culpeo, en tanto que la güiña no fue registrada, creemos por un sesgo en el diseño de muestreo, estando más representadas altitudes por sobre los 2.500 m.s.n.m.

Ahora bien, en cuanto a la presencia de carnívoros exóticos terrestres, éstos se observaron en un 64% de los sitios, registrándose hasta en un 19% de las trampas cámara. La presencia de perro doméstico fue mayor a la de gato doméstico. El zorro culpeo es la especie que aparece con mayor frecuencia compartiendo espacio con los perros, seguido del gato colocolo. Consecuentemente estas dos especies presentan mayor riesgo de transmisión de enfermedades (competencia aparente) y competencia directa por presas con los carnívoros exóticos. Afortunadamente la presencia de carnívoros exóticos se encuentra en menos del 25% de las trampas cámara. Por el momento no podemos corroborar el estado de asilvestramiento de estos registros, ya que se encuentran cerca de asentamientos humanos o están asociados al paso de arrieros, por tanto, no puede descartarse que estos perros y gatos tengan dueños responsables de ellos. Este tipo de observaciones refuerza la necesidad de una regulación por parte del Estado de la tenencia responsable de mascotas.

4.3. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA: SITIO DE MONITOREO CANTILLANA

Se generó el primer levantamiento florístico de las estaciones de muestreo, lo que genera una idea de la diversidad de especies de cada parcela permanente. Basado solo en este muestreo y los datos de cobertura

tomados en terreno, puede observarse que existe baja dominancia de especies y por ende mayor heterogeneidad, lo que señalan los valores inferiores a 0,1 del índice de Simpson (λ). En primera instancia estos resultados sugieren que el sitio de monitoreo Cantillana cuenta con ecosistemas diversos, con una baja intensidad de perturbación. Hará falta realizar monitoreos en el tiempo para poder estudiar de mejor manera el comportamiento de la diversidad de cada estación de muestreo y realizar mejores análisis.

Evaluando las características de las especies registradas en las estaciones de muestreo, se observó una alta predominancia de especies nativas y endémicas (sobre 75%), y presencia, aunque en bajo porcentaje, de especies amenazadas, que sumaron un total de tres especies. Este resultado es relevante ya que da cuenta de la singularidad que estos ecosistemas de la Cordillera de la Costa tienen, lo cual se podrá ir verificando en el futuro, en la medida que se vayan complementando antecedentes con las parcelas permanentes, ubicadas en una matriz con mayor perturbación antrópica, en las cuales se aplicarán las mismas metodologías de monitoreo.

En cuanto a la abundancia de las especies (indicador de frecuencia), el 20% de las especies registradas para Cantillana (25 especies) se presentó en más de un 30% de las estaciones de muestreo. Por otro lado, las parcelas presentaron desde un 63,2% de especies con cobertura igual o menor al 5%, existiendo una especie que presentó coberturas entre 51-75% (*Nothofagus macrocarpa*) y 13 especies que presentaron coberturas entre un 26-50%, dando cuenta de la heterogeneidad en la cobertura vegetal de las estaciones de muestreo. Cabe destacar que *Chusquea cumingii* (quila) se presentó con una frecuencia del 56% (en cinco de las nueve estaciones de muestreo), presentando en dos de ellas una cobertura de 26-50% y en tres de ellas con una cobertura de 5-15%. Se deberá tener presente la frecuencia y cobertura de esta especie con fin de monitorear las perturbaciones que estarían sufriendo estos sitios y que podrían explicar la dominancia de esta especie.

4.4. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA: SITIO DE MONITOREO EL ROBLE

Se generó el primer levantamiento florístico de las estaciones de muestreo, lo que genera una idea de la diversidad de especies de cada parcela permanente. Basado solo en este muestreo y los datos de cobertura tomados en terreno, puede observarse que existe baja dominancia de especies y por ende mayor heterogeneidad, lo que señalan los valores inferiores a 0,2 del índice de Simpson (λ). Estos resultados sugieren que el sitio de monitoreo El Roble cuenta con ecosistemas diversos, expuestos a una baja intensidad de perturbación. Hará falta realizar monitoreos en el tiempo para poder estudiar de mejor manera el comportamiento de la diversidad de cada estación de muestreo y realizar mejores análisis.

Evaluando las características de las especies registradas en las estaciones de muestreo, se observó una alta predominancia de especies nativas y endémicas (sobre 65%), y presencia, aunque en bajo porcentaje, de

especies amenazadas, que sumaron un total de tres especies. Este resultado es relevante ya que da cuenta de la singularidad que estos ecosistemas de la Cordillera de la Costa tienen, lo cual se podrá ir verificando en el futuro, en la medida que se vayan complementando antecedentes con datos de otros anillos que se incorporen al SIMBIO RMS.

En cuanto a la abundancia de las especies (indicador de frecuencia), el 13% de las especies registradas para El Roble (13 especies) se presentó en más de un 30% de las parcelas muestreadas. Por otro lado, las parcelas presentaron desde un 50% de especies con cobertura igual o menor al 5%, existiendo tres especies con coberturas superiores al 76%, que correspondieron a las especies arbóreas *Luma chequen* (chequén), y *Nothofagus macrocarpa* (roble), 5 especies que presentaron coberturas entre un 51-75%, dando cuenta de la dominancia de algunas especies por sobre otras en cuanto a superficie cubierta.

En el próximo reporte se espera completar el muestreo de biodiversidad en los sitios de monitoreo de Cantillana y El Roble, abordando otros aspectos de la biodiversidad y su funcionamiento, como la estructura vegetal que presentan las comunidades vegetacionales en las estaciones de muestreo, y la presencia de fauna en distintos niveles de la cadena trófica. Esto permitirá tener una mirada más completa de la situación de estas “áreas testigo”, y con ello comprender mejor los procesos que están ocurriendo en sus ecosistemas.

A close-up photograph of several red flowers, likely Bomarea salsilla, with green buds and leaves. A large pink diagonal shape is overlaid on the left side of the image, containing the number '05' and the text 'REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS'.

05

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Foto: *Bomaria salsilla*, por Bárbara Von Igel

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baumgardner D., Varela S., Escobedo F.J., Chacalo A., Ochoa C. 2012. The role of a peri-urban foresto air quality improvement in the Mexico City megalópolis. *Environmental Pollution* 163, 174-183.
- Bazan J, Valenzuela H, Vallejos B. 2014. Estimando los costos en salud de la contaminación por material particulado en Chile. *Eco-FEN, Facultad de Economía y Negocios. Universidad de Chile* 37 p.
- Beniston, M. 2003. Climatic Change in Mountain Regions: A review of possible impacts. *Climatic Change* 59:5-31. Biodiversidad Mexicana. 2017. Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/
- Bottalico F, Travaglini D, Chirici G, Garfi V, Giannetti F, De Marco A, Fares S, Marchetti M, Nocentini S, Paoletti E, Salbitano F, Sanesi G. 2017. A spatially-explicit method to assess the dry deposition of air pollution by urban forests in the city of Florence, Italy. *Urban Forestry & Urban Greening* 27, 221-234.
- Cano, J. 2020. Estimación de las emisiones y capturas de carbono de los ecosistemas mediterráneos de la zona central de Chile. 43 pp.
- Cano, J., J. Sell, P Honeyman, L. Pedroni, S Saez, P Cruz y A Bascuñan 2016b. Análisis de Emisiones y Absorciones de Carbono Forestal en el Bosque Mediterráneo de Chile. Nota Informativa N°3 de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Corporación Nacional Forestal (CONAF). Ministerio de Agricultura de Chile. 16p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2016. Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016. Santiago. 273p.
- Chediack, S. 2009. Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?. Colección Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Diálogos / Número 3. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 87pp.
- Chuvieco, E. 2008: Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona. 595p.
- Cox R. & E. Underwood. 2011. The Importance of Conserving Biodiversity Outside of Protected Areas in Mediterranean Ecosystems. *Plos One* 6:1-6.
- Diaz, H. F., M. Grosjean, & L. Graumlich. 2003. Climate variability and change in high elevation regions: Past, present and future. *Climatic Change* 59:1-4.
- Dinerstein, E., Olsen, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Book-Binder, M. P. & G., Ledec. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. World Bank, WWF, Washington D. C., USA.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. Diagnóstico Nacional de Montañas – Informe Chile. Fortalecimiento de la gestión participativa para el desarrollo sostenible de los Andes. Elaborado por Juan Pablo Flores Villanelo. Chile. 188p.
- Farías A. 2017. Los carnívoros. Su papel en el ecosistema, en Iriarte A. & Jaksic F. eds. Los carnívoros de Chile. Flora y Fauna ediciones 259 pp.
- Herrmann, S. M., A. Anyamba, and C. J. Tucker. 2005. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change* 15:394-404.
- Hirabayashi S, Kroll CN, Nowak DJ. 2014. I-Tree Eco dry deposition model descriptions. www.itreetools.org.
- Holmgren, M., P. Stapp, C. R. Dickman, C. Gracia, S. Graham, J. R. Gutierrez, C. Hice, F. Jaksic, D. A. Kelt, M. Letnic, M. Lima, B. C. Lopez, P. L. Meserve, W. B. Milstead, G. A. Polis, M. A. Previtalli, R. Michael, S. Sabate, and F. A. Squeo. 2006. Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:87-95.
- Horning, N., J. A. Robinson, E. J. Sterling, W. Turner, and S. Spector. 2010. *Remote Sensing for Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability: Summary for policymakers*.
- Knapp, A., C. Burns, R. S. Fynn, K. Kirkman, C. Morris, and M. Smith. 2006. Convergence and contingency in production – precipitation relationships in North American and South African C4 grasslands. *Oecologia* 149:456-464.
- Körner, C. 2013. *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer Science & Business Media. 343 pp.
- Lavorel, S. 1998. Mediterranean Terrestrial Ecosystems: Research Priorities on Global Change Effects. *Global Ecology and Biogeography*, 7: 157-166
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente), CTCN (Climate Technology Centre and Network), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) y ICRAF (World Agroforestry Centre). 2016. *Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático*. Chile. 172p.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2014. *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)*. Santiago, Chile, 140 pp.

- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2019. Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Santiago, Chile, 220 pp.
- Napolitano, C., Gálvez, N., Bennett, M., Acosta-Jamett, G., & Sanderson, J. 2015. *Leopardus guigna*. doi: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T15311A50657245.en>
- Ninan K.N., Inoue M. 2013. Valuing forest ecosystem services: what we know and what we don't. *Ecological Economics* 93, 137-149.
- Noss, R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical model. *Conservation Biology*, 4: 355-364.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Green.* 4, 115–123.
- Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R., 2013. Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten US cities and associated health effects. *Environ. Pollut.* 178, 395–402.
- Nowak, David J.; Crane, Daniel E. 2000. The Urban Forest Effects (UFORE) model: quantifying urban forest structure and functions. In: Hansen, Mark; Burk, Tom, eds. *Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century*. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 714-720.
- Oakes M.M., Baxter L.K., Duvall R.M., Madden M., Xie M., Hannigan M.P., Peel J.L., Pachon J.E., Balachandran S., Russell A., Long T.C. 2014. Comparing multipollutant emissions-based mobile source indicators to other single pollutant and multipollutant indicators in different urban areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11, 11727-11752.
- Pauli H. Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., et al. 2015. Manual para el trabajo de campo del Proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básico, complementarios y adicionales. Pp150.
- Pettorelli, N. 2013. *The Normalized Difference Vegetation Index*. Oxford University Press.
- Pettorelli, N., J. O. Vik, A. Mysterud, J. M. Gaillard, C. J. Tucker, and N. C. Stenseth. 2005. Using the satellite - derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution* 20:503-510.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente). 2007. Geo-4 Report. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Sección B: Estado y Tendencias del Medio Ambiente (1987-2007)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 574 pp.
- Sala O.E., F.S. Chapin III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker, and D.H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774.

- Sánchez F. y G. Sepúlveda. 2017. Análisis de la fragmentación de la cobertura vegetal, en el periodo 2015 - 2017, a través de imágenes satelitales Landsat 8, en el área del Proyecto GEF Montaña. Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero Civil en Geografía. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica. Santiago. 84p.
- SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia). s.a. ¿Qué es el sistema de monitoreo de bosques y carbono para Colombia - SMBYC?. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/smbyc>
- SIB Colombia (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia). s.a. ¿Qué es el SiB Colombia?. Disponible en: <https://www.sibcolombia.net/el-sib-colombia/>
- Steenmans C. & U. Pinborg. 2000. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. Inc: European Commission (DG AGRI, EUROSTAT, Joint Research Centre (Ispra)) & European Environmental Agency [Ed.]: From Land Cover to Landscape Diversity in the European Union. Office for Official Publications of the EC.
- Tovar, C., Arnillas, CA., Cuesta, F. & Buytaert, W. 2013. Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. Plus One 8: 1-12 (e63634).
- Tucker, C. J., & P. J. Sellers. 1986. Satellite remote - sensing of primary production. International Journal of Remote Sensing 7:1395-1416.
- Underwood, E., Viers, J., Klausmeyer, K., Cox, R. & M.R., Shaw. 2009. Threats and Biodiversity in the Mediterranean Biome. Diversity and Distributions, 15(2): 188–197.
- Vélez, L. A. y A. Gómez. 2008. A Conceptual and Analytical Framework for Estimation the Ecological Integrity of Landscape Scale. Arbor CLXXXIV: 31–44.
- WWF International & Terralingua. 2002. Los pueblos indígenas y tradicionales del mundo y la conservación de las ecorregiones: Un enfoque integrado para la conservación de la diversidad biológica y cultural del mundo. 153 p.
- Zhong, L., Y. Ma, M. S. Salama, and Z. Su. 2010. Assessment of vegetation dynamics and their response to variations in precipitation and temperature in the Tibetan Plateau. Climatic Change 103:519-535.

