REPÚBLICA DE CHILE
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN EJECUTIVA

SE PRONUNCIA SOBRE LA OBSERVANCIA DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

RESOLUCIÓN EXENTA

SANTIAGO,

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante, "Ley N°19.300"); en el Decreto Supremo Nº40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante, "Reglamento del SEIA"); en el Decreto con Fuerza de Ley N°1/19.653, que Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley Nº18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley Nº19.880, sobre Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en el Decreto N°40, de fecha 06 de abril de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra Directora Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental; el Oficio Ordinario N° 202499102679, de fecha 30 de julio 2024, de la Directora Ejecutiva del SEA, que deja sin efecto y complementa instrucciones sobre la aplicabilidad de las guías y criterios de evaluación publicados por la Dirección Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental y en la Resolución Nº07 del 26 de marzo del año 2019 de la Contraloría General de la República, que Fija Normas sobre Exención del Trámite de Toma de Razón.

CONSIDERANDO:

1. Que, la letra d) del artículo 81 de la Ley N°19.300 establece que corresponderá al Servicio de Evaluación Ambiental "*uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite*".

Documento Digital N°: 202499101688 – Fecha: 22/08/2024

Para validar las firmas de este documento usted debe ingresar a la siguiente url

http://validador.sea.gob.cl/validar/621FD4FC-D2CC-43C0-A28B-252A451BDD15

2. Que, el inciso 2° del artículo 4° del Reglamento del SEIA, dispone que el "*Servicio podrá, de conformidad a lo señalado en el artículo 81 letra d) de la Ley, uniformar los criterios o exigencias técnicas asociadas a los efectos, características o circunstancias contempladas en el artículo 11 de la Ley, los que deberán ser observados para los efectos del presente Título*" (Título II del Reglamento del SEIA).

3. Que, en el ejercicio de las facultades precedentemente señaladas, el Servicio ha elaborado la **"Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres",** que viene a remplazar y dejar sin efecto la "Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA".

   El objetivo de esta publicación es entregar a los titulares, consultoras/es, evaluadores/es y la ciudadanía, criterios técnicos sobre las metodologías que utilizan titulares para describir las áreas de influencia de los objetos de protección asociados a ecosistemas terrestres. Actualizando los métodos y contenidos anteriormente abordados por la "Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA" (SEA, 2015).

   De manera general, la guía plantea que para la descripción de los componentes del ecosistema que corresponden a objetos de protección, vale decir, suelo, fauna, flora y vegetación, así como el ecosistema en su conjunto; debe realizarse en base a la predicción preliminar de impactos, enfocándose en aquellos atributos que puedan verse afectados por la interacción del componente con las partes, obras o acciones del proyecto.

4. Que, de acuerdo a lo señalado en el Oficio Ordinario N° 202499102679, de fecha 30 de julio 2024, de la Directora Ejecutiva del SEA, que deja sin efecto y complementa instrucciones sobre la aplicabilidad de las guías y criterios de evaluación publicados por la Dirección Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental, "*Los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental, que sean unificados por el Servicio en guías y criterios de evaluación, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 81 letra d) de la Ley N° 19.300, se entenderán vigentes, en adelante, desde la fecha de publicación de un extracto en el Diario Oficial de la respectiva resolución exenta que tiene presente su observancia o del respectivo oficio, según corresponda. Lo anterior no obsta a que el servicio pueda publicar de manera preliminar dichos documentos en su sitio web*."

RESUELVO:

1. **Tener presente** la observancia del documento singularizado en el Considerando N°3 de la presente resolución.
2. **Establecer que dicho documento se entenderá vigente desde la fecha de publicación del extracto de la presente resolución exenta en el Diario Oficial,** debiendo observarse su contenido de acuerdo con lo establecido en la letra d) del artículo 81 de la Ley N°19.300 y en el Decreto Supremo N°40, de 2012, Reglamento del SEIA, del Ministerio del Medio Ambiente.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE UN EXTRACTO DE LA PRESENTE RESOLUCIÓN EN EL DIARIO OFICIAL Y ARCHÍVESE

VALENTINA DURÁN MEDINA
DIRECTORA EJECUTIVA
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

JMF/FDFV/LGM/SHD/mpr

Distribución:

- Direcciones Regionales, Servicio de Evaluación Ambiental
- División Jurídica, Servicio de Evaluación Ambiental.
- División de Evaluación y Participación Ciudadana, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Coordinación Regional, Servicio de Evaluación Ambiental.
- División de Tecnologías y Gestión de la Información, Servicio de EvaluaciónAmbiental.
- Departamento de Auditoría Interna, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Departamento de Comunicaciones, Servicio de Evaluación Ambiental.

c.c:

- Dirección Ejecutiva, Servicio de Evaluación Ambiental.
- Of. Partes, Servicio de Evaluación Ambiental

FIRMA ELECTRÓNICA DEL ESTADO

Firmado por: Juan Cristóbal Moscoso Farias
Fecha: 22/08/2024 17:42:25 CLT

FIRMA ELECTRÓNICA DEL ESTADO

Firmado por: Valentina Alejandra Durán Medina
Fecha: 22/08/2024 19:29:38 CLT

Servicio de Evaluación Ambiental

Gobierno de Chile

Servicio de Evaluación Ambiental

METODOLOGÍA / MODELO

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES



Servicio de Evaluación Ambiental

Gobierno de Chile

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

Autor: Servicio de Evaluación Ambiental

Primera Edición

Santiago, agosto de 2024

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental

Fotografías: Adobe Stock

Cómo citar este documento: Servicio de Evaluación Ambiental, 2024. Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres. Primera edición, Santiago, Chile.

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia respecto del documento, por favor, escribir al siguiente correo comentarios.documentos@sea.gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

Gobierno de Chile

gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental

Gobierno de Chile

Esta primera edición de la **Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres** fue elaborada por el Departamento de Estudios y Desarrollo del Servicio de Evaluación Ambiental a partir de la *Guía Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA* (SEA, 2015) y sobre la base de la consultoría realizada por el equipo de Cienciambiental, quienes facilitaron la actualización de las metodologías.

Agradecemos a los departamentos de la División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana, División Jurídica, Departamento de Comunicaciones y Direcciones Regionales del Servicio de Evaluación Ambiental por sus aportes y revisiones al documento. Así también agradecemos al Ministerio del Medio Ambiente, a la Superintendencia del Medio Ambiente, al Servicio Agrícola y Ganadero y a la Corporación Nacional Forestal por sus importantes contribuciones al perfeccionamiento de las metodologías, lo que permitió la publicación de esta Guía.

PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento a un mandato legal[1], el Servicio de Evaluación Ambiental se encuentra uniformando los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes y exigencias técnicas de la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades, entre otros, mediante la elaboración de guías.

Dicha labor requiere establecer criterios comunes y consistentes con el conjunto de competencias ambientales de los distintos Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca) que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contribuyendo con la disminución de los márgenes de discrecionalidad en la toma de decisiones y la tecnificación de dicho sistema, como también para entregar certezas jurídicas y técnicas en el proceso.

Con base en lo anterior, la elaboración de esta *Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres* responde a la necesidad de unificar criterios técnicos en las **metodologías que utilizan los titulares para la descripción de áreas de influencia en ecosistemas terrestres,** y tiene por finalidad que se realice una correcta evaluación y predicción de impactos en este tipo de ecosistemas.

A partir de este trabajo se pueden precisar los siguiente criterios y lineamientos establecidos, los que serán presentados en esta Guía:

- El titular deberá hacer una descripción y análisis de los posibles impactos en los ecosistemas terrestres, incluidos: suelo, plantas, algas, hongos, animales silvestres (tanto vertebrados como invertebrados) y otros elementos bióticos; así como el ecosistema en su conjunto (véase numeral 2.1).
- El titular debe definir las metodologías de descripción de las áreas de influencia a partir de la predicción de impactos basado en las características del proyecto y el sistema natural con el que interactúa (véase numeral 2.2).

La elaboración y aplicación de esta Guía es necesaria, porque establece criterios y estándares para las metodologías de descripción de ecosistemas terrestres. Lo anterior es de suma relevancia, ya que una correcta evaluación de impactos de un proyecto tiene como base una descripción adecuada del ecosistema y sus componentes, pudiendo así establecerse —como consecuencia de ellos—, medidas adecuadas para hacerse cargo de los efectos que eventualmente puedan generarse en el medioambiente por la ejecución de un proyecto o actividad. Esto se hace fundamental para proteger y resguardar la diversidad de ecosistemas únicos de

1 De acuerdo con lo indicado en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

nuestro país ante la actual triple crisis planetaria: cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación del medio ambiente.

Esta Guía se elaboró en sintonía con los demás documentos publicados por el SEA, disponibles en el Centro de Documentación de la página *web* del Servicio (www.sea.gob.cl).

En consecuencia, esta guía pretende orientar a la ciudadanía, titulares y consultores, así como también facilitar la labor de los distintos Oaeca que participan en el SEIA, contribuyendo a perfeccionar los procesos de evaluación de impacto ambiental y con ello fortalecer el cumplimiento de los objetivos que nos aproximen al desarrollo sustentable.

Dirección Ejecutiva
Servicio de Evaluación Ambiental

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A continuación se listan las principales siglas y acrónimos que se utilizan en este documento:

AI	:	Área de Influencia
Conaf	:	Corporación Nacional Forestal
CUS	:	Capacidad de Uso de Suelo
DIA	:	Declaración o Declaraciones de Impacto Ambiental
ECC	:	Efectos, Características y Circunstancias
EIA	:	Estudio o Estudios de Impacto Ambiental
FGI	:	Factor Generador de Impactos
MMA	:	Ministerio del Medio Ambiente
Oaeca	:	Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental
OP	:	Objeto de Protección
SAG	:	Servicio Agrícola y Ganadero
SEA	:	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	:	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SSEE	:	Servicios Ecosistémicos



ÍNDICE

PRESENTACIÓN 5

SIGLAS Y ACRÓNIMOS 7

1. INTRODUCCIÓN 14
   - 1.1 Objetivos y alcances de la Guía 14
   - 1.2 Órganos con competencia ambiental 16

2. MARCO CONCEPTUAL 20
   - 2.1 Objetos de protección ambiental de los ecosistemas terrestres 20
   - 2.2 Descripción de áreas de influencia 21
     - 2.2.1 Descripción fundada en impactos de las áreas de influencia 23
     - 2.2.2 Escalas y nivel de detalle para la descripción del área de influencia 25

3. METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DENTRO DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA 30
   - 3.1 Metodologías para suelos 30
     - 3.1.1 Delimitación de unidades homogéneas de suelo (UHS) 32
     - 3.1.2 Extracción de muestras de suelo con barreno agrológico 33
     - 3.1.3 Calicatas 34
     - 3.1.4 Capacidad de usos de suelos (CUS) 37
     - 3.1.5 Capacidad de sustentar biodiversidad (CSB) 43
     - 3.1.6 Susceptibilidad a la activación de procesos erosivos 49
     - 3.1.7 Modelo de pérdida de suelo: *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) 56
   - 3.2 Metodologías para flora y vegetación 59
     - 3.2.1 Método de inventarios fitosociológicos de Braun-Blanquet (*Relevé*) 62
     - 3.2.2 Cuadrantes / Parcelas 66
     - 3.2.3 *Point Quadrat* 69
     - 3.2.4 Método de los cuartos 71
     - 3.2.5 Censo 72
     - 3.2.6 Muestreo para hongos, líquenes y briófitas 74
     - 3.2.7 Parcelas de muestreo forestal 76
     - 3.2.8 Carta de ocupación de tierras (COT) 79
     - 3.2.9 Sistema de clasificación de la vegetación en tipos forestales 85
     - 3.2.10 Método de transectos lineales 86
     - 3.2.11 Índices satelitales de vegetación 88
     - 3.2.12 Índice de Área Foliar (IAF) o *Leaf Area Index* (LAI) 92
     - 3.2.13 Perfiles y mapeo de altura del dosel del bosque 94

3.3 Metodologías para fauna 95
3.3.1 Transecto 97
3.3.2 *Playback* 102
3.3.3 Red niebla 103
3.3.4 Búsqueda activa 107
3.3.5 Transectos de bandas auditivas 109
3.3.6 Trampa de pozo o *pitfall* 112
3.3.7 Trampas de embudo 114
3.3.8 Punto de aves 116
3.3.9 Medición de tránsito aéreo 119
3.3.10 Radar 120
3.3.11 Cámara trampa 122
3.3.12 Estaciones o líneas de atracción olfativa (huelleros) 125
3.3.13 Trampas Sherman 126
3.3.14 Detección de ecolocalizaciones 130
3.3.15 Trampa de arpa (*Harp traps*) 132
3.3.16 Red entomológica 134
3.3.17 Embudo de Berlese 137
3.3.18 Cernidor de hojarasca 139
3.3.19 Trampas cebadas 141
3.3.20 Trampas Barber y trampas con cebo 143
3.3.21 Trampas McPhail 146
3.3.22 Trampa Malaise 148
3.3.23 Trampa interceptora del vuelo 150
3.3.24 Sabanilla o paraguas 152
3.3.25 Trampa de luz 154
3.3.26 Búsqueda con luz UV 156
3.3.27 Trampas tipo *Tomahawk* 158
3.3.28 Canes de detección de fauna 160
3.3.29 Métodos nocturnos complementarios (*Headtorching/ Spotlighting*) 162
3.3.30 Binoculares de visión nocturna/térmica 165
3.3.31 Trampas de pelo 167
3.3.32 Análisis de dieta o análisis genético 169
3.3.33 Radio telemetría y telemetría satelital 171
3.3.34 Unidades de Grabación Autónomas (ARU) 174
3.3.35 Boroscopio 176

3.4 Metodologías para ecosistemas terrestres 178
3.4.1 Análisis de fragmentación y conectividad 178
3.4.2 Modelo de distribución de especies 182
3.4.3 Identificación y valoración de Servicios Ecosistémicos 184
3.4.4 Encuestas para Servicios Ecosistémicos 187
3.4.5 Entrevistas para Servicios Ecosistémicos 188
3.4.6 Grupo focal para Servicios Ecosistémicos 190
3.4.7 Mapeos Participativos de Servicios Ecosistémicos 191

ANEXO 1. GLOSARIO **194**

ANEXO 2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS, BASES DE DATOS U OTROS **198**

Bibliografía sobre suelo **200**
Bibliografía sobre flora y vegetación **201**
Bibliografía de flora en ecosistemas específicos **207**
Flora de humedales **207**
Flora de vegas y bofedales altoandinos **208**
Flora de turberas **208**
Flora de pitrantos o hualves (bosques pantanosos) **208**
Flora de marismas **208**
Flora de mallines **209**
Bibliografía sobre hongos, líquenes y briófitas **209**
Bibliografía sobre fauna **210**
Bibliografía sobre métodos para describir fauna **212**



1.
INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos y alcances de la Guía

La presente Guía tiene por **objeto difundir y estandarizar una serie de metodologías para la descripción de los ecosistemas terrestres y sus componentes suelo, flora, vegetación y fauna**. Para ello se consideró como referencia la literatura científica y técnica, nacional e internacional, y lo indicado en la legislación vigente, específicamente, los contenidos del Reglamento del SEIA, particularmente en lo mencionado en la letra e.2 del artículo 18, el cual hace referencia a las exigencias mínimas para la descripción de línea de base de ecosistemas terrestres. Cabe destacar que, dependiendo de las características de los impactos, puede ser requerida información adicional para descartar afectaciones significativas.

Se hace presente que para la elaboración de esta Guía se tuvo como antecedente los contenidos de la guía *Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA* (SEA, 2015), la cual, a partir de la presente publicación, será reemplazada y quedará sin efecto.

El valor del presente documento reside en que:

- Provee de criterios para elegir las metodologías a utilizar en el levantamiento de información sobre ecosistemas terrestres, considerando la interacción que potencialmente se produce entre las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad y los receptores de impacto en ecosistemas terrestres, de manera de apoyar la gestión y seguimiento de estos.
- Indica cuál es la información requerida para describir o caracterizar adecuadamente los componentes ambientales receptores de impacto.
- Presenta un catálogo de métodos frecuentemente utilizados en el levantamiento de información sobre los componentes de los ecosistemas terrestres, entregando criterios para que las metodologías utilizadas satisfagan las particularidades de los

elementos que se requieren caracterizar y vigilar, contribuyendo a la estandarización de procesos subyacentes al SEIA[2].

- Contribuye a que la descripción de los ecosistemas terrestres se realice desde un punto de vista ecosistémico. Desde esta perspectiva, además del análisis de sus elementos de forma individual, también se deben abordar las interacciones entre estos elementos, y considerar tanto las interacciones de los ecosistemas terrestres con los ecosistemas marinos y acuáticos continentales, como las interacciones con los grupos humanos y sus sistemas de vida y costumbres.

En reconocimiento de estos propósitos, el alcance de la Guía respecto de los distintos procesos de la evaluación ambiental se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Alcances de esta Guía en el marco del proceso de evaluación ambiental



2 Los procesos que subyacen al SEIA son todos aquellos que, sin encontrarse explícitos en la legislación ambiental vigente, dan forma al sistema, por ejemplo, la obtención de datos para la caracterización ambiental.

El foco de esta Guía se encuentra en la descripción de las **áreas de influencia** (AI). Esta corresponde al espacio geográfico donde potencialmente se afectarán los componentes del medio ambiente. En el caso de que el efecto sea significativo, corresponderá hacer una descripción detallada del área de influencia o línea base; de lo contrario, corresponderá una descripción general (Figura 1).

Se hace presente que esta Guía es un documento de carácter **indicativo** y **referencial**, por lo que en atención a las particularidades del proyecto o actividad y las características de su lugar de emplazamiento, el titular puede hacer uso de otras metodologías justificando técnicamente su idoneidad.

Además, esta Guía se complementa con otras guías y criterios de evaluación que han sido publicados por el SEA para apoyar el desarrollo de la evaluación ambiental, las cuales se encuentran disponibles en el Centro de Documentación del sitio *web* del Servicio, www.sea.gob.cl.

Finalmente es necesario destacar que de acuerdo con lo dispuesto en la Ley N°19.300, el Reglamento del SEIA y el Ordinario N° 202499102679, con fecha 30 de julio de 2024, emitido por la Dirección Ejecutiva, en los procesos de evaluación ambiental se deben observar los contenidos de esta Guía, la que para efectos de una continua mejora podrían ser objeto de revisión y actualización.

1.2 Órganos con competencia ambiental

Tal como se indica en el artículo 24 del Reglamento del SEIA, los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca) son aquellos que cuentan con atribuciones en materia de permisos o pronunciamientos ambientales sectoriales, y quienes poseen atribuciones legales asociadas directamente con la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza o el uso y manejo de algunos de sus componentes.

Durante el procedimiento administrativo de evaluación de impacto ambiental, le corresponde a los respectivos Oaeca emitir, fundadamente y dentro del ámbito de sus competencias[3], un pronunciamiento respecto de la DIA o EIA de los proyectos sometidos al SEIA.

En el caso de la evaluación de impacto ambiental de un EIA, dicho pronunciamiento debe indicar, fundadamente y dentro del ámbito de competencias del respectivo Oaeca, si el proyecto cumple con la normativa de carácter ambiental, con los requisitos para el otorgamiento del o los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) que aplican, y si las medidas propuestas por el titular se hacen cargo apropiadamente de los efectos, características o circunstancias (ECC) establecidas en el artículo 11 de la Ley N°19.300. Respecto de esto último, y en relación con la presente Guía, los Oaeca deben pronunciarse sobre la generación o presencia de efectos

3 Respecto del pronunciamiento fundado y dentro del ámbito de las competencias del respectivo Oaeca, ver los artículos 35, 38, 40 y 43 del Reglamento del SEIA, en el caso de un EIA, y artículos 47, 50, 52 y 55, en el caso de una DIA.

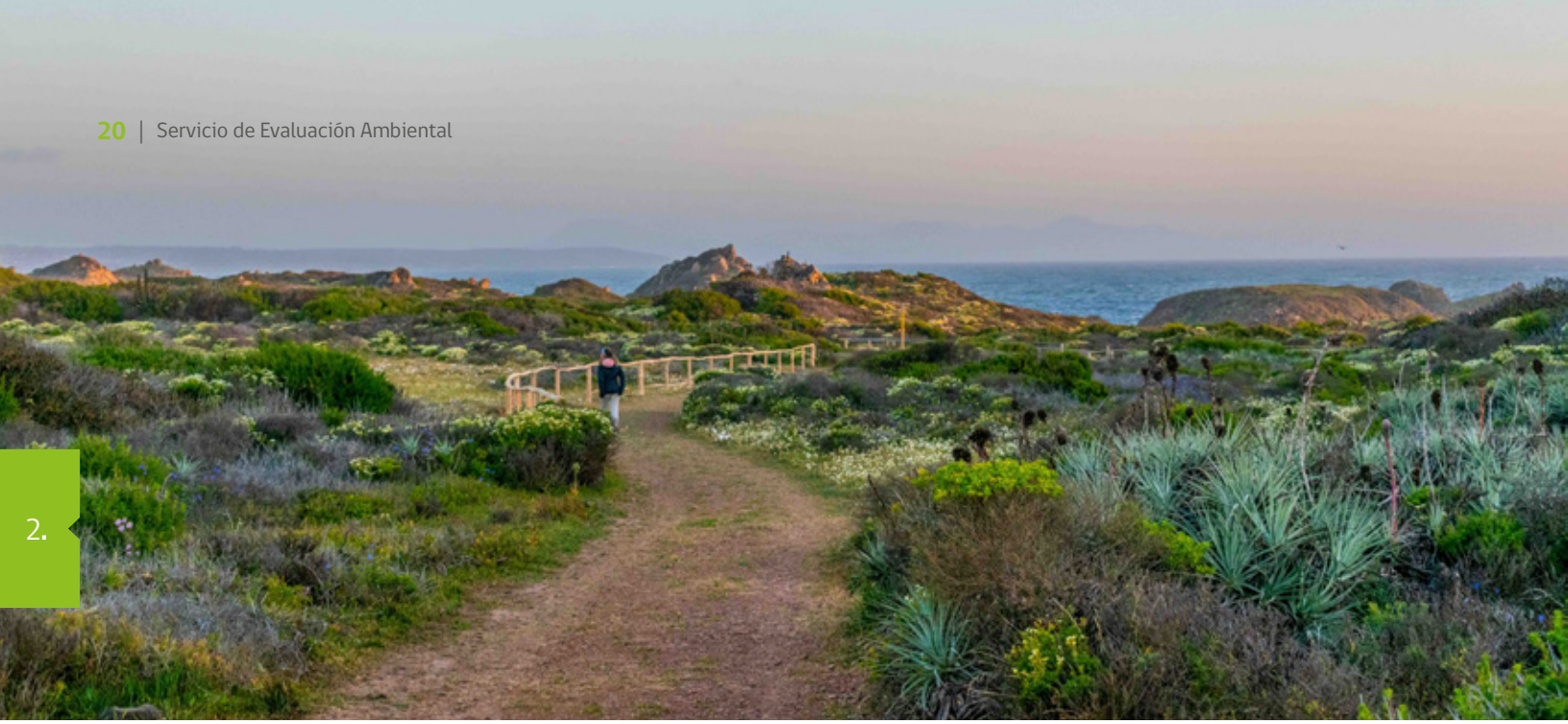
adversos significativos sobre los ecosistemas terrestres, así como la cantidad y calidad de sus componentes. De ser necesario, tanto en una DIA como un EIA, se pueden solicitar aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones, las que deben ser claras y debidamente justificadas en su relevancia para la evaluación.

Sin perjuicio de lo anterior, en el caso de considerar que falta información relevante o esencial para la evaluación que no puede ser subsanada por aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones, debe así señalarlo apenas este informe le sea requerido de manera detallada y fundada.

Los Oaeca que poseen competencias sobre los ecosistemas terrestres, en el marco de la temática de la presente Guía, son el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Ministerio de Agricultura (Minagri), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (Conaf), la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (Directemar), y el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin).



2.
MARCO CONCEPTUAL



2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Objetos de protección ambiental de los ecosistemas terrestres

De acuerdo con la definición de la Ley N°21.600 de ecosistemas, estos corresponden a un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional. Estos se organizan a través de flujos tanto de nutrientes, como de organismos, de energía y de información; generando así procesos clave que definen su estructura y posibilitan las condiciones para la existencia y desarrollo de la biodiversidad (Odum, 1971). Entre los procesos clave se encuentran, por ejemplo, los ciclos de nutrientes, procesos de descomposición, fotosíntesis, sucesión ecológica, o herencia genética, los que además proveen diversos servicios a la sociedad; de ahí también su alta relevancia.

La afectación de un componente o proceso de un ecosistema puede generar un desbalance en la frecuencia y magnitud de las interacciones entre componentes y, por lo tanto, afectar la integridad del ecosistema, teniendo como consecuencia efectos en cadena, que pueden ir desde la degradación del hábitat de una especie hasta cambios en el tipo de ecosistemas y paisajes.

Este desbalance también puede tener efectos directos e indirectos sobre la sociedad, a través del cambio en la disponibilidad de servicios ecosistémicos, los que se consideran atributos del **objeto de protección ambiental "ecosistema"**, y son reconocidos como factores del bienestar humano.

La Ley N°19.300, a través del artículo 11, define aquellos elementos o componentes ambientales que se pretenden proteger de impactos ambientales, siendo luego detallados en los artículos del 5° al 10 del Reglamento del SEIA. Los ecosistemas y sus componentes se encuentran incorporados específicamente en el artículo 11 letra b) de la Ley N°19.300 y el artículo 6° del Reglamento del SEIA, como también en el artículo 8°, donde se hace referencia al **valor ambiental del territorio** y a la **provisión de servicios ecosistémicos.**

Complementariamente, en el artículo 18 letra e), del Reglamento del SEIA, se detallan los contenidos mínimos de los elementos del medio que se deben describir en los EIA, especificando en la letra e.2 los referidos a **ecosistemas terrestres**, entre ellos el suelo, plantas, algas, hongos, animales silvestres y otros elementos bióticos; incluyendo además ciertos atributos de estos: ubicación, distribución, diversidad, abundancia y clasificación según su categoría de conservación, relaciones con medio físico, relaciones con ecosistemas acuáticos continentales y relaciones con ecosistemas marinos. Cabe destacar que otros elementos pueden ser necesarios para la descripción, dependiendo de las características del ambiente y del impacto.

Respecto al valor ambiental del territorio, en el art. 8° del Reglamento del SEIA se indica que se debe presentar un EIA cuando un proyecto o actividad "*se localiza en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar*". Esto implica la consideración y evaluación de ecosistemas protegidos y de los servicios que proveen los ecosistemas, teniendo en cuenta las interacciones con distintos grupos humanos, a través de procesos que constituyen las relaciones de dependencia sociedad-naturaleza arraigadas en la cultura de los distintos territorios, como pesca artesanal, leña, ceremonias religiosas o espirituales, entre otras (ver *Guía área de influencia de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos* [SEA, 2020]), tema que se aborda con más detalle en el capítulo 2.3 de la presente Guía.

Para el caso de áreas con protección oficial, los componentes o características del ecosistema que se deben considerar como OP están indicados en los decretos o resoluciones de creación[4] de dichas áreas, complementando de esta manera lo que establece el Reglamento del SEIA.

2.2 Descripción de áreas de influencia

Las AI son las áreas o espacios geográficos, cuyos atributos, sean elementos naturales o socioculturales, deben ser considerados y descritos con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los ECC del artículo 11 de la Ley N°19.300, en el caso de un EIA, o bien para justificar la inexistencia de dichos ECC, en caso de una DIA[5]. Las áreas de influencia se deben definir y justificar para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potencialmente significativos sobre ellos, así como las características del espacio geográfico en el cual se emplazan las partes, obras o acciones del proyecto o actividad.

---

4 Por ejemplo: La Res. Ex. 384/2006 del MBN que destina el terreno fiscal denominado Isla Grande, indica en su art. 3 que esta destinación tendrá como objetivo específico de conservación y protección el hábitat de las aves *Pelecanoides garnotii, Spheniscus humboldti, Oceanodroma tethys Kelsalli, Phalacrocorax gaimardii*; y mamíferos marinos *Lontra felina* y *Otaria flavescens*.

5 Ref. artículo 2° letra a) del Reglamento del SEIA.

En la elaboración de una DIA o de un EIA, el AI y sus OP deben ser caracterizados con distintos niveles de detalle. La diferencia radica principalmente en la profundidad de la descripción y en el tratamiento de los impactos ambientales, donde la DIA requiere de una descripción general que posibilite demostrar la inexistencia de impactos significativos, mientras que el EIA considera una descripción detallada de cada uno de sus elementos, distinguiendo —principalmente— la posible afectación de los OP.

En el caso de un EIA como de una DIA se establece como requerimiento la justificación de las áreas de influencia con base en criterios técnico-científicos.

La primera etapa para la delimitación de áreas de influencia implica la **descripción de las obras, partes y acciones del proyecto**, estableciendo sus factores generadores de impacto (FGI). La segunda etapa consiste en una **descripción básica o general** de los ecosistemas terrestres "localizados en o próximos" al proyecto y sus FGI, identificando sus objetos de protección o singularidades ambientales. Esta descripción puede basarse sólo en información secundaria validada en terreno. La tercera etapa consiste en **definir los impactos ambientales** potenciales del proyecto, teniendo en cuenta los factores generadores de impactos, los objetos de protección, singularidades ambientales y su expresión espacial. La cuarta etapa es la **definición de las áreas de influencia iniciales**, teniendo en cuenta el proyecto, los ecosistemas afectados y los posibles impactos sobre estos, pudiendo, si corresponde, tener un área de amortiguación o "*buffer*" de ancho variable alrededor de cada elemento que tenga el potencial de generar impactos.

En el caso de los EIA, donde se espera la ocurrencia de algunos de los ECC a que se refiere el artículo 11 de la Ley N°19.300, se considerará además una línea de base que deberá **describir detalladamente las áreas de influencia** del proyecto o actividad, con el objetivo de: (1) predecir y evaluar los impactos ambientales significativos que se puedan generar sobre los componentes del medio ambiente; (2) proponer las medidas de gestión de estos (mitigar, reparar o compensar impactos, de acuerdo a la jerarquía de medidas); y (3) diseñar el plan de seguimiento de dichos impactos.

Como se mencionó, se deben describir aquellos OP susceptibles de recibir impactos, para lo cual se deben considerar sus atributos más relevantes en función del tipo de impacto, asegurándose de conocer cabalmente una situación actual y, si correspondiera, analizar la posible evolución de los componentes en el escenario sin proyecto, esto a la luz de amenazas tales como el cambio climático.

Es importante notar que, si bien las DIA no requieren una línea de base como los EIA, algunas podrían requerir la descripción detallada de una o más áreas de influencia, dependiendo de la complejidad y extensión del proyecto, sus FGI y la biogeografía de su ubicación, todo ello con el fin de **lograr una justificación clara, completa y técnica que argumente la inexistencia de impactos significativos**, y colaborar con el diseño de compromisos ambientales voluntarios, en caso de que corresponda.

2.2.1 Descripción fundada en impactos de las áreas de influencia

Para una adecuada descripción de los componentes de ecosistemas terrestres se debe realizar previamente una identificación de impactos potenciales. Esta información permite reconocer los atributos más influyentes en el desarrollo de los impactos por componente, lo que facilitará la definición de la información clave a levantar y la determinación del método a aplicar. La información a obtener deberá ser suficiente para poder establecer un valor referencial de línea base (escenario sin proyecto) y permitir la predicción de la evolución de esta. Esta misma información deberá ser relevante y suficiente para diseñar las medidas y el plan de seguimiento.

Como ejemplo de lo anterior, la tala rasa de un bosque es un impacto muy diferente al del déficit hídrico inducido sobre el mismo bosque. Según estos impactos, las metodologías para la descripción de cada componente de los ecosistemas terrestres son distintas, toda vez que para cada caso se requiere un marco conceptual, una escala de análisis y datos de distinta naturaleza, tanto a nivel espacial como temporal. En el caso de la tala rasa se requerirá conocer la composición de la vegetación a ser afectada, luego se deberá levantar información sobre sus poblaciones, describiendo su abundancia (incluido un censo, en caso de especies protegidas), la representatividad de la población en la distribución general de la especie, además de sus interrelaciones con otros componentes del ecosistema.

Para el caso del déficit hídrico inducido se requerirá aplicar metodologías que puedan reflejar el efecto progresivo del estrés hídrico sobre la vitalidad de las plantas e integrar dichos efectos individuales a nivel de comunidad, por ejemplo, describiendo riqueza y composición. Para evaluar dicho impacto serán necesarios modelos que simulen la respuesta de la vegetación a la disminución en la disponibilidad de agua.

La elección de metodologías para la **descripción del AI fundada en impactos** debe poner el acento en la **interacción** que se produce entre las partes, obras y acciones del proyecto, y los componentes del ecosistema terrestre o receptor.

Al poner el foco en estas interacciones, la decisión respecto de las metodologías y variables que se requieren para describir al componente receptor se enfocan en aquella información que permite predecir la **transformación predecible de este**, y no en todos sus atributos particulares.

La transformación predecible de los componentes debe abarcar las fases de construcción, operación y cierre[6] del proyecto, y el nivel de profundidad de la información debe estar alineado con la significancia del impacto.

A continuación, la Tabla 1 presenta una lista de impactos ambientales sobre los componentes de ecosistemas terrestres que potencialmente se pueden manifestar a consecuencia de la ejecución de un proyecto. Esta lista no pretende ser exhaustiva; por lo tanto, no incluye todos los potenciales impactos que pueden generarse.

Tabla 1. Impactos sobre suelo, flora y vegetación, fauna y ecosistemas

SUELO	• Pérdida de suelo. • Activación de procesos erosivos o erosión del suelo. • Contaminación del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Pérdida de su capacidad para sustentar biodiversidad. • Otros.
FLORA Y VEGETACIÓN	• Pérdida de una población de flora o unidades de vegetación. • Modificación de la composición florística de una comunidad. • Modificación de estructura de la vegetación. • Pérdida de individuos o ejemplares de una población. • Invasión de individuos o ejemplares de flora. • Pérdida de *pool* genético local. • Otros.
FAUNA	• Pérdida de individuos o ejemplares de una población. • Pérdida de hábitat para fauna. • Invasión de individuos o ejemplares de fauna. • Alteración conductual de la fauna. • Modificación de la población, cambios en su estructura. • Otros.

6 De acuerdo con el artículo 3° letra o) de la Ley N°20.551, de 2011, del Ministerio de Minería, corresponde a las actividades de monitoreo y verificación de emisiones y efluentes y, en general, el seguimiento y control de todas aquellas condiciones que resultan de la ejecución de las medidas y actividades del plan de cierre, para garantizar en el tiempo la estabilidad física y química del lugar, así como el resguardo de la vida, salud, seguridad de las personas y medio ambiente, de acuerdo a la ley.

ECOSISTEMA	• Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Pérdida de superficie del ecosistema. • Modificación o pérdida de hábitat de fauna. • Fragmentación del ecosistema. • Cambio en la estructura del ecosistema. • Afectación de procesos ecológicos. • Afectación de servicios ecosistémicos. • Pérdida de resiliencia del ecosistema. • Otros.

2.2.2 Escalas y nivel de detalle para la descripción del área de influencia

Según la lógica fundada en impactos, la escala cartográfica y el nivel de detalle de la información espacial depende, por una parte, de la extensión de los FGI y su dinámica espacial y temporal[7]; y por otra, de las singularidades ambientales del ecosistema terrestre receptor, sus componentes e interacciones con otros ecosistemas (marinos y acuáticos continentales), sus interacciones con los grupos humanos y sus formas de vida.

Esto implica que la determinación de la escala cartográfica se asocie a la representación del impacto y las características de los componentes ambientales al nivel en la cual se manifiestan. La extensión del impacto definirá el área que se debe cartografiar para delimitar el área de influencia, pero serán las características del OP las que definirán el nivel de detalle que se debe alcanzar para describirlo correctamente, ya que es necesario que la mínima unidad cartografiable sea capaz de representar el OP de interés. Por ejemplo, la presencia de especies amenazadas[8] que dan origen a Bosques de Preservación, según la Ley N°20.283, requeriría de un mapa de alto detalle (escala fina) si el impacto a evaluar compromete algunas de estas especies (individuos o poblaciones). Sin embargo, el nivel de detalle puede ser menor cuando se establece que el OP es la unidad de vegetación (comunidad).

El esquema de la Figura 2 permite orientar respecto de la extensión y nivel de detalle que se requiere para generar una cartografía que dependa de la extensión del impacto y del tipo de OP a evaluar en ecosistemas terrestres.

7 Según los ciclos de vida de las especies, el uso del territorio y su despliegue en el espacio puede variar, siendo condicionado, por ejemplo, por períodos de reproducción, migraciones, hibernación o sopor, entre otros. Para el caso de la flora y vegetación se debe tener en consideración la dinámica vegetacional, dada por su composición y estructura.

8 Se entiende por especie amenazada aquellas que se encuentran clasificadas en las categorías Vulnerable (VU), En Peligro (EN) y En Peligro Critico (CR), o sus equivalentes, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Especies.

Figura 2. Extensión y escala espacial



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Figura 2, un FGI que tiene una extensión suprarregional, como la construcción de una línea de alta tensión, que afectará sitios donde habita una especie protegida, debe generar una cartografía que muestre toda el área del proyecto, y entregar un alto nivel de detalle para representar correctamente el objeto de protección afecto a sufrir el impacto, en este caso la población de la especie de interés. Se debe tener presente que no necesariamente ambas variables dentro de la figura están linealmente relacionadas, pudiendo existir poblaciones a escala subregional y paisajes ecológicos a escala local.

Complementariamente, y a modo de referencia, la Tabla 2 entrega la relación entre la mínima unidad cartografiable y la escala para diseñar un mapa utilizada para el desarrollo de las cartas de ocupación de tierra (COT)[9], la que también puede ayudar a definir la escala para representar los OP.

9 Hernández, J., Serra, M., y Yancas, L. (2000). *Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. Estudios de flora y vegetación.* Facultad de Ciencias Forestales y Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Tabla 2. Escala cartográfica de referencia para representar OP

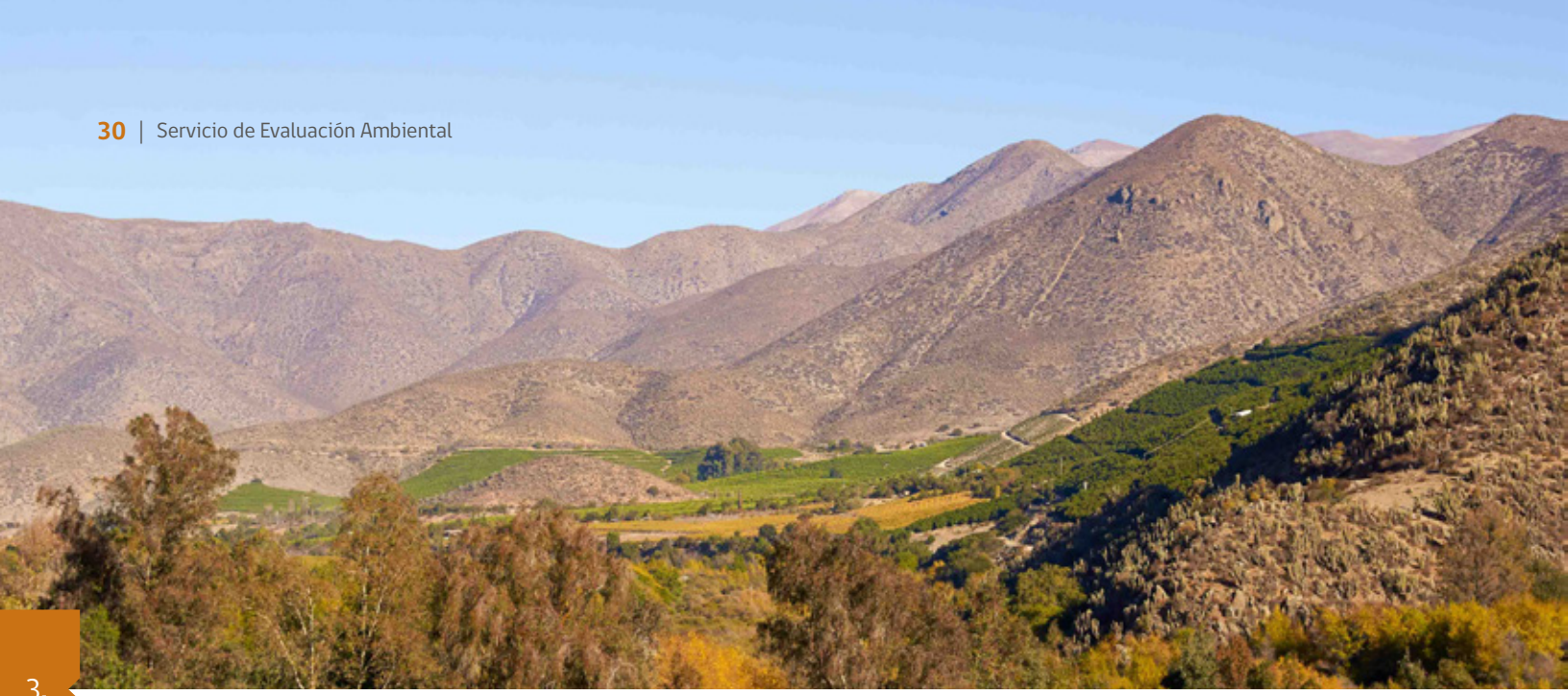
UNIDAD A REPRESENTAR	ESCALA	UNIDAD MÍNIMA CARTOGRAFIABLE	SUPERFICIE TOTAL ABARCADA POR UN MAPA (52X52 CM)
Paisajes / grandes ecosistemas, pisos vegetacionales	1:500.000 a 1:1.000.000	2.500 ha a 10.000 ha	69.500 km^2 a 278.000 km^2
Ecosistemas regionales, subregionales, comunidades, unidades de vegetación	1:50.000 a 1:250.000	25 ha a 625 ha	695 km^2 a 17.375 km^2
Comunidades, poblaciones	1:5.000 a 1:25.000	0,25 ha a 6,25 ha	695 ha a 17.375 ha
Poblaciones, localización de puntos de muestreo	1:100 a 1:2.000	1 m^2 a 400 m^2	2.780 m^2 a 111,2 ha

Cabe destacar que en función del nivel de detalle de la información requerida se debe elegir un diseño de muestreo, tanto en cantidad de puntos, o unidades muestrales, como número de réplicas por punto; para fauna terrestre se debe consultar el *Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos* (SEA, 2022). Esto debe ser acorde a la heterogeneidad de los ecosistemas terrestres presentes sobre la superficie de estudio, de forma tal que los resultados sean robustos y consistentes, cuenten con la fortaleza estadística necesaria para realizar interpretaciones y permitan tomar decisiones para el **seguimiento y gestión adecuada de cada impacto ambiental a lo largo de cada fase del proyecto** (construcción, operación y cierre).

La descripción del AI debe realizarse en varias campañas de trabajo en terreno con el fin de capturar la variabilidad natural de cada componente, identificando la presencia de componentes estacionales (ej. bulbos, aves migratorias, desierto florido, etc.). El levantamiento de información se debe hacer en al menos dos campañas realizadas en diferentes estaciones del año. Una de estas campañas debe corresponder a la estación de máxima expresión de biodiversidad, de acuerdo con las características del ecosistema a estudiar. Del mismo modo, la otra campaña debiese corresponder al período con menor expresión de diversidad, a modo de capturar la variación a lo largo del año. Para el caso de un EIA, se debe considerar la necesidad de realizar una campaña por cada estación del año. Es recomendable que los puntos de muestreo entre campañas correspondan a réplicas de las campañas anteriores, vale decir, deben tener la misma ubicación geográfica, con el fin de tener datos comparables y poder registrar posibles variaciones estacionales.

En el proceso de elaboración de un EIA o de una DIA comúnmente las campañas de terreno comienzan antes del término de la predicción y evaluación de impactos. Es por lo que frecuentemente los consultores comienzan con la descripción general de un área de influencia inicial de mayor extensión, incluyendo un área de amortiguamiento o *buffer*. Luego, en la medida que avanzan las campañas de terreno, junto con la descripción de los componentes bajo estudio y la predicción y evaluación de impactos, las áreas de influencia pueden variar entre la primera y la última campaña, hasta una versión final que sólo será definitiva después de que la predicción y evaluación de impactos esté completa. En este sentido, el proceso de delimitación de áreas de influencia es un proceso iterativo, que se nutre y perfecciona al aumentar el nivel de detalle de la información. Finalmente, es importante destacar que en la etapa final de la presentación del proyecto al SEIA, las áreas de influencia presentadas deben ser definitivas.

3.
METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DENTRO DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA



3. METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DENTRO DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA

En esta sección se presenta un catálogo de las distintas metodologías para la descripción de las áreas de influencia. La selección final de los métodos, el esfuerzo de muestreo y el diseño de las campañas de terreno debe ser planificado con el apoyo de especialistas.

Este catálogo de metodologías apunta a ser exhaustivo, pero no excluyente, ya que constantemente se crean nuevas metodologías, tecnologías, equipamiento y servicios relacionados con la descripción de ecosistemas.

Además, el conocimiento disponible sobre los ecosistemas terrestres en el país es escaso —en comparación con otros países—, pero aumenta año a año, y esto puede permitir la habilitación de nuevos métodos o niveles de análisis. Sin embargo, es relevante que cuando el titular estime conveniente el uso de métodos que no estén considerados en esta Guía, se entregue una adecuada fundamentación y justificación de su uso, con base en criterios científicos y técnicos validados bibliográficamente.

3.1 Metodologías para suelos

El Reglamento del SEIA establece que los impactos ambientales sobre el componente suelo deben ser objeto de estudio cuando el proyecto o actividad genere "*pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes*"[10].

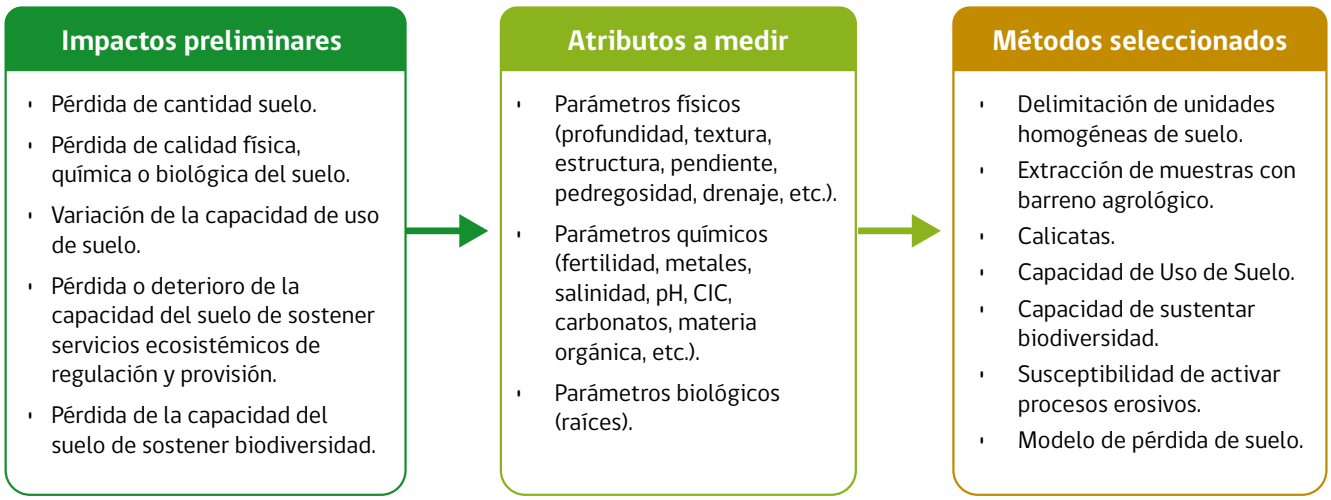
10 Ref. artículo 6° del Reglamento del SEIA.

Para evaluar dicho impacto es de suma utilidad la Pauta de Estudio de Suelos —elaborada por SAG (SAG, 2011 rectificada)—, la que clasifica los suelos en función de su capacidad de uso mediante el análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas, que le permiten ejecutar sus funciones ecosistémicas, es decir, funcionar como un sistema y sostener la producción biológica. En dicha pauta se especifican tres grupos de criterios para realizar esta clasificación de **Capacidad de Uso de Suelo** (CUS), estos son los criterios de aproximación, de definición y criterios especiales.

Para realizar esta caracterización es básico partir por la definición de unidades homogéneas de suelo, y focalizar los esfuerzos de muestreo de manera representativa. Para la determinación de estas unidades también contribuye la bibliografía generada por el Centro de Información de Recursos Naturales (Ciren) que, mediante estudios agrológicos, ha definido unidades cartográficas de suelo a lo largo del país, conocidas como "Series de Suelo". Este material es una importante fuente de información secundaria, que debe ser corroborada en terreno, para un ajuste de escalas y verificación de la realidad *in situ*. Así también contribuyen a la definición de unidades homogéneas las imágenes aéreas con usos actualizados de suelos, mapas de vegetación, entre otros que faciliten la fotointerpretación del emplazamiento.

En la siguiente sección se describen diferentes métodos destinados a la descripción del componente suelo. En virtud de los impactos que pueden ser asociados a un proyecto, así como de las singularidades del suelo, por ejemplo, en términos de su capacidad de sustentar biodiversidad, se deberán seleccionar las metodologías para caracterización de este componente. La Figura 3 indica un resumen de los impactos que pueden presentarse sobre el componente suelo, con ejemplos de los atributos a medir y los métodos disponibles en esta Guía para la descripción del componente.

Figura 3. Resumen de impactos, atributos y metodologías



Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que las metodologías presentadas a continuación son complementarias, y para realizar una correcta descripción del componente, así como una posterior evaluación de impactos, se puede requerir la aplicación de más de una metodología. El titular o consultor también puede complementar la información con métodos que no estén presentes en esta Guía, mientras estos sean debidamente justificados.

A continuación se describen diversos métodos que permiten caracterizar los parámetros necesarios para analizar el estado del suelo y evaluar posibles impactos.

3.1.1 Delimitación de unidades homogéneas de suelo (UHS)

Un estudio de suelo parte con la delimitación de unidades homogéneas de suelo. El propósito de éstas es **identificar suelos que comparten características similares** a raíz de las condiciones formativas de suelo, topografía, hidrografía, cobertura vegetal, y usos. Información bibliográfica o estudios previos en el terreno aportan a esta distinción, por ejemplo, el mapeo de series de suelos realizado por Ciren.

La delimitación de las UHS se realiza con sistemas de información geográfica y fotografías aéreas, generando polígonos representativos de cada unidad. Con ellas se deberán planificar los posteriores estudios de suelos en terreno, diseñando los muestreos de tal manera que todas las unidades queden representadas. Con las observaciones de terreno, las unidades pueden volver a ajustarse según si se identificaron características distintivas que no pudieron observarse en el trabajo de gabinete.

Las consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-1.

FICHA SU-1: SUELO – DELIMITACIÓN DE UNIDADES HOMOGÉNEAS DE SUELO	
Atributos, mediciones y resultados	UHS determinadas por características comunes de una superficie del AI en función de su pendiente, cobertura vegetal, uso, hidrografía, edafogénesis, series de suelo.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	Pérdida o deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
Equipos o material de apoyo requerido	Fotografía aérea del área de influencia. *Software* de sistema de información geográfico. Mapa de pendiente. Mapa de series de suelo (Ciren).
Profesionales requeridos	Especialista en suelo, agrónomo, geógrafo o afín.

FICHA SU-1: SUELO – DELIMITACIÓN DE UNIDADES HOMOGÉNEAS DE SUELO	
Referencias bibliográficas	Ciren (2019) *Guía de evaluación ambiental: Recurso Suelo del SAG.*

3.1.2 Extracción de muestras de suelo con barreno agrológico

Este método se utiliza en terreno para conocer un pedón[11]. Consiste en la extracción de muestras de suelo, las que pueden ser analizadas en el momento o bien ser enviadas a análisis de laboratorio para obtener información acerca de diversos parámetros fisicoquímicos. Mediante el uso del barreno (ver Figura 4) se pueden extraer muestras a diferentes profundidades, según sea el propósito del análisis, por ejemplo, si se desea conocer cuánto ha profundizado un determinado contaminante en el perfil será posible extraer muestras a diferentes profundidades, y luego enviar estas muestras a laboratorio. También es posible realizar una descripción textural *in situ*, e identificar de manera más rápida si existen horizontes de suelo con características distintivas que puedan estar afectando, por ejemplo, al drenaje.

El número y distanciamiento de muestras en el área de influencia se debe ajustar a la extensión, a las unidades homogéneas de suelo identificadas y a la escala de trabajo, por ejemplo, cada 200m o 500m.

Figura 4. Barreno agrológico



Fuente: Adobe Stock

11 Un pedón corresponde al mínimo volumen que puede ser llamado suelo.

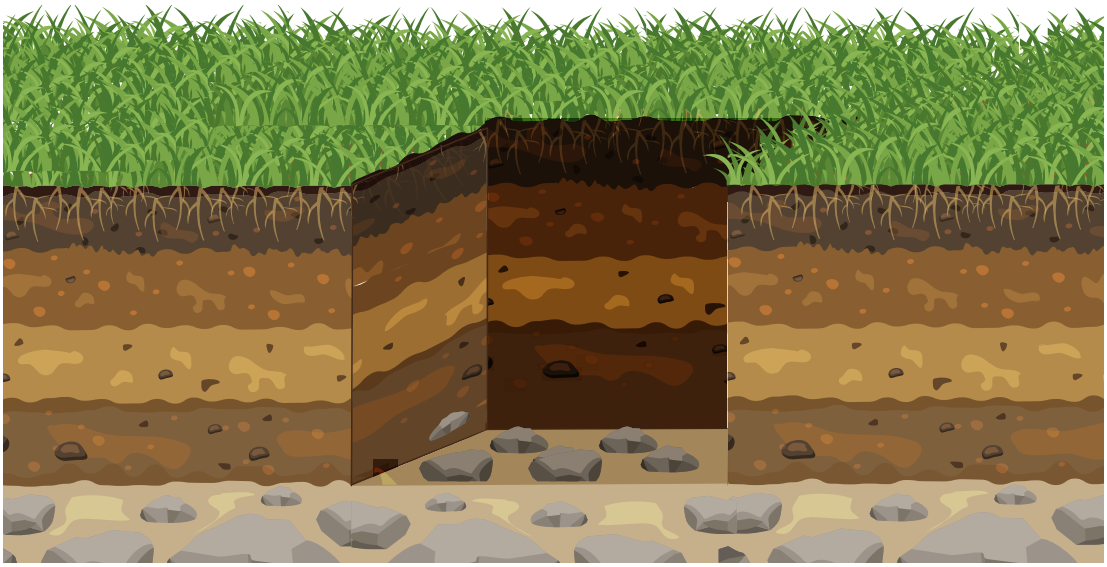
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-2.

FICHA SU-2: SUELO – EXTRACCIÓN DE MUESTRA CON BARRENO	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtienen resultados mediante análisis de muestras en laboratorio y observaciones *in situ*. En laboratorio se analizan atributos referidos a parámetros fisicoquímicos del suelo y capacidad de uso del suelo, tales como textura, pH, sodicidad, relación de adsorción de sodio (RAS), salinidad (CE), fertilidad (N, P, K, Zn, B, Al, entre otros), capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbonatos, metales (As, Hg, Cd, Pb, Cu, Mo, Mn, entre otros), materia orgánica. En terreno se pueden describir parámetros físicos como textura, estructura y color, y también carbonatos mediante la observación de la efervescencia al HCl.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Contaminación de suelo.
Equipos o material de apoyo requerido	Barreno agrológico, bolsas sellables marcadas, tabla Munsell, agua, solución para análisis de carbonatos mediante observación de efervescencia (HCl), botella de *spray*, GPS. En el caso de muestrear terrenos con potencial presencia de contaminantes, se deben seguir las indicaciones de la *Guía Metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes* (Ministerio del Medio Ambiente, 2012).
Profesionales requeridos	• Especialista en suelo, agrónomo o afín. • Contratación de trabajo de laboratorio para análisis de muestras de suelo.
Referencias bibliográficas	SAG (2011 rectificada) Pauta de Estudio de Suelo.

3.1.3 Calicatas

Las calicatas son excavaciones que se hacen en el suelo, de medidas variables, generalmente de un volumen de 1 m³ (ver Figura 5). El método permite caracterizar *in situ* el perfil de suelo y sus horizontes, observar la profundidad de raíces, la saturación de agua, presencia de capas impermeables, pedregosidad subsuperficial, entre otras características. **Cabe mencionar que éstas deben ser rellenadas una vez descritas con el fin de devolver el suelo a su condición inicial.**

Figura 5. Calicata



Fuente: elaboración propia

El número y distanciamiento de las calicatas se debe ajustar a la extensión del área de influencia, a la cantidad de unidades homogéneas de suelo detectadas y a la determinación de si se trata de una descripción general o detallada. Al identificarse impactos significativos será necesario tener un mayor nivel de detalle e intensidad de muestreo. Conforme a las recomendaciones del USDA-NRCS (2002) y de Rossiter y Vargas (2004), se propone la siguiente relación entre el tipo de estudio, la escala de la cartografía y el número de observaciones requeridas según hectárea de suelo.

Tabla 3. Intensidad de muestreo

NIVEL DE DETALLE	OBJETIVO	NÚMERO DE OBSERVACIONES	ESCALA DE CARTOGRAFÍA
Muy alto (muy intensivo)	Para levantamiento de mayor detalle pertinente para un EIA.	4 o más por ha	1 : 2.500
Alto (intensivo)		1 por cada 0,8 a 4 ha	1 : 10.000
Moderadamente alto (detallado)		1 cada 5 a 25 ha	1 : 25.000
Moderado (semi-detallado)		1 cada 20 a 100 ha	1 : 50.000
Moderado (semi-detallado)	Para levantamiento de menor detalle pertinente para una DIA.	1 cada 20 a 100 ha	1 : 50.000
Bajo (bajo detalle)		1 cada 100 a 400 ha	1 : 100.000
Muy bajo (reconocimiento)		Menos de 1 cada 400 ha	1 : 250.000

Generalmente se toman muestras de suelo de la calicata para ser enviadas a un laboratorio para análisis fisicoquímico. Si los análisis refieren a la presencia de contaminantes en el perfil, y se desea conocer si estos se han movilizado en el perfil, las muestras pueden tomarse avanzando a una distancia establecida en el perfil o bien por cada horizonte de suelo identificado.

Para el caso de toma de muestras de fertilidad se recomienda elaborar muestras compuestas tomadas de los primeros 25 cm de suelo (capa arable) en el área de la calicata y siempre dentro de la misma unidad homogénea de suelo.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-3.

FICHA SU-3: SUELO – CALICATAS	
Atributos, mediciones y resultados	Se analizan los atributos del perfil de suelo y sus horizontes, se verifican las series de suelo y se concluye respecto de su capacidad de uso de suelo. Para ello se mide la profundidad del suelo, pedregosidad superficial y subsuperficial, horizontes, color, textura, estructura, moteados, profundidad de raíces, drenaje, horizontes impermeables, porosidad, nivel freático. Se obtiene una descripción cualitativa de parámetros físicos. También es posible sacar muestras para análisis de laboratorio.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de suelo. • Activación de procesos erosivos o erosión del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Pérdida de la capacidad para sustentar biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	• Para excavar la calicata: pala, chuzo, o retroexcavadora. • Para describir el suelo y generar registro: tabla Munsell, huincha de medir, agua, solución para análisis de carbonatos mediante observación de efervescencia (HCl), botella de *spray*, cámara fotográfica, GPS.
Profesionales requeridos	• Especialista en suelo, agrónomo o afín. • Contratación de trabajo de laboratorio para análisis de muestras de suelo.

FICHA SU-3: SUELO - CALICATAS	
Consideraciones	• La cantidad de calicatas a realizar por UHS dependerá de la intensidad de muestro (descripción general o detallada) y de las escalas de trabajo. • En vez de elaborar calicatas, también es posible utilizar cortes de terreno, por ejemplo, de caminos u otros donde sea posible observar el perfil del suelo y sus horizontes. • Una vez tomados los datos de la calicata es necesario volver a taparla, devolviendo el suelo a su origen en el mismo orden de extracción, minimizando con ello la modificación del medio.
Referencias bibliográficas	SAG (2011 rectificada) Pauta de Estudio de Suelos, Schoeneberger *et al.* (2002); Rossiter y Vargas (2004). *Guía de evaluación ambiental: Recurso Suelo del SAG* (2019).

3.1.4 Capacidad de usos de suelos (CUS)

Según la Pauta para Estudio de Suelos "*la Capacidad de Uso de Suelos, en su concepto más amplio, representa la habilidad de los suelos para* ***ejecutar funciones*** *(intrínsecas o extrínsecas) en la magnitud que le son propias, lo que deriva del conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que poseen, que les permite funcionar como un sistema abierto viviente, dentro de los límites del ecosistema al que pertenecen y del uso dado y,* ***sostener la producción biológica y la vida de los organismos*** *que de él se sustentan*" (SAG, 2011 rectificada). En este sentido, la CUS es una aproximación a la capacidad de un suelo de sustentar biodiversidad, con rangos más amplios en la clase I y más restringidos en la clase VIII, por lo tanto, la CUS no debe entenderse meramente como una condición para la producción de cultivos agrícolas, sino también como la clasificación de una condición de calidad del suelo como potencial hábitat de biota en general.

La determinación de la CUS requiere de análisis bibliográfico, observación en terreno y análisis de datos en laboratorio.

Los criterios para evaluar la capacidad de uso de los suelos pueden dividirse en tres: **criterios de aproximación, criterios de definición y criterios especiales**.

Los **criterios de aproximación** permiten clasificar los suelos según puedan o no ser labo-reados, agrupándolos en suelos arables y no arables. Además, **de estos criterios se deducen características relevantes respecto de su capacidad de sustentar comunidades biológicas**.

Estos criterios son:

- **Profundidad:** permite deducir la potencial profundización de raíces y tipo de flora que podría sostener según las necesidades de enraizamiento de la especie. A mayor profundidad el suelo tendrá mejor CUS y mayor potencial para sustentar biodiversidad.
- **Pendiente:** permite prever la potencial erosión de suelos y la factibilidad de arraigamiento de la flora. A menor pendiente el suelo tendrá mejor CUS y mayor potencial para arraigar biodiversidad.
- **Pedregosidad superficial:** permite deducir la facilidad de germinación de semillas, y cobertura vegetal. A menor pedregosidad superficial el suelo tendrá mejor CUS y mayor potencial de sostener biodiversidad.
- **Clase de drenaje:** indicará el tipo de flora que puede habitar el suelo según si sus raíces son o no resistentes al agua y en qué medida. Con mejor drenaje el suelo tendrá mejor CUS, puesto que una mayor cantidad de cultivos agrícolas responderán bien a buenos drenajes, sin embargo, sabemos que los humedales, caracterizados por suelos de mal drenaje que permiten la acumulación de agua, albergan una gran biodiversidad. **De este modo el parámetro de drenaje no puede ser utilizado como indicador de capacidad de sustentar biodiversidad.**

Los **criterios de definición** también contribuyen a la determinación de la capacidad de uso de suelo, siendo estos complementarios a los criterios de aproximación. Estos son:

- **Textura:** corresponde a la cantidad de arcilla, limo y arena contenida en el suelo, desde lo cual se deducen una serie de características, como por ejemplo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), fertilidad, porosidad del suelo, y capacidad de retención de agua, incidiendo todo ello en la capacidad de sustentar vida. Mientras más equilibrada sea la textura tendrá mejor CUS y mayor potencial para sustentar diversas especies.
- **Agua aprovechable:** corresponde a aquella agua disponible para las plantas, retenida por el suelo entre el punto de marchitez permanente y capacidad de campo, expresado en centímetros columna de agua (cm c.a.). Esto incidirá en el tipo de flora que pueda albergar acorde a sus necesidades hídricas. Mientras mayor sea el agua aprovechable tendrá mejor CUS y podrá sustentar una mayor biodiversidad.
- **Pedregosidad subsuperficial:** esta característica incide en la exploración del suelo por parte de las raíces y en la fertilidad del suelo. A menor pedregosidad subsuperficial el suelo tendrá una mejor CUS y un mayor potencial de arraigar biodiversidad.
- **Clases de erosión:** la erosión permite prever la potencial capacidad de arraigo y germinación de semillas y su permanencia en el largo plazo. También representa la fertilidad del suelo en términos de presencia de materia orgánica en la capa superficial y la oportunidad de descomposición para generar un suelo enriquecido de nutrientes. Un suelo menos erosionado tendrá mejor capacidad de sustentar biodiversidad.
- **Clima (período libre de heladas, viento):** este criterio permite deducir directamente el tipo de plantas que puede desarrollarse en el lugar a causa de las temperaturas y

la inherente disposición a la erosión del suelo y desecamiento de plantas a causa del viento. Mientras menos heladas y menores vientos se presenten en el lugar será mejor la CUS y también habrá más capacidad de sustentar una mayor diversidad de especies.

Los **criterios especiales** son aquellos que describen una condición particular existente. Estos son:

- **Inundación:** la condición de inundación permitirá conocer si se trata o no de un suelo hídrico y, por lo tanto, del tipo de plantas que este puede arraigar. Un suelo no inundable tendrá mejor CUS, y será más apto para sustentar la diversidad de plantas que habitan ecosistemas terrestres; por el contrario, de ser inundable será apto para flora hidrófila, en ambos casos siendo capaz de sustentar una amplia gama de biodiversidad.
- **Salinidad:** esta característica, medida mediante su conductividad eléctrica, permite deducir el tipo de plantas que puede sostener el suelo según su resistencia o no a condiciones salinas. Valores de salinidad extrema implicarán una peor CUS y también dotarán de mayores restricciones para el poblamiento de diversidad de flora; sin embargo, aquella que habite este tipo de suelo probablemente tenga la característica de ser flora única, escasa o representativa.
- **Sodicidad:** se mide mediante relación de absorción de sodio (RAS), y define la fertilidad del suelo en términos de concentración de iones (Na, Mg, Ca), así como también el comportamiento de las arcillas, porosidad del suelo y capacidad de infiltración.
- **Alcalinidad:** está basada en la cantidad de carbonatos presentes. El pH incide fuertemente en la química del suelo, afectando en la presencia de biota, descomposición de materia orgánica, solubilidad de iones, estado de los metales pesados, y así también en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Condiciones de pH neutro implicarán suelos de mejor CUS y también podrán sustentar una mayor diversidad de especies de flora; sin embargo, aquella que habite suelos de pH extremo probablemente tenga la característica de ser flora única, escasa o representativa.

Estas variables pueden estudiarse mediante diferentes métodos, por ejemplo, análisis de laboratorio, métodos *insitu*, registros climáticos, bibliografía, etc. Existen tablas para cada uno de estos criterios en donde se agrupan en diferentes categorías según su valor. Teniendo estas categorías se puede consultar la tabla de "Clases de Capacidad de Uso de Suelos en función de los Criterios de Clasificación" en SAG (2011 rectificada) para poder conocer las CUS correspondientes.

Además, se suele incorporar una subclase de capacidad de uso, la que corresponde a una división en que se señala el factor genérico considerado como **más limitante** para el sitio clasificado en una CUS. Estas subclases son:

- **s:** suelo
- **w:** humedad
- **e:** riesgos o efectos de antiguas erosiones
- **cl:** clima

Las características que definen estas subclases se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 4. Características por subclase

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	SUBCLASE ASOCIADA			
		s	e	w	cl
1	Profundidad	X	X	X	
2	Pendiente	X	X		
3	Pedregosidad superficial	X			
4	Drenaje insuficiente	X	X	X	
5	Drenaje excesivo	X			
6	Textura liviana (arenoso)	X	X		
7	Textura pesada (arcilloso)	X		X	
8	Bajo almacenamiento de agua	X	X		
9	Pedregosidad subsuperficial	X			
10	Baja cobertura vegetacional		X		
11	Heladas				X
12	Vientos				X
13	Inundaciones	X		X	
14	Nivel freático alto	X		X	
15	Salinidad	X			
16	Sodicidad	X			
17	Alcalinidad	X			

Para reconocer las características de cada clase se aplican los criterios de la siguiente tabla extraída de la Pauta de Estudios de Suelo (SAG, 2011 rectificada).

Tabla 5. **Clases de capacidad de uso de suelos en función de los criterios de clasificación**

CLASE	CRITERIOS DE APROXIMACIÓN						CRITERIOS DE DEFINICIÓN						CRITERIOS ESPECIALES			
	Profundidad (cm)	Pendiente (%)		Pedregosidad superficial (%)		Drenaje	Textura	Agua aprovechable (cm c.a.)	Pedregosidad subsuperficial (%)	Erosión	Clima		Inundación	Salinidad (dS/m)	Sodicidad	Alcalinidad (%)
		Simple	Compleja	Gravas (2,0 – 7,5 cm diam)	Piedras (>7,5 cm diam)				(>2,0 cm diam)		Días libres de heladas	Viento			RAS (%)	
I	>90	<1	<3	<10	<5	Bien drenado	Fa_{mf} -FAL	18 o más	<5	No aparente	150 o más	Ausente a Moderado	Ninguna	<2	<5	0
II	>70	<5	<5	<10	<5	Bien drenado a Drenaje moderado	aF -A	12 a < 18	<15	No aparente a Ligera	≥100	Ausente a Moderado	Ninguna	<2	<5	0
III	>40	<8	<8	<20	<15	Bien drenado a Drenaje imperfecto	a_f -A	9,5 a < 12	<35	No aparente a Moderada	≥80	Ausente a Moderado	Ninguna a Frecuente	<4	<13	<2
IV	>20	<15	<15	<40	<35	Bien drenado a Pobremente drenado	a_g – A	5 a < 9,5	<35	No aparente a Moderada	≥50	Ausente a Moderado	Ninguna a Frecuente	<8	<18	2 a 10
V	Cualquiera	<1	<3	Cualquiera	Cualquiera	Pobremente drenado a Muy pobremente drenado	a_g – A	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	≥50	Cualquiera	Muy frecuente	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
VI	>20	<45	<45	≤85	≤50	Drenaje imperfecto a Excesivamente drenado	a_g – A	Cualquiera	<60	No aparente a Severa	≥50	Cualquiera	Ninguna a Muy frecuente	<12	<28	Cualquiera
VII	Cualquiera	<60	<60	Cualquiera	Cualquiera	Drenaje imperfecto a Excesivamente drenado	a_g – A	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Ninguna a Muy frecuente	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
VIII	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología descriptiva se resumen en la Ficha SU-4.

FICHA SU-4: SUELO – CAPACIDAD DE USOS DE SUELOS (CUS)	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtiene como resultado una clasificación de sitios según su capacidad de uso del suelo. Para ello se miden atributos agrupados en tres tipos de criterios, a saber: • Criterios aproximación: profundidad, pendiente, pedregosidad superficial, clase de drenaje. • Criterios definición: textura, agua aprovechable, pedregosidad subsuperficial, clases de erosión, viento, periodo libre de heladas. • Criterios especiales: inundación, salinidad, sodicidad, alcalinidad.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Activación de procesos erosivos o erosión del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Pérdida de suelo.
Equipos o material de apoyo requerido	• Huincha de medir, inclinómetro, patrón de porcentaje de coberturas de pedregosidad, bolsas selladas y marcadas para toma de muestras, solución para prueba de efervescencia (HCl). • Registros de estaciones con medición de viento y temperatura.
Profesionales requeridos	Especialista en suelo agrónomo o afín. Apoyo de persona con conocimientos en análisis de datos de estaciones meteorológicas.
Consideraciones	Se puede recurrir a los estudios agrológicos de Ciren para conocer algunos aspectos de las series de suelo. Existen páginas *web* de agrometeorología que entregan estadísticas en línea sobre variables meteorológicas (https://www.agromet.cl/, https://agrometeorologia.cl/).
Referencias bibliográficas	Pauta de Estudio de Suelos SAG (2011 rectificada). *Guía de evaluación ambiental: Recurso Suelo del SAG* (2019).

3.1.5 Capacidad de sustentar biodiversidad (CSB)

La necesidad de describir la capacidad del suelo de sustentar biodiversidad proviene del Reglamento del SEIA, artículo 6° letra a), donde se indica que con el objetivo de evaluar si se presentan impactos significativos se debe considerar: *"La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes"*. De modo complementario a este artículo, el artículo 6° letra b) aborda la consideración de la biodiversidad en sí. Esto implica que para hacerse cargo de lo que mandata el artículo 6° letra a) el foco debe estar en las características propias del suelo, mas no de la biota, pues esta última debe ser descrita y evaluada en su propio mérito.

Como se presentó en la metodología anterior, varios de los parámetros que sirven para definir la CUS también sirven para definir la capacidad de un suelo para sustentar biodiversidad (CSB).

Con el fin de objetivar esta condición y hacerla comparable, un primer paso es definir las limitantes del suelo en estudio por medio de la descripción de las calicatas, y con ello determinar las limitantes para cada unidad homogénea del área de influencia.

Cabe destacar que esta descripción puede realizarse para la condición actual, sin impactos, como también puede realizarse de manera predictiva para la condición con proyecto, es decir, con impactos. En este sentido, **esta metodología está fundada en impactos**, es decir, sus resultados permiten generar un análisis que contribuye de manera concreta a la evaluación ambiental del componente suelo, siendo consistente con lo planteado en el capítulo 2.2.1 de la presente Guía[12].

La Tabla 6 presenta los parámetros a describir.

Tabla 6. Limitantes del suelo para sostener biodiversidad

CRITERIO	CLASES		LIMITANTE PARA SOSTENER BIODIVERSIDAD
Profundidad	<20 cm	Muy delgado	Muy significativa
	20 a 40 cm	Delgado	Significativa
	40 a 70 cm	Ligeramente profundo	Leve
	>70 cm	Profundo a muy profundo	Ninguna

12 Más detalles de cómo utilizar las conclusiones que derivan de esta metodología en el posterior proceso de evaluación de impactos se presentará en posteriores Guías SEA.

CRITERIO	CLASES		LIMITANTE PARA SOSTENER BIODIVERSIDAD
Pendiente	Pendiente simple o compleja >60%	Muy escarpado o de montañas	Muy significativa
	Pendiente simple o compleja de 30 a <60%	Escarpado o de cerros. Moderadamente escarpado o de lomajes	Significativa
	Pendiente simple o compleja de 8 a <30%	Ligeramente escarpado a fuertemente ondulado. Fuertemente inclinado o moderadamente ondulado	Leve
	Pendiente simple o compleja de 5 a <1%	Suavemente inclinado u ondulado hasta plano	Ninguna
Pedregosidad superficial	>50% de piedras y >85% de gravas	Muy abundante	Muy significativa
	35 a 50% de piedras y 40 a 85% de gravas	Abundante	Significativa
	15 a <35% de piedras y 20 a <40% de gravas	Moderada	Leve
	0 a <15% de piedras y 0 a <20% de gravas	Ligera o sin pedregosidad	Ninguna
Agua aprovechable	Menos de 5 cm c.a.	Muy pobre	Muy significativa
	De 5 a 9,5 cm c.a.	Pobre	Significativa
	De 9,5 a <12 cm c.a.	Regular	Leve
	De 12 cm c.a a más	Buena o muy buena	Ninguna
Pedregosidad subsuperficial	60% y más	Muy abundante	Muy significativa
	35% a 60%	Abundante	Significativa
	15% a 35%	Moderada	Leve
	Sin pedregosidad a <15%	Ligera o sin pedregosidad	Ninguna

CRITERIO	CLASES		LIMITANTE PARA SOSTENER BIODIVERSIDAD
Erosión	Pérdida total del horizonte superficial, sustratos rocosos, cárcavas, grietas y deslizamientos comunes.	Muy severa	Muy significativa
	Áreas con material parental expuesto en superficie y alguna presencia de horizonte superficial (25%), cubierta vegetal menor al 30%, procesos activos de flujos.	Severa	Significativa
	Pérdida de 25 a 75% del horizonte superficial, pedestales, grietas de profundidad varias veces superior al ancho. Cubierta vegetal entre 30 a 70%.	Moderada	Leve
	Sin erosión a pérdidas del horizonte superficial menores al 25%. Cubierta vegetal mayor al 70%.	Ligera a no aparente	Ninguna
Salinidad	12 dS m^{-1} o más	Extremadamente salino	Muy significativa
	8 a <12 dS m^{-1}	Muy salino	Significativa
	4 a <8 dS m^{-1}	Moderadamente salino	Leve
	0 a <4 dS m^{-1}	Ligeramente salino a no salino	Ninguna

CRITERIO	CLASES		LIMITANTE PARA SOSTENER BIODIVERSIDAD
Sodicidad	RAS >28%	Muy fuertemente sódico	Muy significativa
	RAS 18 a 28%	Fuertemente sódico	Significativa
	RAS 13 a 18%	Moderadamente sódico	Leve
	RAS <13%	Ligeramente sódico a no sódico	Ninguna
Carácter calcáreo	Fuertemente efervescente con burbujas que forman rápidamente espuma alta. 25% o más	Extremadamente calcáreo	Muy significativa
	Con burbujas que forman espuma baja, de 10 a <25%	Fuertemente calcáreo	Significativa
	Efervescencia audible y visible, de 2 a <10%	Moderadamente calcáreo	Leve
	Efervescencia audible pero no visible, <2%	Ligeramente calcáreo a no calcáreo	Ninguna
*Nota: para más detalles de cada categoría, revisar la Pauta de Estudios de Suelo (SAG 2011 rectificada).			

Una vez definidas las limitantes de capacidad de uso de suelo, y con el uso de la Tabla 5, se podrá determinar una categoría para la CSB.

Tabla 7. Determinación de categorías de capacidad de sustentar biodiversidad

CATEGORÍA CSB	LIMITANTES POR CADA CATEGORÍA
Muy alta	Hasta 3 limitantes leves.
Alta	4 a 7 limitantes leves.
Media	Hasta 3 limitantes significativas. Hasta 9 limitantes leves.
Baja	Entre 3 y 9 limitantes significativas.
Muy baja	Una o más limitantes muy significativas.

Cabe reforzar que los parámetros de la metodología **sólo reflejan las condiciones del suelo y no de la biodiversidad presente**, puesto que la biota es otro componente ambiental que debe ser descrito en su propio mérito, con sus propias áreas de influencia y aplicación de metodologías descriptivas. En este sentido, para efectos de la evaluación de impactos sobre el componente "biodiversidad", la pérdida de CSB será uno de los aspectos a considerar, así como también el tipo de vegetación y fauna afectada, la capacidad de resiliencia del sistema, su fragilidad, servicios ecosistémicos presentes, entre otros parámetros indicados por la *Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales* (segunda edición) (SEA, 2023).

No se debe pasar por alto el hecho de que a pesar de que el suelo pueda tener una baja capacidad para sostener biodiversidad (a causa de sus múltiples limitantes), igualmente puede existir biota que se haya adaptado evolutivamente a dichas condiciones, configurando flora y fauna de alto valor ambiental. Es decir, en la evaluación ambiental de un proyecto puede presentarse la situación de que el componente suelo tenga una baja CSB, sin embargo, se presenten impactos significativos sobre la biodiversidad, la cual tenga, por ejemplo, un carácter singular en términos de ser única, escasa o representativa.

Por otro lado, puede suceder que se presenten suelos con una muy alta capacidad de sustentar biodiversidad, pero que en el presente no la sostenga a causa de la antropización del sitio, incendios u otros factores. En estas circunstancias podrían llegar a presentarse impactos significativos sobre el componente suelo, pero no sobre la biodiversidad.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-5.

FICHA SU-5: SUELO – CAPACIDAD DE SUSTENTAR BIODIVERSIDAD	
Atributos, mediciones y resultados	Los atributos se obtienen de los resultados de laboratorio a partir de muestras tomadas, así como también de las observaciones realizadas en terreno. Como resultado se obtiene una categoría para la CSB.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	Pérdida de suelos o deterioro físico, químico o biológico de estos.
Equipos o material de apoyo requerido	Descripción de profundidad, pendiente, pedregosidad superficial, pedregosidad subsuperficial, erosión, salinidad, sodicidad y carácter calcáreo.
Profesionales requeridos	Especialista en suelo agrónomo o afín.
Consideraciones	Estas categorías permiten tener una visión general de la riqueza de biodiversidad que **podría** albergar un suelo. **Siempre se debe tener presente que existe flora, fauna y funga adaptada a condiciones particulares, lo cual puede hacerlas altamente relevantes en términos de su valor como biota escasa, única o representativa. En este sentido, el hecho de que un suelo sea categorizado con una muy baja CSB no implica que no la albergue, y es altamente probable que de tenerla estas especies tengan de alto valor ambiental.** Un ejemplo de esto pueden ser los suelos del desierto florido. Por el contrario, puede presentarse un suelo con alta CSB, pero que a causa de la antropización del sitio este no tenga biota presente. En este sentido, un aspecto es la condición del suelo, y otro es la condición de la biota, y cada cual debe ser analizado en su propio mérito.
Referencias bibliográficas	Pauta de Estudio de Suelos SAG (2011 rectificada)

Finalmente, no es recomendable definir la CSB en base a la presencia o ausencia de biodiversidad, esto último a razón de:

- **La presencia de Biodiversidad depende en gran medida de la historia de uso del suelo, desastres naturales, entre otras variables contextuales que no necesariamente representan las cualidades del suelo en sí.**
- En cuanto a la biodiversidad subsuperficial e inherente al suelo se requerirían estudios nacionales de ésta para que los datos de un sitio puedan ser comparables y generar **inferencias con solidez técnica**. Su presencia también depende en gran medida de la historia del sitio y en particular de la presencia y tipo de vegetación del sitio.
- A la fecha no existen criterios para evaluar impactos sobre la biota subsuperficial; por lo tanto, el levantamiento de estos datos podría considerarse innecesario para una descripción de línea de base fundada en impactos.
- De acuerdo al artículo 11 de la Ley N°19.300 y al artículo 6° letra a) del Reglamento del SEIA, el suelo es un objeto de protección (OP), por lo tanto, le corresponde su propia descripción, delimitación de área de influencia, evaluación de impactos y diseño de medidas. Complementariamente, también se debe considerar el componente objeto de protección flora y vegetación, fauna y, por último, igualmente debe considerarse el ecosistema terrestre como un objeto de protección. En este sentido es correcto describir el OP suelo, para luego integrar los análisis específicos de cada componente en el nivel organizacional ecosistémico.

3.1.6 Susceptibilidad a la activación de procesos erosivos

El hecho de que un suelo sufra de erosión depende tanto de nuevas acciones que puedan darse sobre él, así como también de características propias del pedón que lo hacen más susceptible. Mayores pendientes, una pobre cobertura vegetal y la exposición a lluvias intensas son características preponderantes en la facilitación de procesos erosivos que son parte de la condición natural de un sitio.

Para que un proyecto pueda predecir su efecto erosivo, esta metodología permite clasificar las UHS según su susceptibilidad a erosionar, lo que deberá ser puesto en contexto de los factores generadores de impactos que se presentarán en cada área. Para profundizar se recomienda estudiar el documento "Evaluación de impactos de riesgo de activación de procesos erosivos" (SAG, 2016), en el cual se basa la presente metodología.

Lo primero es describir las UHS en términos de su erosión actual, a partir de observaciones en terreno. Para ello se identifica pérdida laminar, presencia de raíces expuestas, canículos, cárcavas, pedestales, costras (estructurales, coalescentes, deposicionales), pavimentos, arrastre y acumulación de tierra por viento, etc. Con ello se determina si el suelo clasifica como sin erosión, erosión ligera, moderada, severa o muy severa. La obtención de esta descripción servirá tanto para la descripción general del área de influencia como para corroborar la consistencia respecto de los resultados de la susceptibilidad a la erosión.

Figura 6. **Ejemplos de erosión**



Fuente: Deposiphotos

A continuación, la metodología implica determinar la **erodabilidad** del suelo, lo cual se definirá a partir de dos variables, la textura del primer horizonte y la profundidad (distancia vertical desde la superficie del suelo hasta una limitante permanente que dificulte el pazo de la raíz o del paso del agua), adquiriendo valores entre 1 y 4.

Tabla 8. **Determinación de la erodabilidad del suelo**

	CLASE DE TEXTURA			
CLASE DE PROFUNDIDAD	**BAJA** Textura arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa.	**MEDIA** Textura franca arcillo limosa, franca arcillosa, franca arcillo arenosa, arenosa franca y arenosa.	**ALTA** Textura franca arenosa, franca, franca limosa, limosa. Arcillas dispersivas (montmorillonita, illita).	**MUY ALTA** Textura franca arenosa, franca.
Baja Suelos profundos >90cm	1	1	2	3
Media Profundidad entre 70 y <90 cm	1	2	3	3
Alta Profundidad entre 40 y <70 cm	2	3	3	4
Muy alta Profundidad <40cm	2	3	4	4

Una vez definida la erodabilidad, se categorizará la pendiente en función del riesgo que supone para la erosión. La pendiente se expresará en porcentaje, categorizándola en 4 niveles según la siguiente tabla.

Tabla 9. **Riesgo de erosión según pendiente**

NIVEL DE RIESGO	PORCENTAJE DE PENDIENTE
Riesgo bajo o nulo	0 a 15%
Riesgo medio	15 a 45%
Riesgo alto	45 a 75%
Riesgo muy alto	75% a más

Otro criterio relevante para definir la susceptibilidad a la erosión tiene que ver con la **cobertura vegetal**, ya que ésta determina el nivel de protección del suelo ante la lluvia y el viento. Según el porcentaje de cobertura los grados de protección por cubierta vegetal varían en 4 categorías, según lo que se muestra en la Tabla 10.

Es necesario tener claro que por un lado está la cobertura vegetacional actual, de línea de base, pero para poder predecir los impactos de un proyecto, y ver efectivamente en qué condición de susceptibilidad quedará el suelo luego de realizadas las acciones y obras que lo modifiquen, **es necesario que el valor de cobertura vegetal utilizado en el cálculo sea el que se obtiene posterior a la acción de los factores generadores de impacto.**

Tabla 10. Desprotección a la erosión por cobertura vegetal

NIVEL DE DESPROTECCIÓN	CLASE VEGETACIONAL
Desprotección **Baja**	**Denso, con cobertura entre 75 a 100%.** Propio de vegas, praderas perennes, renoval denso, matorral arborescente denso, bosque nativo adulto denso, entre otros.
Desprotección **Media**	**Semidenso, con cobertura entre 50 y 75%.** Propio de cultivos agrícolas, plantación frutal adulta, plantaciones forestales, matorral pradera semidenso, matorral-suculentas denso, bosque nativo adulto abierto, entre otros.
Desprotección **Alta**	**Abierto, con cobertura entre 25 y 50%.** Propio de renoval abierto, plantación frutal joven, matorral-pradera abierto, matorral arborescente abierto, matorral-suculentas abierto, bosque nativo achaparrado abierto, entre otros.
Desprotección **Muy alta**	**Muy abierto, con cobertura entre 0 y 25%.** Propio de estepa andina central, matorral o bosque muy abierto, suculentas, renoval muy abierto, praderas anuales, rotación cultivo-pradera, entre otros.

Con los resultados obtenidos hasta aquí es posible asignar un valor de vulnerabilidad al suelo, el cual integre los valores obtenidos para erodabilidad, pendiente y cobertura vegetacional. Primero se ha de asociar la erodabilidad y pendiente, arrojando **el riesgo edafotopográfico**. Para ello se puede utilizar la siguiente tabla.

Tabla 11. Riesgo edafotopográfico a la erosión

	CLASE DE PENDIENTE			
CLASE DE ERODABILIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
BAJA	1	1	2	3
MEDIA	1	2	3	3
ALTA	2	3	3	4
MUY ALTA	3	3	4	4

Para integrar el riesgo edafotopográfico con la desprotección por presencia/ausencia de cobertura vegetal se ha de aplicar lo indicado en la Tabla 12.

Tabla 12. Clases de vulnerabilidad del suelo a la erosión

	CLASE DE DESPROTECCIÓN			
RIESGO EDAFOTOPOGRÁFICO	**BAJA**	**MEDIA**	**ALTA**	**MUY ALTA**
BAJO (1)	1	2	2	3
MEDIO (2)	2	2	2	3
ALTO (3)	2	3	3	4
MUY ALTO (4)	3	4	4	4

Por lo tanto, las clases de vulnerabilidad resultantes serían:

- **Clase 1:** Baja vulnerabilidad, suelos con bajo riesgo edafotopográfico y un grado de desprotección bajo.
- **Clase 2:** Vulnerabilidad media, suelos con riesgo edafotopográfico medio y desprotección baja o media y suelo con alto riesgo edafotopográfico y baja desprotección.
- **Clase 3:** Vulnerabilidad alta, suelos con riesgo edafotopográfico alto y desprotección, baja, media o alta y suelos con riesgo edafotopográfico muy alto y desprotección baja.
- **Clase 4:** Vulnerabilidad muy alta, suelos con riesgo edafotopográfico muy alto y desprotección media a muy alta.

Según la clase de vulnerabilidad y las variables que influyen en la erosión vinculadas al clima, tendremos la susceptibilidad a la activación de procesos erosivos de la UHS. Entre las variables del clima se encuentran tanto la fuerza del viento como la de la lluvia.

La parametrización de la **agresividad de la lluvia** se mide utilizando el índice de Founier (IF) o el índice Fournier modificado (IFM). El primero funciona mejor en la zona norte del país, donde las lluvias son escasas la mayor parte del año, mientras que el índice modificado genera una mejor representación para la zona centro y sur, donde las lluvias se concentran en algunos meses de manera significativa.

Para su cálculo se deben considerar los valores de los últimos 10 años para obtener la precipitación media anual y la precipitación máxima correspondiente al mes más lluvioso del año j. De este modo el IF se calcula:

$$IF_j = \frac{P\,max_j^2}{Pm}$$

Siendo *IFj* el índice Fournier para el año *j*, *Pmaxj* la precipitación correspondiente al mes más lluvioso del año *j* y *Pm* la precipitación media anual.

El cálculo de IFM es el siguiente:

$$IFM = \frac{\sum_{i=1}^{12} (P_{ij})^2}{P_m}$$

En este se incluye *Pij*, el cual representa la precipitación del mes *i* en el año *j*. Luego, los resultados de IF e IFM tendrán las siguientes clases de agresividad de lluvias.

Tabla 13. Agresividad de lluvia de acuerdo al índice Fournier

AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA	ÍNDICE FOURNIER (IF)
Agresividad baja	< 50
Agresividad media	Entre 50 y 100
Agresividad alta	Entre 150 y 200
Agresividad muy alta	> 200

El viento, por su parte, determina el arrastre de las partículas más finas de suelo, y rodamiento sobre el terreno de las partículas más gruesas. Muchas veces esto implica pérdida de materia orgánica y nutrientes en los sectores más expuestos y acumulación del material en otros. Para integrar el efecto del viento en el análisis de susceptibilidad a la erosión se deberá realizar una observación de la superficie de la UHS, y estimar el porcentaje de superficie que ha sufrido arrastre y acumulación de suelo a causa del viento.

Tabla 14. Agresividad del viento

CLASE DE AGRESIVIDAD DEL VIENTO	PORCENTAJE DE ARRASTRE Y ACUMULACIÓN DE SUELO SOBRE LA SUPERFICIE DE LA UHS
Bajo (1)	Arrastre 0 a 25% o acumulación entre 0 a 15%
Medio (2)	Arrastre 25 a 50% o acumulación entre 15 a 33%
Alto (3)	Arrastre 50 a 75% o acumulación entre 33 a 66%
Muy alto (4)	Arrastre 75 a100% o acumulación mayor a 66%

Finalmente, **se debe integrar la clase de vulnerabilidad del suelo con aquel parámetro de agresividad climática que es más limitante**. Por ejemplo, si se trata de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, en un sitio de alta exposición al viento, entonces el valor de la agresividad climática será el que se obtuvo para el viento. Por el contrario, si se trata de una zona, por ejemplo, ubicada en la Región de Biobío, de intensas lluvias, entonces el valor de la agresividad climática será el obtenido para lluvia.

Tabla 15. Susceptibilidad a la activación de procesos erosivos

	AGRESIVIDAD CLIMÁTICA			
VULNERABILIDAD	**BAJA**	**MEDIA**	**ALTA**	**MUY ALTA**
1	1	1	2	2
2	1	2	3	3
3	2	3	3	4
4	3	4	4	4

A modo de referencia estas clases de susceptibilidad pueden describirse como sigue:

- **Clase 1. Riesgo Bajo:** corresponde a sitios con vulnerabilidad baja y agresividad climática baja o agresividad media y vulnerabilidad del suelo baja. En esta situación, si la cobertura vegetacional es alta, con buena estructura y composición, lo que favorece una alta protección al suelo, de perderse o ser intervenida las pérdidas de suelo serían bajas.
- **Clase 2. Riesgo Medio:** sitios con agresividad climática baja o media y vulnerabilidad del suelo media o agresividad climática alta con vulnerabilidad del suelo baja o media. Son sitios que de perder la protección vegetacional se encuentran propensos a erosionarse. Por consiguiente, requieren medidas ambientales o un manejo de la cobertura vegetacional que permita mantener la protección del suelo.
- **Clase 3. Riesgo Alto:** en este caso la agresividad es muy alta y la vulnerabilidad del suelo media o baja o agresividad de baja, media o alta y vulnerabilidad del suelo alta o pueden tener agresividad baja y vulnerabilidad del suelo muy alta. Estos sitios requieren de medidas ambientales en la actualidad, y de desprotegerse, aumentan la probabilidad de erosionarse.
- **Clase 4. Muy Alto Riesgo:** la agresividad climática es media, alta o muy alta y vulnerabilidad del suelo muy alta o agresividad muy alta y vulnerabilidad alta. En estos sitios los suelos son altamente propensos a erosionarse, y de ser intervenida la vegetación requiere necesariamente medidas ambientales.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-6.

FICHA SU-6: SUELO – SUSCEPTIBILIDAD A LA ACTIVACIÓN DE PROCESOS EROSIVOS	
Atributos, mediciones y resultados	• Atributos requeridos: textura, profundidad, pendiente, cobertura vegetal, precipitaciones, arrastre y acumulación de suelo. Rasgos de erosión presentes. • Se mide IF o IFM, según corresponda, y se obtienen clases de riesgo edafotopográfico y climático que resultan en la determinación de la susceptibilidad a la activación de procesos erosivos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	Riesgo de activación de procesos erosivos, por ejemplo, por despeje de terreno, acciones constructivas o de operación en un sitio, cambio en los patrones de escurrimiento, entre otros.
Equipos o material de apoyo requerido	Pala o retroexcavadora para calicata, agua, cámara fotográfica, hojas de registro in situ, registro de precipitaciones.
Profesionales requeridos	Especialista en suelo agrónomo o afín.
Consideraciones	Ya que la metodología cuenta con varios procesos de determinación de valores con el uso de tabla, se recomienda manejar los datos en planilla Excel con orden y cuidado para no cometer errores. Siempre validar con juicio experto si los valores arrojados son consistentes con la realidad observada y representativos de la totalidad de la UHS.
Referencias bibliográficas	SAG, 2016. *Evaluación de impactos de riesgos de activación de procesos erosivos.*

3.1.7 Modelo de pérdida de suelo: *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE)

El modelo RUSLE es una de las metodologías más utilizadas para la estimación de pérdida de suelo. Corresponde a un modelo paramétrico empírico que ha sido probado y validado en diferentes tipos de suelos, climas y condiciones ambientales. Fue desarrollado en la década de 1930 por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

Para su estimación se requieren tanto datos físicos del suelo, como datos climáticos y de manejo. Se puede desarrollar de manera puntual, en un sitio específico, o a través del uso de herramientas geoestadísticas y Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuando se tengan puntos suficientes para dicho análisis.

La fórmula del modelo RUSLE es la siguiente:

$$\mathbf{A} = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A: Pérdida de suelo (ton/ha*año).

R: Erosividad de las precipitaciones (hJ*cm/m²*h*año). Este coeficiente puede obtenerse mediante el análisis de datos horarios de precipitación, siendo este el método más certero, pero más difícil de aplicar, debido a que existen sectores en donde no se cuenta con datos horarios de precipitación y porque se debe hacer un análisis de series de tiempo que puede resultar difícil de implementar. Debido a esto, el método más utilizado es el del índice de Fournier o índice modificado de Fournier, el cual requiere solamente valores mensuales de precipitación y sumatorias simples. También se cuenta con una capa de Erosividad en IDE Chile[13], pero ésta puede no ser de escala adecuada para ciertas áreas de influencia.

K: Erodabilidad del suelo (ton*h*m² /ha*hJ*cm). Este coeficiente se puede calcular por medio de una fórmula que requiere valores de textura, materia orgánica y estructura del suelo. Si se tienen datos de terreno es común que estos sean interpolados mediante técnicas como *Krigging* o IDW para el cálculo de USLE a nivel espacial. También se cuenta con una capa de Erosividad en IDE Chile, donde también se hace necesario ver la consistencia de escalas de trabajo.

L: Longitud de la ladera (adimensional). Este coeficiente se obtiene por mediciones de terreno o calculándolo en un Sistema de Información Geográfica a partir de un Modelo de Elevación Digital del Terreno.

S: Pendiente de la ladera (adimensional). Este coeficiente se obtiene por mediciones de terreno o calculándolo en un Sistema de Información Geográfica, a partir de un Modelo de Elevación Digital del Terreno.

C: Cobertura del suelo (adimensional). Este coeficiente se puede obtener mediante observación directa en campañas de terreno, mediante una capa de coberturas de suelo obtenida por clasificación supervisada o no supervisada (por ejemplo, Zao *et al.*, 2016), por productos satelitales como MODIS (MCD12[14]) o en cartas de uso y cobertura de suelo de

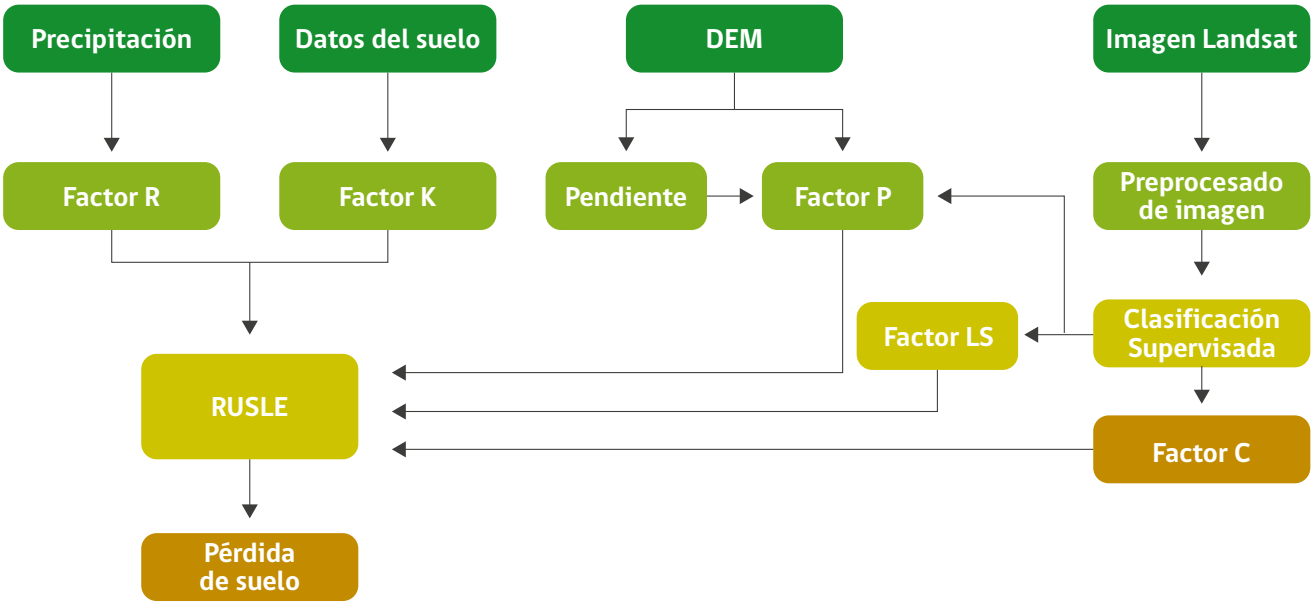
13 Esta información se puede obtener a través del Geoportal de IDE Chile: Geoportal de Chile.

14 https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataprod/mod12.php

Conaf[15], entre otras. Una vez obtenida las coberturas de suelo, existen valores tabulados del coeficiente para cada una.

P: Prácticas de conservación de suelo (adimensional). Este coeficiente se obtiene estudiando las diferentes prácticas que se utilizan en el sitio y encontrando los valores tabulados para cada categoría.

Figura 7. Esquema para la determinación de RUSLE



Fuente: Traducido de Tessema *et al.* (2020). *Soil loss estimation for conservation planning in the welmet of the Genale Dawa Basin*, Ethiopia. Agronomy, 10(6), 77

15 https://sit.conaf.cl

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha SU-7.

FICHA SU-7: SUELO – MODELOS DE ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE/RUSLE)	
Atributos, mediciones y resultados	Se concluye respecto de la calidad del suelo de acuerdo a parámetros como la erosividad y erodabilidad del suelo, longitud y pendiente de la ladera, cobertura vegetal, y técnicas de conservación. Esto permite estimar la pérdida de suelo por erosión (por punto o superficie).
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de suelo. • Erosión.
Equipos o material de apoyo requerido	*Software* SIG, imagen aérea, información climática, *shapefile* de erodabilidad y erosividad de IDE Chile, inclinómetro, GPS, tablas de coeficientes por prácticas de manejo.
Profesionales requeridos	Especialista en suelo, especialista en modelación espacial si se requiere una representación espacial del modelo, con experiencia en modelación de procesos erosivos.
Consideraciones	• La calidad de los resultados del modelo y la escala de aplicación depende de la calidad de los datos. • Existen datos cartográficos de erosividad y erodabilidad del suelo para todo Chile en la plataforma ide.cl (escala 1:250.000). • Existen datos de uso/cobertura de suelo por región en el Sistema de información Territorial de Conaf https://sit.conaf.cl/
Referencias bibliográficas	Renard *et al.* (1997); Mancilla (2008); Bonilla *et al.* (2010)

3.2 Metodologías para flora y vegetación

En la siguiente sección se describen diferentes métodos destinados a la descripción del componente flora y vegetación. Estos métodos tienen diferentes aplicaciones de acuerdo con el atributo que se busca describir, así como la taxa objetivo. En virtud de los impactos preliminares o básicos que pueden ser asociados a un proyecto, así como de las singularidades

que se presentan a partir de las relaciones entre la flora y vegetación que serán receptoras de sus impactos, se deberán seleccionar las metodologías para la caracterización de este componente con base en un modelo conceptual para la identificación de las variables a medir y los métodos para la evaluación de estos parámetros (Figura 8).

Cabe destacar que las metodologías aquí presentadas deben ser consideradas como complementarias, presentándose metodología de levantamiento inicial de información, como Braun-Blanquet o la Carta de Ocupación de Tierras (COT); luego metodologías que pueden aportar en el detalle por Taxa como Parcelas de Muestreo Forestal para formaciones arbustivas o bosques. Las metodologías ocupadas deben ser las idóneas para describir adecuadamente el ambiente de acuerdo con las especies y formaciones a describir y los posibles impactos. El titular puede complementar con métodos distintos a los presentados en esta Guía con la debida justificación de la idoneidad en el proceso.

Figura 8. Ejemplo de síntesis del modelo conceptual para la selección de metodologías



Fuente: elaboración propia

Para establecer la diversidad de especies en la superficie asociada al proyecto en estudio, se deberán seleccionar y utilizar diferentes métodos acordes a las características o atributos que se busquen describir de acuerdo con los impactos potenciales, por lo cual a continuación se presentan metodologías recomendadas para herbáceas, arbustos o tipos vegetacionales, así como para flora no vascular, hongos y líquenes.

Al momento de realizar el diseño de muestreo se deben tener en cuenta algunas consideraciones. Un factor relevante es el nivel de detalle que se requiere y si el nivel de detalle presentado por el método es suficiente por sí solo para realizar una descripción del componente, ya sea general o detallada, así como para evaluar o descartar impactos de acuerdo con el artículo 6° del Reglamento del SEIA, así como la información necesaria para entregar alguno de los PAS asociados al componente. Luego, de acuerdo con el nivel de detalle, se deberá definir el nivel de precisión requerido para el muestreo.

El diseño de muestreo deberá elaborarse de acuerdo con los requerimientos de información necesarios para la descripción de la formación vegetacional y el entendimiento de los potenciales impactos del proyecto sobre esta. La caracterización de una formación vegetacional deberá contar con una validez estadística cuando:

- Presenta singularidades, en términos de unicidad, escasez o representatividad.
- Corresponde a una formación regulada por ley.
- Exista la potencialidad de que el proyecto genere impactos significativos sobre esta.
- Se deba descartar alguna de las condiciones anteriormente descritas.

Los resultados deberán presentar el error asociado, así como la justificación técnica del método utilizado. Esto permitirá contar con datos confiables para la predicción de impactos, facilitando el diseño de medidas y, en caso de corresponder, entregando información necesaria para la obtención de PAS.

Los parámetros de una población pueden ser descritos a partir de una muestra de la población total que la represente. Dependiendo de la muestra seleccionada pueden variar los resultados. Así, el diseño muestral tiene por objetivo una correcta estimación de los parámetros de la población con una suficiencia estadística. Los principales diseños muestrales corresponden a:

Muestreo Aleatorio Simple (MAS)

Se utiliza en el caso de que se pueda asumir que todos los elementos de la población poseen una igual probabilidad de ser registrados. Así, se distribuyen las Unidades de Muestreo (UM) de manera aleatoria. Este diseño es apropiado para formaciones homogéneas o para formaciones de pequeño tamaño, resultantes de dividir una población mayor en distintas subpoblaciones o estratas. También son útiles en muestreos preliminares con el fin de planificar el diseño posterior.

Muestreo Estratificado

Se utiliza cuando la población se encuentra separada en subpoblaciones, estratos o grupos pequeños, los que tendrían una homogeneidad interna y pueden ser muestreados de manera independiente. Luego, entre cada estrato o subgrupo se debe realizar un muestreo aleatorio simple. Para aplicar este método es necesario tener el conocimiento previo para realizar la subdivisión (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Sorrentino, 1997; Prodan *et al.*, 1997; Vallejos, 2000). Este muestreo es apropiado para bosques con rodales de distintas edades, índices de sitio (alturas), especies diferentes, entre otros.

Muestreo Sistemático

Se utiliza para cubrir toda la población de muestreo de la manera más uniforme posible a intervalos regulares. Este muestreo consiste en distribuir una red de parcelas ordenadas siguiendo una geometría regular, sobre el área que se quiere muestrear. Los puntos de muestreo pueden ser previamente definidos, ser definido al azar o se puede definir en terreno, seleccionando el primer punto al azar y siguiendo el patrón o intervalo previamente definido para completar el resto de la muestra.

Para evitar sesgo en las estimaciones o en sus errores, se deben evitar los siguientes errores de diseño:

- Distribución subjetiva de la muestra.
- Aglomeración de las unidades.
- Localización de unidades en red sistemática no representativa.

3.2.1 Método de inventarios fitosociológicos de Braun-Blanquet (*Relevé*)

Este es un método que permite estimar la composición florística y abundancia de especies de una unidad vegetacional. Corresponde a un método estimativo y requiere ser complementado con otras metodologías cuantitativas que permitan evaluar la significancia de impactos.

El primer paso relevante es definir la localización de la parcela, para lo cual se deben definir polígonos de unidades vegetacionales homogéneas, ya sea por fotointerpretación u otro método. Luego, dentro de la unidad, se debe seleccionar un área representativa en su composición florística.

Para la determinación de la superficie de la unidad muestral (parcela) se utiliza el método del área mínima cualitativa[16] (curva del área/especie) o bien una unidad muestral con el tamaño suficiente para incorporar unidades homogéneas y representativas de un tipo de vegetación. Definida la superficie de la unidad muestral, se elabora un listado de especies presentes en cada parcela. Luego, se estima de manera visual la cobertura de cada una de las especies presentes dentro de la parcela, la cobertura se calcula sobre la base de la superficie cubierta por la proyección sobre el suelo del sistema de vástagos de todos los individuos de una especie, y se representa como un porcentaje respecto del tamaño de la unidad muestral. Se recomienda que el levantamiento de información se realice por estratos.

16 Este método consiste en contar el número de especies dentro de una parcela de pequeño tamaño. Luego, progresivamente se va aumentando el área y anotando el número total de especies dentro de ella. La información es posteriormente graficada y en el punto que la curva se aplana y se aproxima a la asíntota, se encuentra el área mínima.

A modo de recomendación general, y de acuerdo con la necesidad de que las superficies sean definidas por un especialista en conocimiento de las características del terreno, las superficies de las parcelas pueden trabajarse en los siguientes rangos:

- Cubierta de líquenes y briofitas[17]: 0,01 – 0,1 m^2
- Estrato vegetacional herbáceo: 1 – 2 m^2
- Cobertura de herbáceas y arbustos de baja altura: 4 m^2
- Cobertura arbustiva-arbórea de baja altura: 10 m^2
- Estrato arbóreo: 100 – 1.000 m^2

El registro de la cobertura de cada especie se efectúa de acuerdo con la escala propuesta por Braun-Blanquet (1979), que se indica en la Tabla 16 y que se complementa con la Figura 9 de referencia.

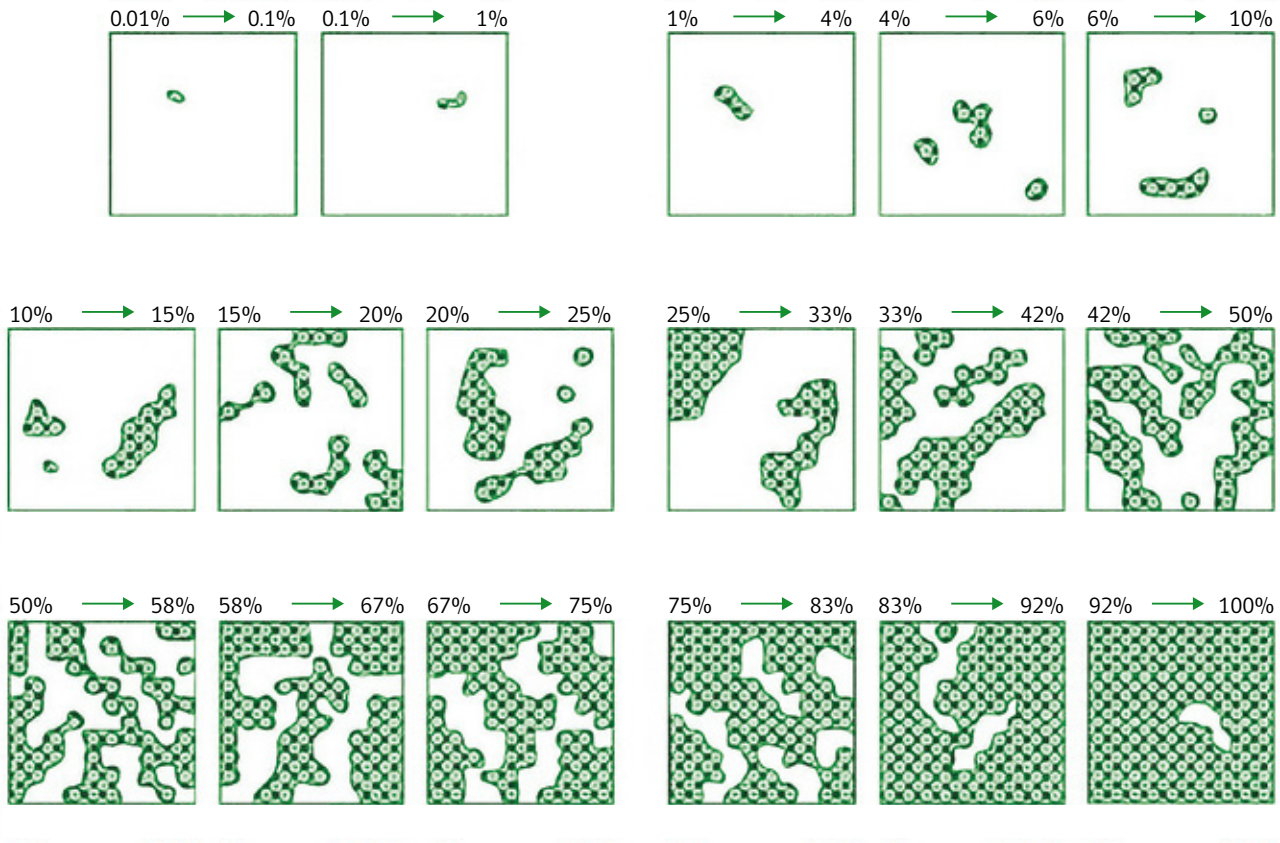
Tabla 16. Escala de coberturas de Braun-Blanquet

CÓDIGO DE COBERTURA	DESCRIPCIÓN DE COBERTURA
p	Registro fuera de la parcela (pero cerca de los límites); cobertura insignificante
r	Individuo solitario, cobertura insignificante
+	Pocos individuos con cobertura poco significativa
1	Numerosos individuos con cobertura < 5%
2m	Número de individuos > 50, con cobertura < 5%
2a	Numerosos individuos con cobertura entre 5 -15 %
2b	Cobertura entre 16 – 25 %
3	Cobertura entre 26 – 50 %
4	Cobertura entre 51 – 75 %
5	Cobertura entre 76 – 100%

Fuente: modificado de Braun-Blanquet (1987)

17 Incluyendo musgos, hepáticas y antoceros.

Figura 9. Coberturas referenciales



Fuente: Vaida, *et al.* (2016). Impact on the abandonment of semi-natural grasslands from Apuseni Mountains. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, *73*(2), 323-331

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-1.

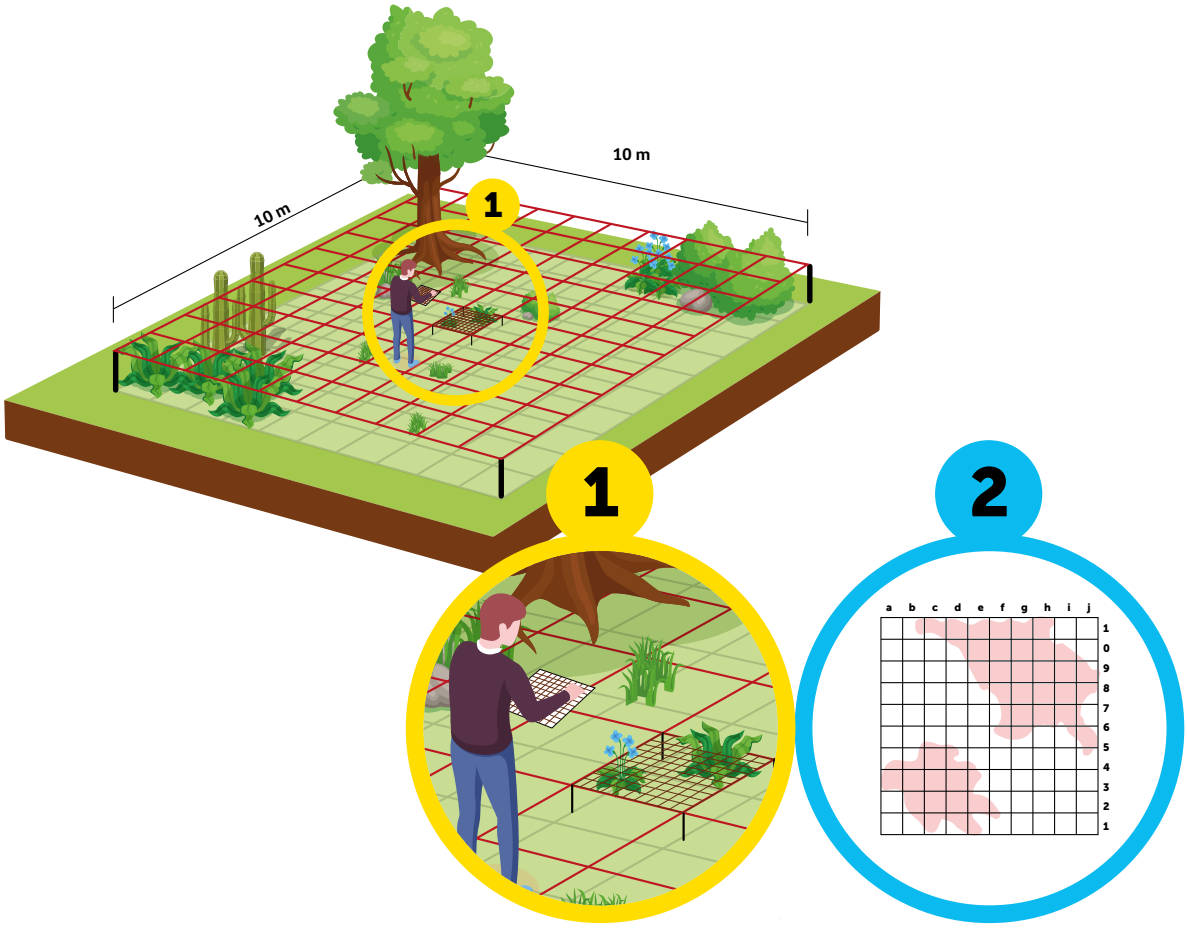
FICHA FL-1: FLORA – MÉTODO DE INVENTARIOS FITOSOCIOLÓGICOS DE BRAUN-BLANQUET	
Atributos, mediciones y resultados	• Se obtiene información de atributos tales como la composición, riqueza y abundancia, mediante la identificación de especies y la descripción de la cobertura por cada especie. • Gracias a ello es posible conocer la composición florística, el rango de cobertura de las distintas especies y su dominancia.
Tipo de impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de flora. • Invasión de ejemplares de flora. • Modificación de la composición florística de una comunidad. • Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Huinchas de medir, cuerdas, formularios de terreno, GPS, herbario.
Consideraciones	Este es un método rápido y sencillo de utilizar, por lo que es práctico para colectar datos iniciales de terreno. **Fuente común de error**: La cobertura de las especies se calcula a través de una estimación visual, lo que genera subjetividad en los resultados asociados a cierto grado de error. Puede ocurrir que el observador tienda a sobreestimar aquellas especies que estén en estado de floración o sean más conspicuas, subestimando el resto. Por estos motivos, debe ser considerado como un método de reconocimiento inicial y ser complementado con metodologías más detalladas para realizar una adecuada evaluación de impactos. Por lo mismo no puede ser utilizada para evaluar formaciones reguladas por ley. La metodología representa una fotografía del momento y se construye de manera discrecional, lo que la hace inaplicable para evaluar cambios graduales en la composición florística, por lo que no es útil asociarla a un Plan de Seguimiento.
Profesionales requeridos	Una cuadrilla de dos profesionales con conocimientos en reconocimiento de flora y vegetación, y experiencia en la aplicación del método en terreno.
Referencias bibliográficas	Shimwell (1971); Bonham (1989); Braun-Blanquet, (1979); Kent (2011); Mueller - Dombois y Ellenberg (1974); Zuloaga *et al.* (2008).

3.2.2 Cuadrantes / Parcelas

Esta metodología tiene por propósito caracterizar la composición florística y la abundancia de especies bajo un muestreo sistemático o aleatorio. El tamaño de la parcela se define de acuerdo con los tipos biológicos dominantes (árbol, arbusto, herbáceas, suculentas), cuya dimensión mínima debe ser tal que el rango de frecuencia de las especies presentes varíe entre 5% y 95%. En cada unidad muestral se procederá a identificar las especies presentes, contabilizando el número total de individuos por especie, así como el porcentaje de suelo cubierto por especie (cobertura) (ver Figura 10).

El cálculo de la cobertura suele tener un componente estimativo de la percepción del profesional; para disminuir este error se puede tratar la parcela dentro de una cuadrilla. Además, se pueden realizar dos mediciones perpendiculares de la proyección de la copa de cada árbol o arbusto para mejorar la precisión.

Figura 10. Parcelas o cuadrantes



Fuente: González *et al.* (2015). Plataformas de monitoreo para vegetación: toma y análisis de datos. *Monitoreo a procesos de restauración ecológica*, 87

Se sugiere considerar las siguientes superficies[18]:

- Cubierta de briófitas: 0,01 a 0,1 m^2
- Cubierta herbácea: 1 a 2 m^2
- Cubierta con herbáceas altas y arbustos pequeños (<0,5 m): 4 m^2
- Cubierta arbustiva y árboles pequeños (<2 m): 10 m^2
- Cubierta arbórea: 100 m^2 a 1.000 m^2.

También se debe contabilizar el porcentaje de suelo cubierto[19] por cada especie, de acuerdo con la siguiente referencia de porcentaje de cobertura (%):

- Muy escasa: 1-5%
- Escasa: 5-10%
- Muy clara: 10-25%
- Clara: 25-50%
- Poco densa: 50-75%
- Densa: 75-90%
- Muy densa: 90-100%

Una vez evaluada toda la muestra se procede a calcular la cobertura **por especie.**

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-2.

18 En casos de sistemas naturales de baja cobertura, se deben considerar superficies mayores que permitan describir adecuadamente la unidad.

19 Cabe destacar que los nombres corresponden a una estandarización referido a una unidad de superficie y en ningún caso a un calificativo sobre la calidad del recurso.

FICHA FL-2: FLORA – CUADRANTES / PARCELAS	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtiene información acerca de la composición, riqueza y abundancia. La metodología implica la identificación de especies, determinación de número de individuos por especie y la definición de cobertura de la especie dentro de la parcela. Los resultados permitirán conocer: • **Riqueza:** N° de especies por cuadrante, o bien por la superficie total. • **Frecuencia:** N° de veces que una especie se encuentra presente en un determinado número de cuadrantes. • **Densidad:** N° de individuos en una determinada unidad de área. • **Cobertura:** Porcentaje de suelo cubierto por vegetación con relación a una determinada unidad de área.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de flora. • Invasión de ejemplares de flora. • Modificación de la composición florística de una comunidad. • Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Planillas de terreno, huinchas de medir, GPS, esquemas de referencia para la estimación del patrón de cobertura con base en la literatura.
Consideraciones	• Método con altos niveles de precisión. • Método adecuado para comunidades arbóreas, arbustivas y herbáceas. • Es necesario utilizar parcelas de superficie tal que aseguren la representatividad de cada unidad muestral, para lo cual se recurre al método del área mínima (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974). **Fuente común de error:** El método para calcular la variable "cobertura" posee un carácter estimativo, ya que depende de la apreciación visual del observador, generando un cierto grado de error o imprecisión. Este error se puede solventar a través de la combinación con otras metodologías.
Profesionales requeridos	Una cuadrilla de dos profesionales con conocimientos de flora y experiencia en la aplicación del método en terreno.
Referencias bibliográficas	Cain y Castro (1959); Shimwell (1971); Kent (2011).

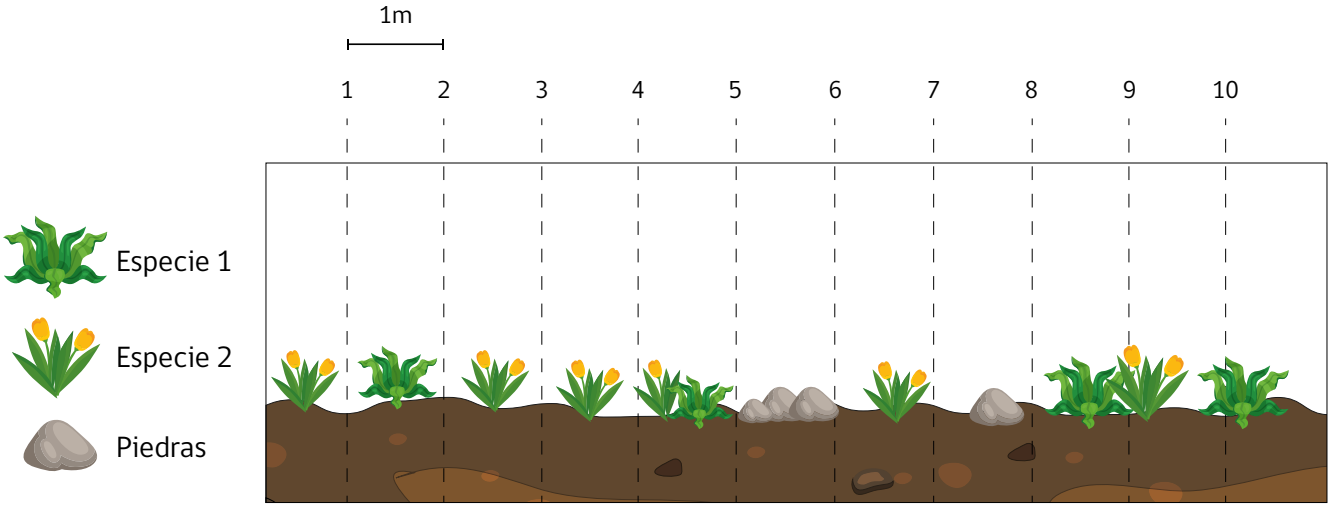
3.2.3 *Point Quadrat*

Este es un método utilizado para evaluar cuantitativamente la composición florística con un alto nivel de precisión. Este método fue originalmente diseñado para trabajar con **formaciones herbáceas,** pero se ha extendido **a formaciones con especies arbustivas y arbóreas**.

El método consiste en establecer un transecto con una huincha de medir marcada con estacas, sobre la cual se distribuyen 100 puntos uniformemente. En cada punto se hace descender una aguja o varilla, se anotan todas las especies que se encuentre en el descenso de la aguja, así como en la proyección vertical superior, se recomienda anotar las especies por estrato (ver Figura 11).

La longitud del transecto dependerá de las características de la formación que se busca describir. En formaciones de herbáceas se pueden utilizar transectos de 10 metros con puntos distanciados cada 10 cm. En formaciones con presencia de especies arbustivas o arbóreas, puede ser recomendable utilizar transectos de 30 o 50 metros, con mayor distanciamiento de los puntos. Es relevante que dentro del transecto se encuentren al menos el 80% de las especies de la formación, por lo que es importante hacer una caracterización florística previa.

Figura 11. Método *Point Quadrat*



Fuente: elaboración propia, (Hernandez, 2000)

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-3.

FICHA FL-3: FLORA – *POINT QUADRAT*	
Atributos, mediciones y resultados	Se busca describir la composición, riqueza, frecuencia y distribución de especies, para lo cual el método busca identificar las especies interceptadas. Como resultado se obtiene: • **Frecuencia específica:** número de intervalos en los cuales se observó una determinada especie, con relación al número total de intervalos en la línea. • **Contribución específica:** relación entre la frecuencia específica de una especie y la suma de las frecuencias específicas de todas las especies censadas en la línea. • **Presencia:** se considera que una especie está presente toda vez que es interceptada en la línea. Se contabiliza sólo una vez por cada intervalo en el cual se intercepte.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de flora. • Invasión de ejemplares de flora. • Modificación de la composición florística de una comunidad. • Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Planillas de terreno, herbario de terreno, huinchas de medir metálicas, estacas, GPS.
Consideraciones	• Método dirigido a formaciones herbáceas que permite altos niveles de precisión. • La ubicación de transectas debe ser dirigida, lo que requiere un conocimiento acabado para identificar las poblaciones o comunidades más sensibles.
Profesionales requeridos	Dos profesionales con conocimientos de flora y experiencia en la aplicación del método en terreno.
Referencias bibliográficas	Bonham (1989); Shimwell (1971); Kent (2011).

3.2.4 Método de los cuartos

Este método, conocido también como "punto centro cuadrado", permite estimar la abundancia y la composición florística medida a través de la densidad y de la frecuencia de especies, respectivamente. Para ello se realiza un muestreo aleatorio o sistemático, donde se eligen puntos de muestreo siguiendo un rumbo geográfico determinado. El número de puntos va a depender del tamaño de la formación a describir y de la homogeneidad de esta formación. Así, mientras más homogénea la formación, requiere de menor número de puntos. En cada punto se traza una línea imaginaria en la dirección del rumbo seguido y otra perpendicular a ésta, formando una cruz con cuatro cuadrantes en ángulo de 90°, donde se hará el muestreo de flora.

En cada cuadrante se mide la distancia horizontal al árbol o arbusto más cercano al punto central. Al final, en cada punto se consideran sólo 4 individuos de especies leñosas, de los cuales se pueden tomar medidas adicionales como especie, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), forma de copa u otros.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-4.

FICHA FL-4: FLORA – MÉTODO DE LOS CUARTOS	
Atributos, mediciones y resultados	Esta metodología busca conocer atributos tales como la abundancia y estado fitosanitario, para lo cual identifica especies, mide la distancia del individuo al centro y el diámetro a la altura del pecho (DAP). Como resultado se obtiene: **Densidad absoluta:** a partir de las cuatro mediciones de distancias efectuadas en cada punto de muestreo se obtiene una distancia promedio, y a partir de ésta, el área media ocupada por cada individuo. **Densidad relativa:** razón entre la densidad absoluta de una especie y la densidad absoluta total de todas las especies. **Frecuencia absoluta:** número de veces que una especie se encuentra presente en un punto, en relación con el número total de puntos. **Frecuencia relativa:** número de veces que una especie se encuentra presente en un punto, en relación con el total de ocurrencias de todas las especies.

FICHA FL-4: FLORA – MÉTODO DE LOS CUARTOS	
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de flora. • Invasión de ejemplares de flora. • Modificación de la composición florística de una comunidad. • Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Afectación en la condición o estado de la flora. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Planillas de terreno, huinchas de medir, GPS, distanciómetro, forcípula y brújula.
Consideraciones	Métodos apropiados para bosques y matorrales densos. Método de difícil aplicación en formaciones vegetales con espaciamiento muy amplio entre individuos. Es aplicable solamente a formaciones vegetales con individuos distribuidos al azar. En formaciones vegetales con especies que tienen distribución agrupada, se produce una estimación distorsionada de su densidad.
Profesionales requeridos	Dos profesionales con conocimientos de flora.
Referencias bibliográficas	Bonham (1989); Shimwell (1971); Mueller-Dombois y Ellemberg (1974); Kent (2011); Tesam-Conama (1996).

3.2.5 Censo

Un censo corresponde a la recopilación del número de individuos pertenecientes a una población o presentes en un área determinada. El número total de individuos puede contabilizarse de manera relativamente sencilla en poblaciones reducidas, distribuidas en áreas pequeñas.

En el caso de conteo directo es común saltarse o no ver parte de los individuos; para evitar este tipo de errores se recomienda contar con más de un profesional realizando el conteo y así comparar los resultados. También es muy útil marcar los individuos de la especie seleccionada para luego contar las marcas, evitando así confusiones. Durante el recorrido del área se debe asegurar la revisión completa del sector para lograr un conteo total de los individuos, por este motivo es relevante presentar los resultados de este método incluyendo el *track* de trabajo que permita asegurar el recorrido del área.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-5.

FICHA FL-5: FLORA – CENSO	
Atributos, mediciones y resultados	• Se obtiene información acerca de la abundancia. La metodología implica la identificación de especies y determinación del número de individuos por especie. • Los resultados permitirán conocer tamaño y distribución de los individuos de una especie en un espacio determinado.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de flora. • Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Planillas de terreno, huinchas de medir, GPS.
Consideraciones	El uso de este método es recomendable en sectores o formaciones con especies en categoría de amenaza. Este método es recomendable para aquellas áreas o formaciones que vayan a tener una afectación directa por parte del proyecto. **Fuente común de error:** El GPS posee un margen de error que puede ser de 3 metros o más. Para evitar este error, no se debe considerar esta herramienta para marcar los individuos de la especie.
Profesionales requeridos	Uno a dos profesionales con conocimientos de flora y experiencia en la aplicación del método en terreno.
Referencias bibliográficas	Sutherland (2006).

3.2.6 Muestreo para hongos, líquenes y briófitas

Esta técnica se aplica para obtener riqueza de especies[20]. El área de estudio corresponderá a las superficies establecidas para el componente de flora y vegetación (especies vasculares), debido a su asociación con el componente. En cada punto de muestreo se realiza una búsqueda de fructificaciones o colonias de hongos (macromicetes), de briófitas y talos de líquenes. La búsqueda se acentúa en sectores con condiciones propicias para la aparición de los organismos bajo estudio, así como la presencia de especies vegetales a las que pueden estar asociadas las especies fúngicas, presencia de materia orgánica en descomposición (ej. madera, acumulación de hojarasca, estiércol animal, etc.) y presencia de elementos como rocas y troncos que sirvan de sustrato para los hongos liquenizados.

La búsqueda también se enfatiza en sectores ribereños, con acumulación de humedad o sombríos, como bases de arbustos en quebradas o laderas de exposición sur, que pueden ser favorables para el desarrollo de briófitas, cuya presencia está altamente ligada a su hábitat (Söderström, 1988). Estas condiciones pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica y las especies potenciales del sector; se recomienda realizar una revisión bibliográfica de ellas para definir adecuadamente los hábitats que se deben prospectar. Este tipo de muestreo permite caracterizar grandes áreas debido a su eficiencia y a que maximiza las probabilidades de encontrar ejemplares, y de este modo aproximarse de mejor forma a la riqueza total de especies del área de estudio (Lodge *et al.*, 2004; Schmit y Lodge, 2005).

En el caso de no ser posible el reconocimiento certero de la especie en terreno se recomiendan las siguientes metodologías de colecta por grupos:

Para hongos la colecta sigue las metodologías propuestas por Lodge *et al.*, (2004) y Stephenson *et al.*, (2013). Se debe llevar un registro del ambiente y del estado del macromicete, describiendo posibles cambios en coloración al manipularlo, etapa del ciclo de vida en que se encuentra, forma y tamaño. Luego de esto se excava alrededor de la base del estipe para registrar la posible presencia de volva, para luego delicadamente sustraer el hongo junto con parte del sustrato.

La metodología utilizada para muestrear líquenes corresponde a la descrita por Will-Wolf *et al.*, (2004). Su colecta depende del sustrato, por ejemplo, para líquenes saxícolas (es decir, asentados en roca) es necesario obtener un pedazo de roca que incluya el ejemplar, evitando rasparlo, utilizando martillo y cincel (MacDonald *et al.*, 2011). Para líquenes epífitos, que crecen sobre plantas, se remueve el organismo junto con el sustrato correspondiente (por ejemplo, hojas, madera, corteza).

Para la colecta de briófitas, se utiliza la metodología propuesta por Schofield (1985) y por Ardiles *et al.*, (2008). El organismo a colectar es fotografiado y luego removido con cuidado, junto con parte del sustrato. En el caso de briófitas que se encuentren en contacto con el agua, se procede a prensar para eliminar el exceso de humedad. Los organismos que presentan esporofitos son considerados como prioritarios para su colecta, ya que esta estructura posee

20 Si lo que se desea es evaluar cobertura, se recomienda ver método Braun-Blanquet.

caracteres taxonómicos valiosos para una correcta identificación. Para obtener una mayor precisión de los datos recogidos en terreno se utiliza una lupa de mano que permite ver en detalle las especies colectadas en terreno.

En todos los casos anteriores las muestras deben ser deshidratadas posteriormente a la colecta. Las colecciones de hongos, líquenes y briófitas son analizadas mediante observaciones morfológicas de importancia taxonómica, tanto macroscópicas como microscópicas, previa rehidratación de porciones de los especímenes. La identificación de las especies se obtiene a través de claves y descripciones de literatura especializada. Debido a la frecuente plasticidad fenotípica de estos organismos, la comparación con materiales de herbario resulta necesaria para una correcta identificación.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FL-6.

FICHA FL-6: FLORA – OTROS (HONGOS, LÍQUENES, BRIÓFITAS)	
Atributos, mediciones y resultados	Se caracteriza la riqueza de especies, identificando las especies presentes por punto de muestreo.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de individuos o ejemplares de criptógamas. • Modificación de la composición de una comunidad. • Modificación o pérdida de hábitat de criptógamas.
Equipos o material de apoyo requerido	Espátula, martillo, cincel, bolsas de papel, papel absorbente, deshidratador, formularios de terreno, GPS, lupa, guantes.
Consideraciones	Método que entrega resultados sólo de riqueza de especies; para evaluar cobertura, considerar otro tipo de método, como por ejemplo, método de parcelas o cuadrantes (Ficha FL-2). Es relevante registrar el sustrato sobre el cual se desarrolla el ejemplar encontrado. Si los especialistas pueden identificar la especie en terreno, entonces no es recomendada su extracción.
Profesionales requeridos	Un profesional con conocimientos en identificación y colecta en terreno, en el caso de tener especies sin identificar, se requerirá un profesional especialista en la identificación en laboratorio para cada grupo muestreado (hongos, líquenes y briófitas).
Referencias bibliográficas a consultar	Lodge *et al.* (2004); Schmit y Lodge (2005); Stephenson *et al.* (2013), Rossman *et al.* (1998), Will-Wolf *et al.* (2004); MacDonald *et al.* (2011); Schofield (1985), Ardiles *et al.* (2008).

3.2.7 Parcelas de muestreo forestal

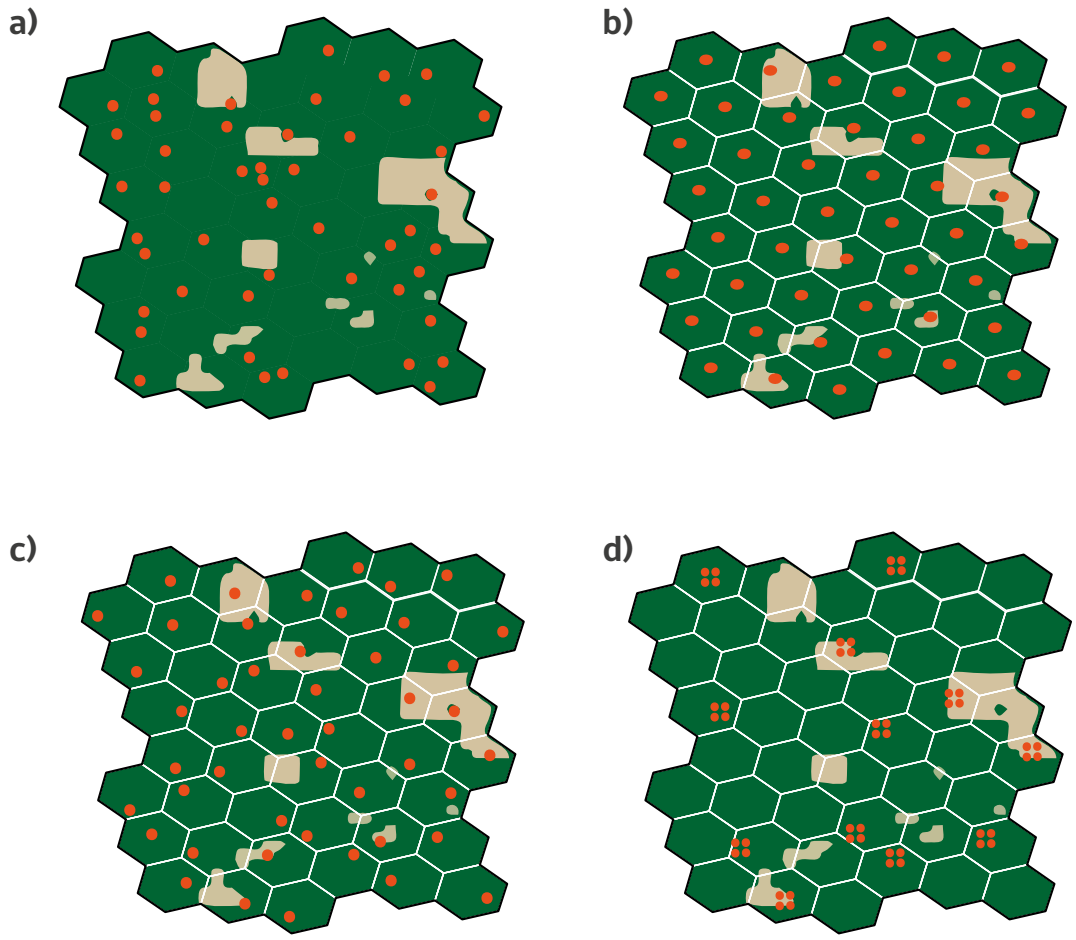
Las parcelas de muestreo forestal es la técnica más común para realizar inventarios forestales. Además, este es el único método que permite determinar las formaciones vegetales que se encuentran reguladas por la normativa forestal.

Esta metodología se aplica para conocer y describir de manera cuantitativa y cualitativa la condición y parámetros forestales de formaciones arbóreas y arbustivas. Esta permite describir la estructura horizontal y el estado de crecimiento/desarrollo del bosque. Para esto se selecciona una muestra que representará el total de la población, debido a que normalmente las poblaciones forestales son muy extensas y de difícil acceso. Luego, se define una parcela de tamaño estandarizado y dentro de los límites de esta parcela se contarán todos los árboles y arbustos, independientemente de su estado de desarrollo. A los árboles se les medirá el diámetro a la altura del pecho.

La densidad se determinará a través de un muestreo estadístico de diversas parcelas, distribuidas en forma sistemática, aleatoria, en conglomerados o estratificada dentro de la formación. La forma de las parcelas puede variar, ya sea redonda, rectangular o cuadrada. Para los inventarios forestales, para bosques adultos, se utilizan normalmente parcelas de 500 a 1000 m^2 en sentido de la pendiente, mientras que para regeneración natural o bosques juveniles se utilizan parcelas de menor tamaño, por ejemplo, de 200 m^2. Tanto el tipo de muestreo, como la forma, tamaño y número de parcelas debe ser justificado técnicamente por el titular.

El número de parcelas, tamaño, forma y distribución está relacionado con el error máximo, este se calcula de acuerdo con el coeficiente de variación del parámetro a estudiar. Normalmente se aceptan errores máximos de un 10% para plantaciones y 20% para el bosque nativo (Prodan *et al.*, 1997), en el caso de bosque heterogéneos (resultantes de intervenciones pasadas sin criterio de manejo) o irregulares (como el bosque esclerófilo o el valdiviano), en que no sea posible llegar a ese error máximo, deberá ser complementado con una buena descripción cualitativa del recurso.

Figura 12. Parcelas de muestreo forestal o unidades muestrales



(a) Diseño de muestreo aleatorio simple, **(b)** diseño de muestreo sistemático alineado, **(c)** diseño de muestreo sistemático no alineado, **(d)** diseño de muestreo sistemático, agrupado, no alineado con el mismo número de parcelas pero agrupadas.

Fuente: McRoberts *et al.* (1992). Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales. *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales. FAO. Roma, Italia*

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-1.

FICHA VE-1: VEGETACIÓN – PARCELAS DE MUESTREO FORESTAL	
Atributos, mediciones y resultados	• Cobertura, riqueza, abundancia, diversidad, DAP. **Se miden variables como:** • Identificación especies en terreno. • Número de individuos por especie. • Altura de los individuos. • Diámetro a la altura del pecho de los árboles del rodal (DAP). • Medición del diámetro mayor y el perpendicular de las copas de las especies clasificadas como arbóreas, arbustivas y suculentas. • Cobertura arbórea (%). • Estado de desarrollo. • Estado fitosanitario. • Estructura del bosque (horizontal y vertical). **Como resultado se obtiene:** • Número total de árboles por unidad de área (N° de individuos/ha). • Número de árboles por especie por unidad de área (N° de individuos por especie/ha). • Número de arbustos por especie por unidad de área (N° de individuos por especie/ha). • Número total de arbustos por unidad de área (N° de individuos/ha). • Diámetro promedio del árbol a la altura de pecho (DAP). • Altura media (m). • Altura dominante (m). • Área basal del rodal (m^2/ha): $\Sigma\ \pi*(DAP_i)^2/4$. • Volumen bruto y volumen neto del rodal (m^3/ha): se calcula en función del volumen, o un factor de forma por especies, utilizando el DAP y altura de árboles de cada parcela. • Diámetro medio cuadrático del rodal (DMC).
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Modificación de la población. • Pérdida de una comunidad de vegetación arbórea o arbustiva. • Fragmentación del ecosistema. • Modificación de la estructura del ecosistema.

FICHA VE-1: VEGETACIÓN – PARCELAS DE MUESTREO FORESTAL	
Equipos o material de apoyo requerido	Huinchas de medir o cuerdas marcadas, huincha diamétrica, clinómetro, forcípulas, hipsómetro, dendrómetros, formularios de terreno, GPS.
Consideraciones	Es un método que entrega resultados confiables, sin embargo, es lento de usar. Una limitante es que no existen tablas de volumen o funciones adecuadas para muchas especies del bosque nativo. Sólo a través del tipo forestal (numeral 3.2.8) se pueden determinar las formaciones forestales reguladas por la normativa *ad hoc*. La presentación de resultados debe incorporar y justificar el tipo y parámetros de muestreo; tipo, tamaño, distribución y número de parcelas; así como los estadígrafos que acompañan los resultados como varianza, desviación estándar y el error asociado.
Profesionales requeridos	Dos profesionales con conocimientos en especies forestales y dasometría.
Referencias bibliográficas	Bonham (1989); Shimwell (1971); Kent (2011); Prodan *et al.* (1997); Sorrentino (1997); Vallejos (2000); Husch *et al.* (2002).

3.2.8 Carta de ocupación de tierras (COT)

La Carta de Ocupación de Tierras (COT) se debe considerar para un levantamiento inicial de información, pero requiere ser complementado con métodos más detallados al momento de realizar una evaluación o descarte de impactos.

Este método permite estimar la proporción del terreno que es ocupada por formaciones de vegetación, considerando especies dominantes y grado de artificialización. El procedimiento de muestreo tiene las siguientes etapas:

1. **Fotointerpretación:** identificación y delimitación de unidades de vegetación homogéneas (unidades cartográficas) sobre la base de fotografías aéreas, ya sea por avión o drones, o imágenes satelitales.
2. **Diseño muestral:** sobre la base de la interpretación de fotografías aéreas o imágenes satelitales se decide el número y distribución de polígonos a describir en terreno.
3. **Descripción de terreno:** se identifican los tipos biológicos presentes en cada unidad cartográfica, estimándose en forma visual su cobertura, estratificación, especies dominantes y grado de artificialización.
4. **Procesamiento de datos y clasificación de la vegetación:** la información de tipos biológicos, cobertura y altura que caracterizan cada unidad vegetacional descrita en

terreno se simplifica en tipos vegetacionales y luego se le asigna un nombre según el sistema de clasificación empleado. La clasificación se puede efectuar mediante el sistema de clasificación señalado en Etienne y Prado (1982) o en el "Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile" (Conaf-Conama-BIRF, 1999; Conaf, 2020).

5. **Atribución y generalización de la información:** consiste en asignar a cada polígono descrito en terreno el tipo vegetacional obtenido para dicho polígono mediante el procesamiento de datos. La generalización consiste en atributar cada polígono no descrito en terreno con la descripción del tipo vegetacional correspondiente al patrón de textura, tonalidad y estructura que lo caracteriza según la interpretación de la foto aérea o imagen.
6. **Producción cartográfica:** la información atributada permite generar una capa digital que es utilizada para la elaboración de un mapa de la vegetación.

Para la clasificación de formaciones vegetales de la COT se utilizan los criterios definidos en la Tabla 17, en función del porcentaje (%) de cobertura y el tipo biológico de las especies.

Tabla 17. Criterios de clasificación de formaciones vegetales para realizar la COT

FORMACIÓN VEGETAL	% COBERTURA POR TIPO BIOLÓGICO					
	COBERTURA	ÁRBOLES (*LA)	ARBUSTOS (**LB)	HERBÁCEAS (H)	SUCULENTAS (S)	NO VASCULARES
Praderas con suculentas	Densa	<5	<5	>75		<5
	Semidensa	<5	<5	50-75		<5
	Abierta	<5	<5	25-50	1-5	<5
	Muy Abierta	<5	<5	10-25	<5	
	Rala	<5	<5	5-10		<5

FORMACIÓN VEGETAL	% COBERTURA POR TIPO BIOLÓGICO					
	COBERTURA	ÁRBOLES (*LA)	ARBUSTOS (**LB)	HERBÁCEAS (H)	SUCULENTAS (S)	NO VASCULARES
Pradera con arbustos y suculentas	Densa	<5	10-25	>75		<5
	Semidensa	<5	10-25	50-75		<5
	Abierta	<5	10-25	25-50	1-5	<5
	Muy Abierta	<5	5-10	10-25		<5
	Rala	No existe				
Matorral con suculentas	Densa	<10	>75	0-100		<5
	Semidensa	<10	50-75	0-100		<5
	Abierta	<10	25-50	0-100	1-5	<5
	Muy abierta	<10	10-25	<25		<5
	Rala	<5	5-10	5-10		<5
Matorral arborescente (matorral con árboles) y suculentas	Densa	10-25	>75	0-100		<5
	Semidensa	10-25	50-75	0-100		<5
	Abierta	10-25	25-50	0-100	1-5	<5
	Muy abierta	No existe				
	Rala	No existe				
Formación de suculentas (presencia de suculentas > 5%)	Densa	<5	<5	<5	>25	<5
	Semidensa	<5	<5	<5	10-25	<5
	Abierta	<5	<5	<5	5-10	<5

FORMACIÓN VEGETAL	% COBERTURA POR TIPO BIOLÓGICO					
	COBERTURA	ÁRBOLES (*LA)	ARBUSTOS (**LB)	HERBÁCEAS (H)	SUCULENTAS (S)	NO VASCULARES
Bosque con suculentas (Árboles con potencial mayor a 5 m de altura)	Densa	>75	0-100	0-100		<10
	Semidensa	50-75	0-100	0-100		<10
	Abierta	25-50	0-100	0-100		<10
	Muy abierta	10-25	<25	<25	1-5	<10
	Rala	5-10	<10	<10		<10
Pradera con árboles	Densa	10-25	<5	>75		<5
	Semidensa	10-25	<5	50-75		<5
	Abierta	10-25	<5	25-50	1-5	<5
	Muy abierta	No existe				
	Rala	No existe				
Zonas de vegetación escasa (sin vegetación)	Escasa	<5	<5	<5	<5	<5
*LA = leñoso alto; **LB = leñoso bajo						

Fuente: Etienne y Prado (1982)

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-2.

FICHA VE-2: VEGETACIÓN – CARTA DE OCUPACIÓN DE TIERRAS (COT)	
Atributos, mediciones y resultados	Se caracterizan atributos tales como la cobertura, estratificación, dominancia, artificialización. Para ello se mide lo siguiente: • **Cobertura:** porcentaje de suelo cubierto por la proyección vertical de cada tipo biológico con relación a la superficie total de la unidad cartográfica. Los porcentajes de cobertura se clasifican en 7 categorías, a saber: – 1-5% (muy escasa); – 5-10% (escasa); – 10-25% (muy clara); – 25-50% (clara); – 50-75% (poco densa); – 75-90% (densa); – 90-100% (muy densa). • **Tipos biológicos:** las especies vegetales se clasifican en cuatro tipos biológicos: herbáceas (H), leñosas bajas (LB) correspondientes a arbustos cuyo tamaño no excede los 2 metros de altura, leñoso alto (LA) correspondiente a árboles cuyo tamaño excede los dos metros de altura, suculentas cactáceas y bromeliáceas (S). • **Estratificación:** disposición vertical de la vegetación. Permite clasificar los tipos biológicos según la altura en la cual se presenta la mayor cantidad de biomasa. • **Especies dominantes:** plantas que presentan el mayor porcentaje de cobertura en cada unidad cartográfica. • **Grado de artificialización:** índice cualitativo que representa el grado de alteración de la vegetación por efecto de actividades humanas. Como resultado se obtienen cartas vegetacionales en formato digital. En la cartografía se señalan las unidades vegetacionales, con sus respectivas especies dominantes y su grado de artificialización.

FICHA VE-2: VEGETACIÓN – CARTA DE OCUPACIÓN DE TIERRAS (COT)	
Impacto ambiental que el método permite identificar	• Pérdida de una comunidad de flora o vegetación. • Fragmentación del ecosistema. • Pérdida de biodiversidad. • Pérdida de ecosistemas.
Equipos o material de apoyo requerido	Planillas de terreno, herbario de terreno, huinchas de medir metálicas, estacas.
Consideraciones	• Corresponde a una metodología de descripción inicial y estimativa, por lo que debe ser complementada con metodologías de muestreo detallado para realizar una adecuada caracterización cuantitativa de los recursos y evaluación de impactos. • La estimación del grado de artificialización es arbitraria y no generalizable, por lo que es recomendable elaborar tablas de "grado de artificialización" según particularidades y alcances de cada estudio. • El diseño de muestreo debe permitir determinar la probabilidad de que un tipo de vegetación esté asignada a la clasificación correcta, así como también qué tan correctamente se encuentra localizada una unidad en el mapa, representada cartográficamente por un punto o un polígono, respecto a su verdadera posición en el terreno. • Corresponde a una metodología genérica, ya que representa una fotografía del momento y se construye de manera discrecional, lo que la hace inaplicable para evaluar cambios graduales del componente o receptor de impacto en el tiempo y, por lo mismo, no es adecuada para asociarla a un Plan de Seguimiento. Requiere una adecuada definición de la superficie mínima cartografiable.
Profesionales requeridos	Dos profesionales especialistas en vegetación con conocimientos en fotointerpretación, cartografía y botánica.
Referencias bibliográficas	Etienne y Prado (1982).

3.2.9 Sistema de clasificación de la vegetación en tipos forestales

Este método requiere de un trabajo previo de identificación de formaciones de bosque como estratos para asignar muestreo forestal. Posteriormente, se sugiere realizar inventarios de bosque, clasificando los tipos forestales de acuerdo con los criterios establecidos en el DL N°701/1974, y el tipo y subtipo forestal, de acuerdo con lo definido en la Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal N°20.283, de 2008.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-3.

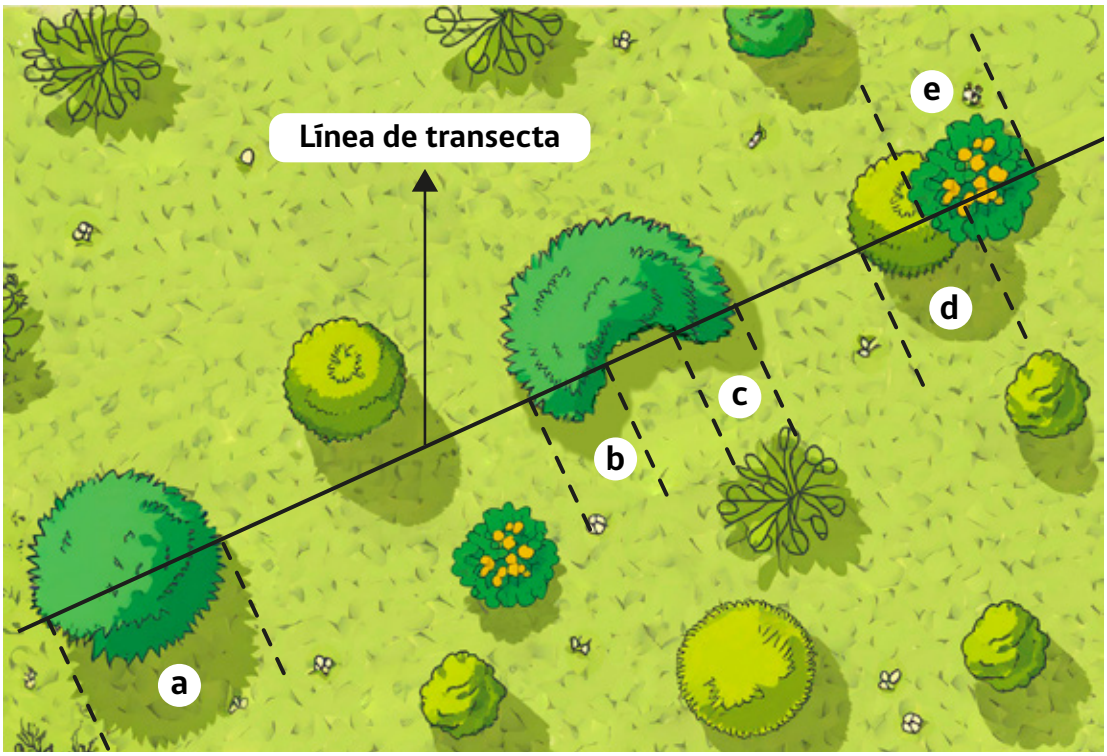
FICHA VE-3: VEGETACIÓN – SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN TIPOS FORESTALES	
Atributos, mediciones y resultados	La metodología permite caracterizar la abundancia de especies, para lo cual se mide la densidad o presencia de especie(s) dominante(s) en un inventario forestal. Permite identificar tipo y subtipo forestal.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de comunidad forestal. • Fragmentación del ecosistema. • Cambio en la estructura del ecosistema.
Equipos o material de apoyo requerido	Inventario forestal siguiendo la metodología de la Ficha VE-1. Tabla con criterios para definir tipos forestales de acuerdo con el DL N°701/1974.
Tipo de resultados	• Densidad o presencia de especie(s) dominante(s). • Identificación de tipos y subtipos forestales. • Dinámica y sucesión del bosque.
Consideraciones	Para clasificar la vegetación en tipos forestales se recomienda realizar un inventario forestal (Ficha VE-1).
Profesionales requeridos	Dos profesionales con conocimientos sobre vegetación y ecosistemas forestales.
Referencias bibliográficas	Decreto Ley N°2.565, de 1979, Sustituye Decreto Ley N°701 de 1974, Que Somete los Terrenos Forestales a las Disposiciones que Señala. Decreto Ley N°701, de 1974, Fija Régimen Legal de los Terrenos Forestales o Preferentemente Aptos para la Forestación y Establece Normas de Fomento sobre la Materia.

3.2.10 Método de transectos lineales

Método que permite estimar la cobertura de la vegetación en transectos que se sitúan en zonas con claros gradientes ambientales de vegetación (pendiente, altitud, drenaje, etc.) o **condiciones ecotonales**[21].

Los transectos pueden ser perpendiculares (líneas interceptadas) o singulares. El registro se realiza para cada especie o estrato con la precisión requerida. Consiste en extender una huincha o cuerda de longitud conocida sobre el suelo, mediante el cual se registra la longitud de las copas de los árboles y arbustos que la interceptan. Si las copas de los distintos estratos se sobreponen, la cobertura se mide para cada estrato independientemente. En el caso de vegetación azonal se recomienda medir cada cierta distancia (15 m) de la orilla del transecto, registrando la densidad de plantas, altura, grosor, ramificaciones (si existiera plantas leñosas), estado o sanidad vegetal de las ramas.

Figura 13. Transecto



Fuente: elaboración propia, a partir de Introducción (revistareduca.es)

21 Ecotonal se refiere a que se encuentra relacionado al ecotono, es decir, a una zona de transición entre dos ecosistemas.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-4.

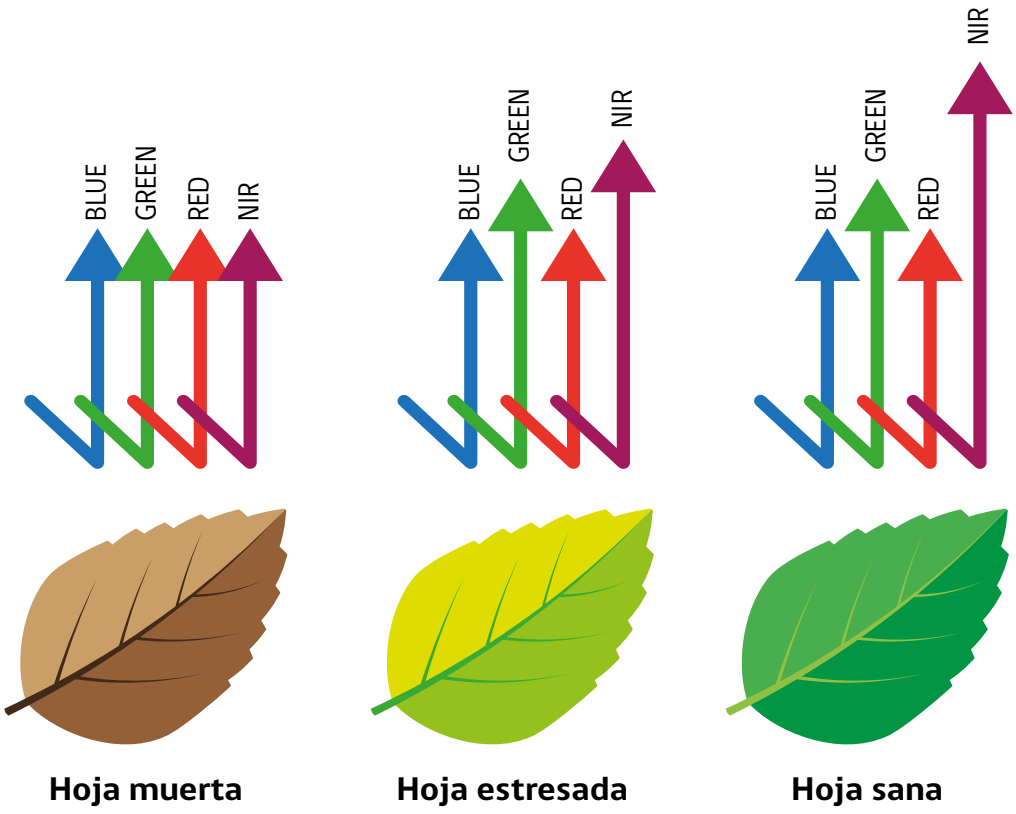
FICHA VE-4: VEGETACIÓN – MÉTODO DE TRANSECTOS LINEALES	
Atributos, mediciones y resultados	Se caracteriza la cobertura, riqueza y abundancia, identificando especie por cada estrato. Como resultado se obtiene la longitud de cubierta por especie, en la longitud total del transecto.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de una comunidad. • Modificación de la estructura de la población. • Modificación de la composición florística. • Invasión de ejemplares de flora.
Equipos o material de apoyo requerido	Huinchas de medir, cuerdas, formularios de terreno, GPS. Planillas de terreno, forcípula (si existiesen plantas leñosas), jalones, un instrumento estimador de la cobertura de copas como el densitómetro forestal, un visor de cobertura.
Consideraciones	• Método apropiado de utilizar en superficies amplias con un bajo gasto de horas. • La exactitud del método está dada por la facilidad de medir la intercepción (arbustos) o la proyección de copas (árboles) sobre la huincha sin errores. Debido a esto la exactitud del método disminuye en la medida que se muestrea estratos de vegetación más altos o con menor visibilidad, como en el caso de un bosque pluriestratificado. Para subsanar esta dificultad se recomienda el empleo de jalones, un instrumento estimador de la cobertura de copas como el densiómetro forestal, visor de cobertura (Buell y Cantlon, 1950), fotografías hemisféricas (Anderson, 1964) entre otros instrumentos y técnicas. • Profesionales con poco conocimiento de flora y vegetación pueden llevar a la caracterización errónea del transecto, pero en general las fuentes de error son poco probables debido a la facilidad del método.
Profesionales requeridos	Dos profesionales con conocimientos de flora y vegetación.
Referencias bibliográficas	Bonham (1989); Canfield (1941); Garrison (1949); Shimwell (1971); Mueller-Dombois y Ellenberg (1974); Kent (2011); Cortes (2003).

Metodologías de teledetección

3.2.11 Índices satelitales de vegetación

Método que permite identificar coberturas, tipo de vegetación y estado fitosanitario (ver Figura 14). Estos índices son también útiles para revisar eventos con variación interanual, como el desierto florido. Los índices de vegetación pueden ser definidos como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia de imágenes satelitales o aéreas multi o hiper espectrales, y que han sido elaborados para ser sensibles a la cubierta vegetal.

Figura 14. NIR (cercano al Infrarrojo) y estado fitosanitario



Fuente: elaboración propia a partir de McKinnon, T. (2016). *Agricultural Drones: What Farmers Need to Know*. Boulder, Colorad

Existen una gran variedad de índices de vegetación (Xue y Su, 2017), los cuales pueden ser calculados con base en distintas bandas espectrales y una fórmula matemática para combinarlas. Sin embargo, se destacan tres índices espectrales de vegetación de los cuales dos (EVI, SAVI) han sido creados como mejora al NDVI (índice con mayor difusión y uso), el cual permite detectar la ausencia o presencia de clorofila en la vegetación. El método de cálculo para los tres índices se describe a continuación.

1. **NDVI**[22] = (NIR-RED) / (NIR+RED)
2. **SAVI**[23] = ((NIR – RED) / (NIR + RED + L)) * (1+L)
3. **EVI**[24] = 2.5*((NIR-RED) / (NIR+6*RED-7.5*BLUE+1))

Donde:

NIR (*Near Infrared*): corresponde a la banda que contiene el valor de reflectancia del espectro infrarrojo cercano.

RED: corresponde a la banda que contiene el valor de reflectancia del espectro rojo.

BLUE: corresponde a la banda que contiene el valor de reflectancia del espectro azul.

L: corresponde a un factor de compensación del suelo y la densidad de la vegetación que varía según la densidad de cobertura vegetal.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-5.

22 *Normalized Difference Vegetation Index.*

23 *Soil Adjusted Vegetation Index.*

24 *Enhanced Vegetation Index.*

FICHA VE-5: VEGETACIÓN – ÍNDICES SATELITALES DE VEGETACIÓN	
Atributo, mediciones y resultados	Se caracterizan atributos tales como la cobertura, estado fisiológico y estado fitosanitario. En términos de resultado se obtiene una imagen ráster de una banda cuyo valor de pixel o nivel digital representa ausencia/presencia y vigor de la vegetación. Su valor va de -1 a 1, valores negativos implican ausencia de vegetación y valores positivos presencia, a mayor valor, mayor vigor y verde.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Fragmentación de ecosistemas. • Diminución de la cobertura. • Cambio en el vigor de la vegetación. • Cambio en la estructura de la comunidad.
Insumos y fuentes	**1.** Imágenes satelitales multiespectrales Landsat, disponibles para libre descarga en https://earthexplorer.usgs.gov/, o través del catálogo de imágenes de *Google Earth Engine* (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/). **2.** Imágenes satelitales multiespectrales Sentinel 2, disponibles para libre descarga en https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home, o través del catálogo de imágenes de *Google Earth Engine* (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/). **3.** Imágenes satelitales MODIS, con productos derivados ya previamente calculados, disponibles para descarga en https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home, o través del catálogo de imágenes de *Google Earth Engine*[25] (https://dataspace.copernicus.eu/). **4.** Imágenes multiespectrales obtenidas a través de vuelo de dron. Para acceder a imágenes satelitales multiespectrales de mayor resolución espacial y temporal, es posible la compra de imágenes comerciales, algunos ejemplos podrían ser imágenes Quick Bird, Planet, Maxar e Ikonos, entre otras.
Tipo de índice	NDVI, SAVI, EVI.

25 Cabe destacar la diferencia que existe en *Google Earth Engine* y *Google Earth Pro*, siendo el primero un gestor de información, permitiendo acceder a imágenes satelitales y procesarlas; en el segundo, en tanto, se genera un Orthomosaico a partir de imágenes de diferentes fechas y resoluciones. Para esta metodología sólo se recomienda *Google Earth Engine*.

FICHA VE-5: VEGETACIÓN – ÍNDICES SATELITALES DE VEGETACIÓN	
Consideraciones	• Un índice de vegetación, puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal. Estos índices son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas (Aguayo, 2013). • Índices como el SAVI o el EVI, han sido creados como una versión mejorada del NDVI para ciertas condiciones. Por ejemplo, el EVI es más sensible a zonas con alta biomasa, permite un mejor monitoreo de la vegetación y reducción de las influencias atmosféricas. En cambio, el índice SAVI permite solventar la interferencia del suelo en zonas de escasa cobertura vegetal, introduciendo el parámetro L, el cual se recomienda en 1 para bajas densidades de vegetación, 0.5 para intermedios, y 0.25 para altas densidades de vegetación. • Decidir cuál índice se utilizará dependerá de las características del lugar donde se aplicará y se debe tener en consideración que este representará el vigor de la vegetación que es capaz de detectar remotamente, por ende, solo será capaz de captar el estado del estrato más alto de la vegetación. • Cabe destacar que este método por sí solo no permite la descripción de formaciones vegetales y sus singularidades. No permite describir la composición de la formación, ni puede dar cuenta de individuos bajo el dosel superior.
Profesionales requeridos	Profesionales con conocimientos en teledetección.
Referencias bibliográficas	Aguayo (2013); Horning *et al.* (2010); Xue y Su (2017).

3.2.12 Índice de Área Foliar (IAF) o *Leaf Area Index* (LAI)

El Índice de Área Foliar (IAF) o en inglés *Leaf Area Index* (LAI) es un importante parámetro biofísico vinculado a la estructura y funcionalidad de la vegetación, útil como indicador de la producción primaria neta, de intercambio de materia y energía, y de la actividad fotosintética (Breda, 2008; Fang y Liang, 2014; Nafarrate-Hecht *et al.*, 2018).

El método de cálculo del índice de área foliar de forma indirecta mediante imágenes satelitales ha sido trabajado en diversas investigaciones (Fang *et al.*, 2019; Kganyago *et al.*, 2020; Nafarrate-Hecht *et al.*, 2018; Pasqualotto *et al.*, 2019; Weiss y Baret, 2016), obteniendo correlaciones positivas a partir de derivaciones de índices de vegetación.

Actualmente, con la disponibilidad de imágenes satelitales *Sentinel 2*, se han profundizado y validado metodologías para el cálculo del IAF o LAI. Para el cálculo del índice utilizando imágenes *Sentinel 2* se recomienda revisar las metodologías de Pasqualotto *et al.* (2019) y Kganyago *et al.*, (2020). También es posible obtener este producto por medio de la herramienta de procesamiento biofísico del *software* ESA SNAP Toolbox[26], herramienta creada especialmente para trabajar con todo tipo de imágenes del programa *Sentinel*.

Para cálculos de IAF con base en imágenes Landsat, autores como Blinn *et al.*, (2019) y Kang *et al.*, (2021) recientemente han hecho pruebas que, si bien han tenido buenos resultados y han correlacionado sus resultados con productos MODIS, la menor resolución espacial de las imágenes Landsat (30 metros) frente a las imágenes Sentinel 2 (10 metros), puede presentar una desventaja en el uso de este tipo de imágenes cuando se requiere un mayor detalle en áreas pequeñas.

Otra opción son los productos ya procesados del satélite MODIS[27] (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), los cuales tienen el índice ya calculado y disponible como una capa ráster. Estos productos poseen una resolución temporal de 4 a 8 días, y una resolución espacial de 500 metros.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-6.

26 http://step.esa.int/main/toolboxes/sentinel-2-toolbox/sentinel-2-toolbox-features/

27 https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataprod/mod15.php

FICHA VE-6: VEGETACIÓN – ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)	
Atributos, mediciones y resultados	Se mide el área foliar, obteniendo una expresión numérica adimensional que caracteriza la canopia (doseles) de las plantas. Se define como la relación entre la cantidad de área foliar por unidad de área de superficie de suelo, expresada en m^2/m^2.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Modificación de estructura de la vegetación. • Pérdida de producción primaria, por ejemplo, a raíz de desecación de la vegetación.
Insumos y fuentes	• Productos MODIS (MCD15A2H v006 – MCD15A3H v006), con productos derivados ya calculados, disponibles para descarga en https://lpdaac.usgs.gov/product_search/, o través del catálogo de imágenes de *Google Earth Engine* (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/). • Imágenes *Sentinel 2*, disponibles para libre descarga en https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home, o través del catálogo de imágenes de *Google Earth Engine* (https://dataspace.copernicus.eu). • Imagen multiespectrales obtenidas por drones.
Tipo de índice	IAF
Consideraciones	Hay que considerar el validar los datos mediante datos de campo. El IAF obtenido a través de imágenes de satélite es solamente una aproximación de cálculo numérico, obtenido mediante un método de detección indirecto. Cabe destacar que este método por sí solo no permite la descripción de formaciones vegetales y sus singularidades. No permite describir la composición de la formación, ni puede dar cuenta de individuos bajo el dosel superior.
Profesionales requeridos	Profesionales con conocimientos en teledetección.
Referencias bibliográficas	Blinn *et al.* (2019); Fang *et al.* (2019); Kang *et al.* (2021); Kganyago *et al.* (2020); Nafarrate-Hecht *et al.* (2019); Pasqualotto *et al.* (2019); Weiss y Baret (2016).

3.2.13 Perfiles y mapeo de altura del dosel del bosque

La altura del dosel del bosque es un importante parámetro biofísico, relacionado a la estructura y funcionalidad de los ecosistemas forestales. Por medio de este parámetro, es posible monitorear variables y procesos, como la productividad primaria, la captura de carbono, la degradación forestal, la estimación de biomasa, y la calidad de hábitat para el sustento de la biodiversidad (Fricker *et al.*, 2019; Oyarzun *et al.*, 2019; Potapov *et al.*, 2021).

En el caso de la estructura vertical del dosel se han utilizado tradicionalmente mediciones de campo, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías y el uso de la teledetección, se han comenzado a usar modelos basados en datos de radar (*Synthetic Aperture Radar* – SAR) o en datos LIDAR (*Light Detection and Ranging*) obtenidos mediante un escáner láser aerotransportado (*Airborne Light Scanner – ALS*).

Actualmente, los datos del programa GEDI son de libre acceso y descarga. Para el procesamiento y análisis de estos datos se pueden seguir los procedimientos definidos en el programa de entrenamiento de la NASA ARSET (*Applied Remote Sensing Training Program*), acceso disponible en el siguiente *link*: https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/spanish/arset-el-uso-de-la-fluorescencia-inducida-por-el-sol-y-lidar-para. Se puede acceder a la capa ráster con la estimación de altura del dosel del bosque como una capa espacial continua en el siguiente *link*: https://glad.umd.edu/dataset/gedi/, donde es posible encontrar los datos y la descripción metodológica respecto a cómo se obtuvo el modelo de estimación de altura del dosel para ecosistemas forestales.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha VE-7.

Figura 15. Método altura dosel con teledetección



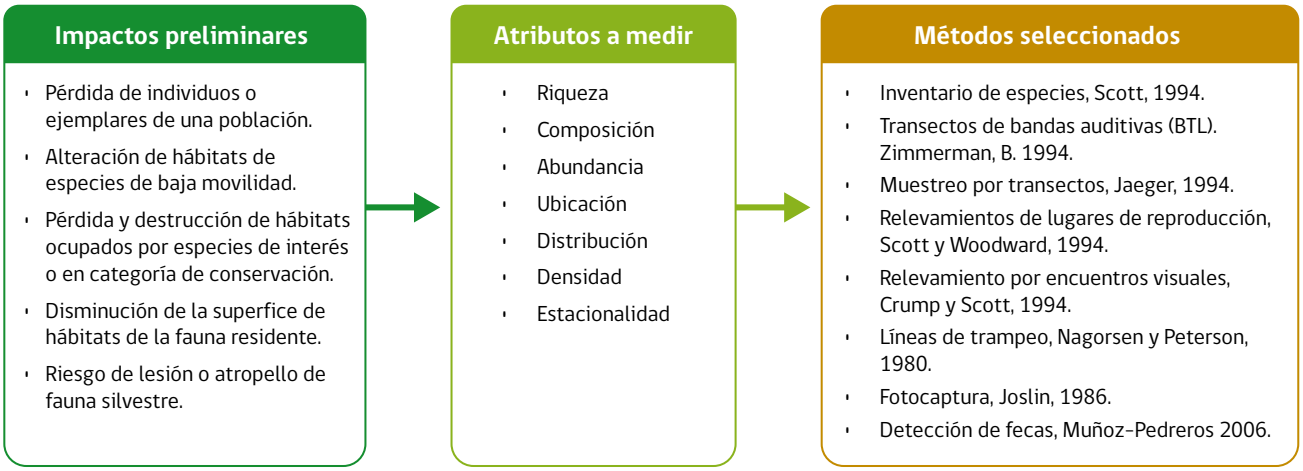
Fuente: elaboración propia a partir de https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sistema-lidar/

FICHA VE-7: VEGETACIÓN - PERFILES Y MAPEO DE ALTURA DEL DOSEL DEL BOSQUE	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtiene la cobertura vegetacional a partir de la medición de la altura del dosel del bosque. Se obtiene como resultado los perfiles de altura o mapas de altura del dosel del bosque.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	Modificación de estructura de la vegetación.
Insumos y fuentes	Para descargar los datos LIDAR disponibles para libre descarga, acceder al siguiente enlace https://lpdaac.usgs.gov/product_search/. Para acceder a las capas ráster de altura de vegetación, se debe acceder al siguiente enlace https://glad.umd.edu/dataset/gedi
Consideraciones	La información recopilada debe ser validada con datos de campo. Los perfiles y capas ráster obtenidos a través de imágenes de satélite son solamente una aproximación de cálculo numérico, obtenidos mediante un método de detección indirecto. Sin embargo, actualmente son la mejor fuente disponible para el acceso libre a datos LIDAR. La calidad de los datos está en constante mejora. Para obtener más información respecto al proyecto GEDI (*Global Ecosystem Dynamics Investigation*) desarrollado por la NASA, acceder al siguiente enlace https://gedi.umd.edu/. Cabe destacar que este método por sí solo no permite la descripción de formaciones vegetales y sus singularidades. No permite describir la composición de la formación, ni puede dar cuenta de individuos bajo el dosel superior.
Profesionales requeridos	Profesionales con conocimientos en teledetección.
Referencias bibliográficas	Dubayah *et al.* (2020); Guerra-Hernadez y Pascual (2021); Potapov *et al.* (2021).

3.3 Metodologías para fauna

En virtud de los impactos preliminares o básicos que pueden ser asociados a un tipo de proyecto, así como de las singularidades que se presentan a partir de las relaciones entre la fauna terrestre y los ambientes que serán receptores de sus impactos, la selección de metodologías para caracterización de la fauna se basa en un modelo conceptual para la identificación de las variables a medir y los métodos para la evaluación de estos parámetros (Figura 16).

Figura 16. Resumen de impactos, atributos y metodologías



Fuente: elaboración propia

Para establecer la diversidad de especies en la superficie asociada al proyecto en estudio, se deben seleccionar y utilizar diferentes métodos acordes a las características o atributos de cada grupo faunístico, por lo cual, a continuación, se presentan metodologías recomendadas para anfibios, reptiles, aves, aves nocturnas, mamíferos, micromamíferos, quirópteros, invertebrados, además de otros métodos recomendados para monitoreos. El titular o consultor podrá complementar los muestreos y métodos diferentes a los presentados en esta Guía, siempre que estos sean técnicamente justificados en su utilización.

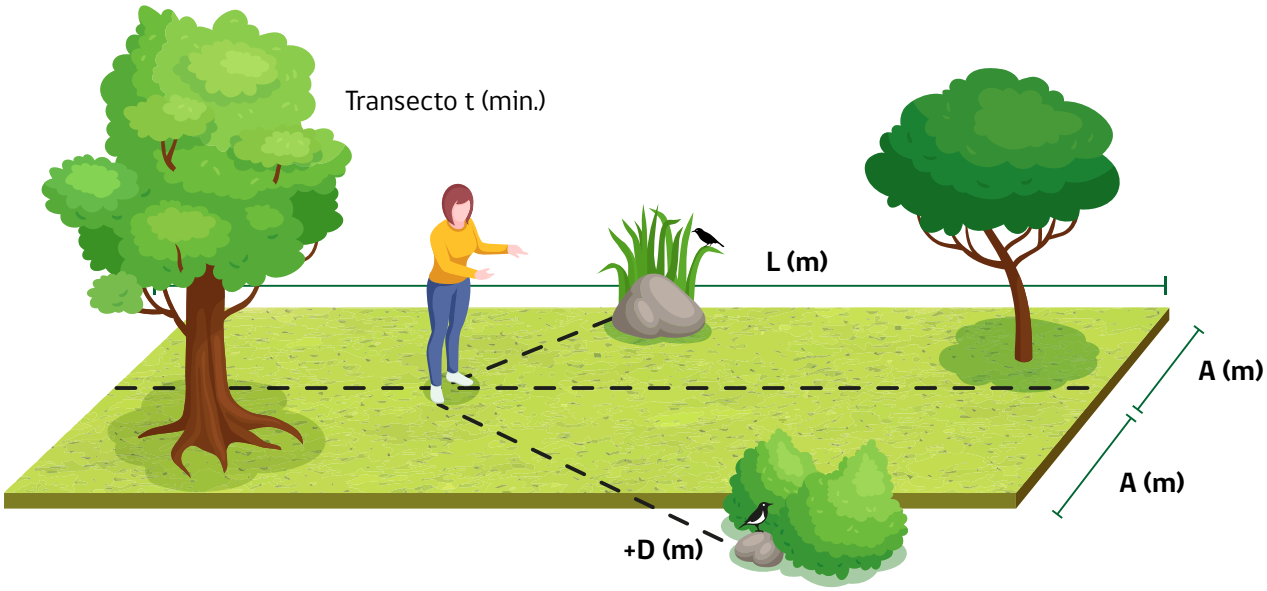
Tanto para registros directos como indirectos, de manera general, y para facilitar la adecuada identificación, es necesario fotografiar toda evidencia encontrada en terreno. Cuando se justifique y sea posible, se recomienda tomar la fotografía junto a una regla, pie de metro o un objeto de tamaño conocido, para atestiguar el tamaño del individuo. En el caso de registros directos, y dependiendo del grupo de fauna en cuestión, ciertas partes o características del cuerpo pueden facilitar el reconocimiento, estos son conocidos como caracteres taxonómicos. Por ejemplo, para anfibios, el diseño pupilar permite identificar especies; en reptiles, el detalle de escamas puede ayudar a discernir entre dos especies similares. Cabe tener presente que para realizar manipulación de fauna se debe contar con el "permiso de captura de especies animales protegidas con fines de investigación" entregado, mediante Resolución Exenta, por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Multitaxa

3.3.1 Transecto

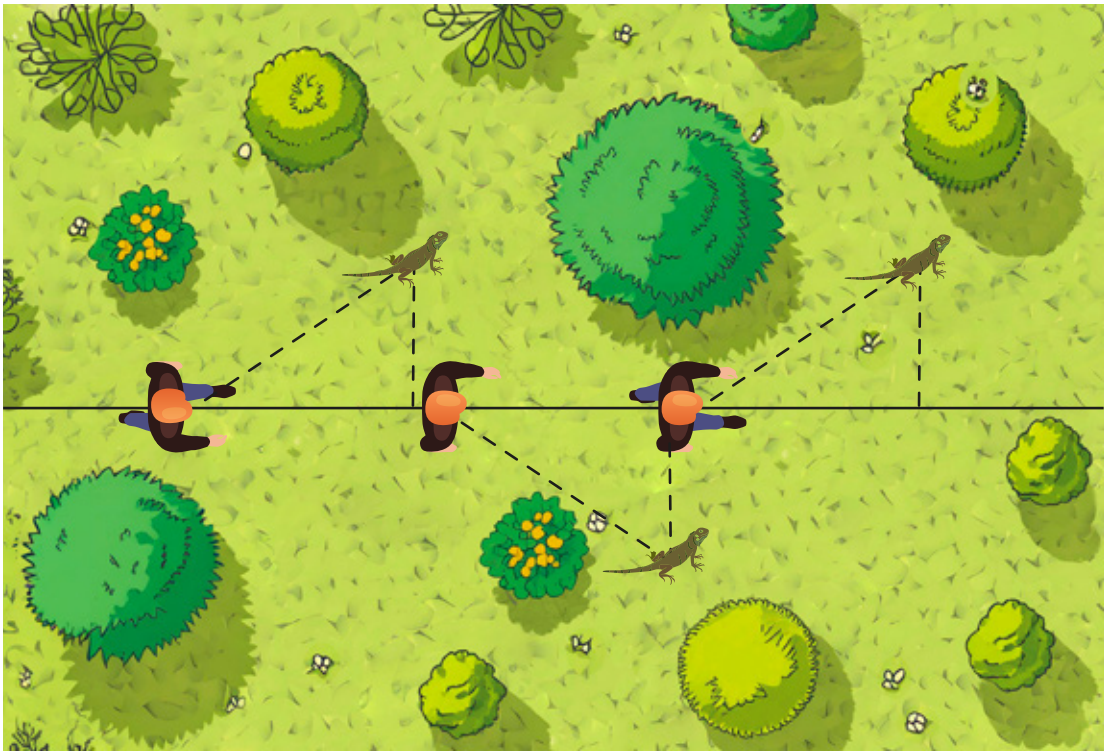
Corresponde a una banda de muestreo diseñada y dimensionada en función de cada área y grupo taxonómico a muestrear (ver Figuras 17 y 18), a partir de un diseño que considere los tipos de hábitats o ambientes de fauna a prospectar.

Figura 17. Transecto de conteo



Fuente: elaboración propia a partir de Ruiz-Gutiérrez *et al.* (2020)

Figura 18. Transecto



Fuente: elaboración propia a partir de Narváez y Zapata-Ríos (2020)

Para cada transecto realizado se procede a la toma de los datos definidos previamente mediante una planilla de registros (Tabla 18). Se recomienda que la planilla de registros contenga al menos los campos "código (o nombre) del transecto o estación de muestreo", "hora del registro", "nombre común", "nombre científico", "código (o nombre) del observador", "hábitat prospectado" y "comentarios". Se sugiere también incluir datos georreferenciados de inicio y de fin del transecto, así como el *track* recorrido, como una forma de estandarizar el esfuerzo de muestreo. La información obtenida se puede complementar en gabinete con nuevos campos para el análisis de la información, como por ejemplo: "familia", "género", "categoría de conservación", "origen", entre otros.

Tabla 18. Planilla básica para registro de información en terreno

ID Muestreador		Fecha	
Estación de muestreo		Hora de inicio y término	
Coordenadas georreferenciadas		Período estacional	
Ambiente de fauna		Condición climática	

Taxa objetivo	Transecto	T1	T2	T3	T4
	Tiempo de muestreo (min)				
	Longitud (m)				
	Ancho considerado (m)				

Especie	Individuos	Total	Registro indirecto

El método se basa en el análisis en detalle de una determinada superficie, definida por las dimensiones del transecto (largo del transecto/ancho de observación) y considerada representativa de un ambiente de fauna más amplio, asumiendo que esta será una muestra representativa de la comunidad de fauna de la superficie total. Se define un trayecto con largo y ancho determinado, teniendo en cuenta la visibilidad del investigador y las especies a prospectar, el cual se recorre en busca de registros directos (avistamientos o auditivos) e indirectos (reconocimiento de huellas, fecas, huevos, madrigueras, entre otros). Se realiza el recorrido a pie, en silencio, los recorridos suelen tener un largo variable, aunque en general se fijan entre 100 y 200 m con un ancho variable de 3 a 50 m por lado, definición que debe fundamentarse. Normalmente, para especies de menor tamaño y baja movilidad, como anfibios, reptiles o micromamíferos, se utilizan anchos de transectos menores a los 5 cm, mientras que especies de mayor tamaño y movilidad, como aves y macro o mesomamíferos se utilizan transectos más anchos. Es importante mencionar que tanto la longitud como el número de transectos realizados se relacionan directamente con el esfuerzo y representatividad del

muestreo con base en la extensión o superficie total del área estudiada. Para anfibios y reptiles[28] se considera la búsqueda activa en posibles refugios en el área de la banda, teniendo la precaución de no alterar el hábitat, por ejemplo, al levantar un tronco caído y remover piedras. Para especies con un uso particular del hábitat, por ejemplo, la anidación en cavidades por la golondrina de mar o roedores fosoriales, dentro del transecto se deben incluir prospecciones específicas a estas estructuras. En estos casos se debe revisar el uso actual de la estructura, viendo señas de uso tales como restos de comida, tierra suelta, olores característicos, plumas, heces, entre otros. En estos casos se puede complementar el muestreo con cámaras trampa, boroscopio u otras técnicas.

Es necesario considerar los horarios de mayor actividad de cada grupo de fauna para aumentar la probabilidad de registrarlos. Para anfibios, la mayor actividad es crepuscular y nocturna; para reptiles se debe considerar que requieren de calor para sus actividades, asimismo, se deben evitar las horas de máximo calor, ya que las especies tienden a refugiarse, disminuyendo la efectividad del método. La actividad de las aves durante el día fluctúa ampliamente según el tipo de ave, de manera general, existe una concentración binodal con *peaks* durante la mañana y luego en la tarde; se deben incluir, además, monitoreos crepusculares para ciertas especies. Otros factores como las inclemencias del tiempo, en particular la lluvia y el viento, reducen en gran medida la detección de especies de aves, por lo tanto, los estudios no deben llevarse a cabo durante esos momentos. En el caso de los mamíferos, la actividad varía mucho entre grupos, siendo gran parte de los roedores, quirópteros y felinos mayormente nocturnos; mientras que ungulados son preferentemente diurnos, y finalmente, existen de hábitos mixtos, como cánidos o lagomorfos.

Es recomendable mantener un registro fotográfico de las evidencias identificadas en terreno, tanto directas como indirectas. Cabe tener presente que para realizar manipulación de fauna se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

El diseño de muestreo debe ser adecuado respecto a la distribución espacial de las especies potencialmente presentes, y representativo de los distintos ambientes dentro del área a prospectar, así como también considerar el tiempo necesario para su ejecución. Se sugiere que los ambientes descritos para el área de estudio sean muestreados en distintos horarios para considerar variaciones temporales en los registros de las especies. Se deben revisar las indicaciones presentes en el documento *Criterios Técnicos para Campañas de Terreno de Fauna Terrestre y Validación de Datos* (SEA, 2022).

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-1.

28 El muestreo de reptiles se puede acompañar con el uso de una vara lazo o lazo corredizo para facilitar la captura y así su identificación. Este consiste en un lazo corredizo hecho normalmente con hilo de pescar transparente. Este se ajusta a los reptiles en el cuello. Se debe tener en cuenta la necesidad de un permiso de captura entregado por el SAG al utilizar esta técnica.

FICHA FA-1: FAUNA – ANFIBIOS, REPTILES, AVES, MAMÍFEROS – TRANSECTOS	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtiene información respecto de la riqueza, composición de especies y abundancia. Para ello se mide la presencia de la especie de acuerdo a diversos tipos de evidencia (visual, huellas, fecas, pelos, etc.). Como resultado se logra conocer: • Presencia/ausencia de especies. • Abundancia total y relativa, densidad (sólo para detección directa). • Indicies de diversidad.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna. • Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Guías de campo para reconocimiento de especies, cámara fotográfica, guantes, GPS (registrar trayecto recorrido y marcar puntos de hallazgos relevantes), planilla de registros y bolsas para colecta de registros de otros grupos de fauna.
Consideraciones	• Método económico y sencillo. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG si se desea manipular los individuos para un mejor reconocimiento. **Fuente común de error:** Puede producirse error en el registro de los datos por falta de experiencia en el reconocimiento de especies. Poca experiencia de los profesionales que realizan el muestreo. Ejecución de muestreo en horarios no adecuados. Falta de conocimiento o diversidad de criterios para definición de hábitats o ambientes a los cuales se asocia la fauna prospectada.
Profesionales requeridos	Un especialista en reconocimiento de fauna por transecto realizado.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Thompson *et al.* (1998); Hill *et al.* (2005); De la Maza y Bonacic (Eds.) (2013); Manzanilla y Péfaur (2000); Bustamante *et al.* (2009). **Reconocimiento de especies:** Pincheira-Donoso y Núñez, (2005); Mella (2017); Vidal y Labra (2008).

3.3.2 *Playback*

Este método consiste en la reproducción de una grabación de la o las especies potenciales de registrar en el área del proyecto. Usando un volumen moderado, generalmente provoca que el ave o anfibio reaccione acercándose, quedando a la vista o contestando. Este procedimiento permite detectar un gran número de especies crípticas que raramente se ven. La intensidad de respuesta de los animales a esta situación depende de la especie y de la época reproductiva de ellas.

Debe realizarse en el horario más adecuado para la especie, que en algunas aves es de día o durante el anochecer (por ejemplo, búhos o anfibios). En el caso de monitoreo de aves nocturnas, se recomienda realizar el método en dos noches diferentes, y en dos horarios diferentes; una hora antes del amanecer y una hora después del anochecer.

Se recomienda ordenar la reproducción de las vocalizaciones en orden ascendiente del tamaño corporal de las especies. En el caso de aves rapaces, se aconseja emitir sus vocalizaciones de manera posterior, sobre todo de aquellas especies cazadoras de aves.

El *Playback* también se puede utilizar para revisar la actividad de nidos y madrigueras. En este caso, las vocalizaciones son reproducidas a la entrada de la cavidad que represente como refugio o nido. Una vez emitida la vocalización se espera para grabar la posible respuesta, confirmando así que este se encuentra en uso. En estos casos se recomienda revisar las características de las especies objetivo, de manera de no perturbar las actividades de la especie.

La medición resulta en la determinación de presencia o ausencia de respuesta de una especie a las llamadas. Los resultados también se pueden expresar como una medida de abundancia relativa, expresándose como porcentaje de éxito de respuesta.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-2.

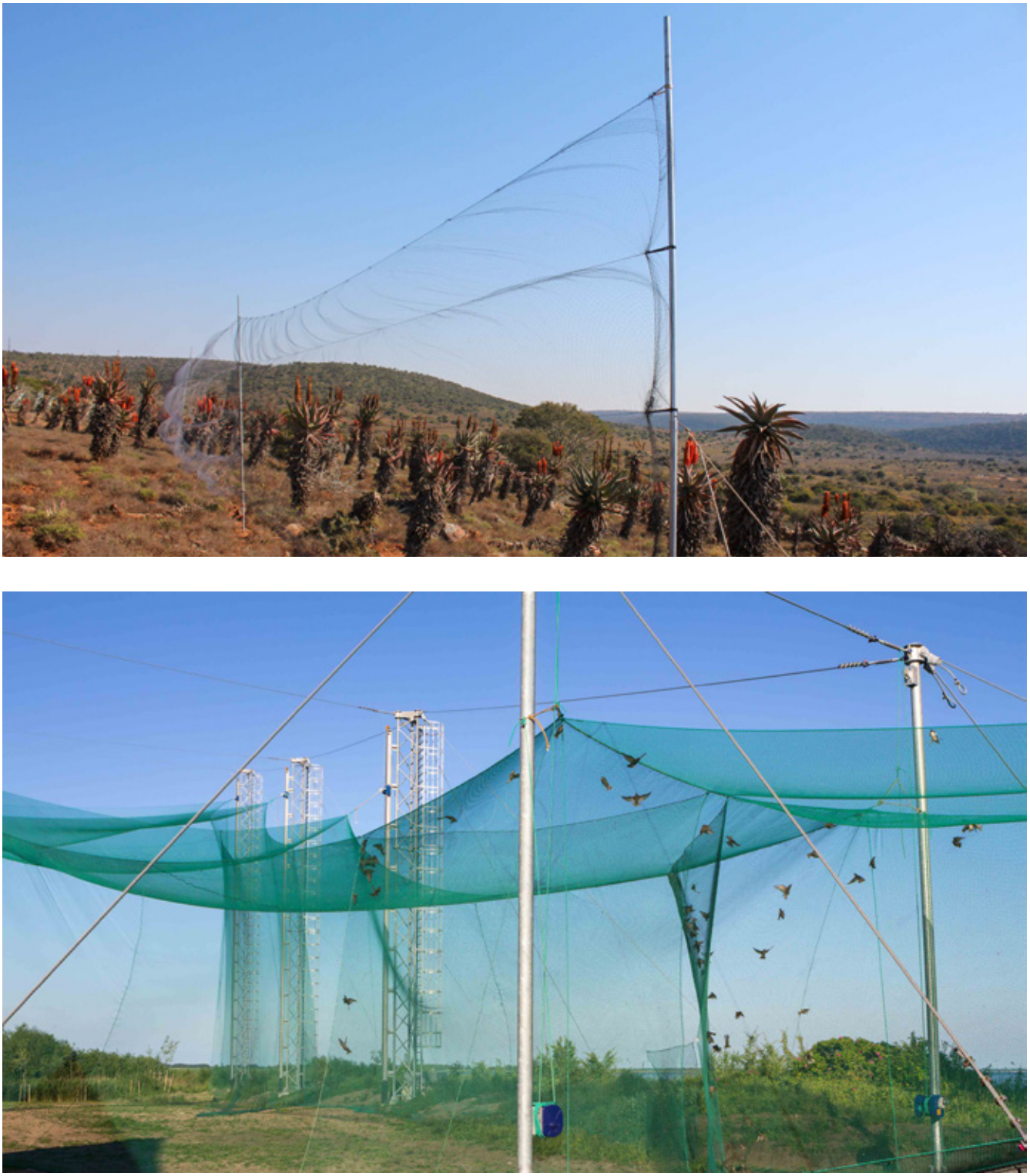
FICHA FA-2 : FAUNA – ANFIBIOS Y AVES – *PLAYBACK*	
Atributos, mediciones y resultados	Con esta metodología se obtiene información respecto de la riqueza y diversidad de especies, así como de su abundancia. Para ello se mide la presencia de especies y el número de respuestas, arrojando como resultado la presencia/ausencia, riqueza de especies y abundancia relativa.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.

FICHA FA-2 : FAUNA – ANFIBIOS Y AVES – *PLAYBACK*	
Equipos o material de apoyo requerido	• Equipos para la reproducción de audio. • Vocalización de las especies objetivos.
Consideraciones	• Al momento de estimar abundancia, se debe considerar la dificultad de diferenciar dos individuos entre sí a través de su vocalización, considerando la movilidad de los individuos. • Esta técnica permite la detección sólo de aquellas especies que responden a las vocalizaciones. • Se debe considerar que la mejor época para usar este método es durante la época reproductiva de los animales. **Fuente común de error:** Reconocimiento errado de la respuesta.
Profesionales requeridos	Se necesita una persona entrenada en el reconocimiento de vocalizaciones y cantos de la especie objetivo.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Ralph *et al.* (1996); Fuller y Mosher (1981). **Reconocimiento de especies:** Marks *et al.* (1999), König y Weick (2008).

3.3.3 Red niebla

Este método se utiliza para la captura de quirópteros o aves con el fin de identificar los individuos. Consiste en el uso de una red que se coloca en posición vertical, con un poste en cada extremo, los cuales deben ser fijados mediante cuerdas o tensores, dejando la red totalmente extendida. Tanto la longitud como la altura de la red son variables, así como el tamaño y material de la red, los que se deben seleccionar según las especies objetivo a capturar (ver Figura 19).

Figura 19. **Redes de niebla**



Fuente: Adobe Stock

Para el muestreo se dispone un número determinado de redes de acuerdo con el área a muestrear, con un entramado acorde a la especie objetivo, en sectores con características ambientales que aumentan la probabilidad de presencia de estos individuos. Existen redes niebla de sotobosque o de dosel, entre otros. La ubicación de las redes debe considerar lugares de tránsito, ya sea hacia fuentes de agua, lugares de alimentación o de refugio, así como áreas abiertas entre árboles, por donde se vea favorecido el tránsito y se facilite un registro más representativo.

Se recomienda instalar las redes niebla previo al horario de mayor actividad del grupo objetivo, vale decir, para aves, en las primeras horas de la mañana y previo el atardecer; en el caso de los quirópteros, después del crepúsculo. Previo a la instalación de las redes, se deben tener preparado todos los materiales para la manipulación de los individuos. Pasado este período, la red se debe desinstalar o inactivar en caso de ser ocupadas al día siguiente. La revisión de las mallas por el especialista debe ser lo más frecuente posible, para evitar daños de los individuos. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes. Se recomienda revisar el *Código de ética del capturador y/o anillador en Chile* (SAG, 2015).

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-3.

FICHA FA-3 : FAUNA – VERTEBRADOS VOLADORES (QUIRÓPTEROS Y AVES) – RED NIEBLA	
Atributos, mediciones y resultados	Se obtiene información respecto de la riqueza y abundancia de aves o quirópteros mediante la identificación de especies, cuantificación del número de individuos capturados por especie, mediciones corporales, sexado, estado del ciclo de vida, además de la estacionalidad del registro. Como resultado se obtiene: • Presencia/ausencia. • Contribuye a conocer la riqueza de especies de un lugar. • Número de individuos capturados totales o por unidad de esfuerzo (tiempo, metros cuadrados de red).
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.

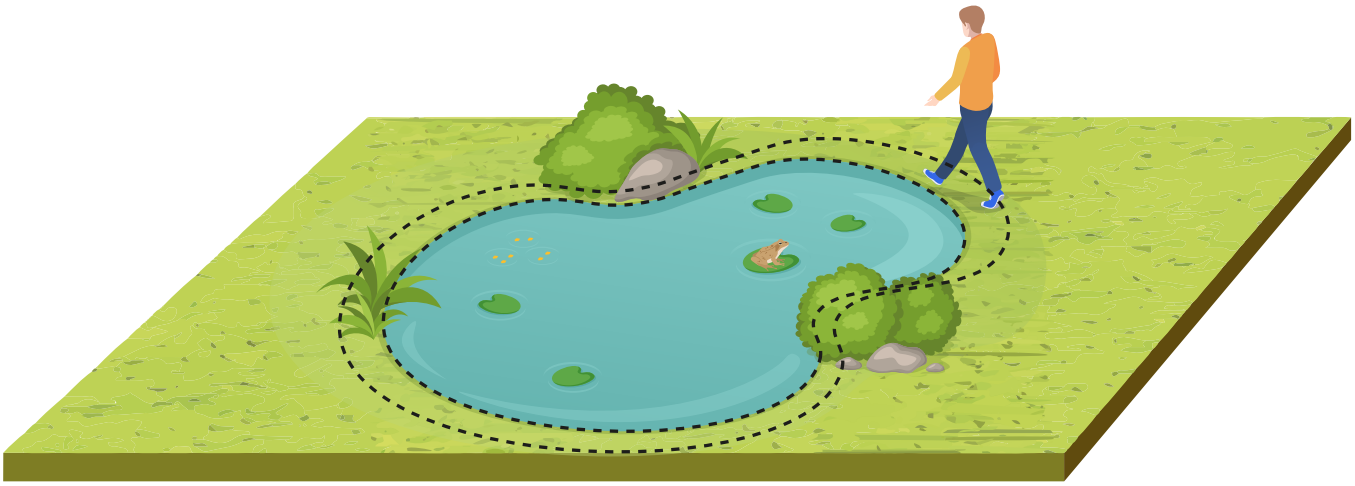
FICHA FA-3 : FAUNA – VERTEBRADOS VOLADORES (QUIRÓPTEROS Y AVES) – RED NIEBLA	
Equipos o material de apoyo requerido	Redes niebla y elementos de sujeción de la red. Debido al riesgo de transmisión de rabia, en el caso de los murciélagos es necesario considerar la vacunación de los profesionales que los manipulan y el uso de guantes de látex. Como medida de bioseguridad, guantes y otros materiales en contacto directo con los ejemplares, deberán ser debidamente esterilizado en cada uso, o la utilización de guantes nuevos en caso de ser desechables.
Consideraciones	• Se requiere de personal altamente capacitado en el reconocimiento de especies objetivo, en el uso de las redes y en la manipulación de los animales capturados. • La instalación de la red puede complicarse en áreas con mucha vegetación. • Durante el período del muestreo cada red desplegada debe ser revisada permanentemente, para evitar muertes por ahorcamiento o estrés. • No se debe realizar la captura de individuos en casos de condiciones climáticas adversas. • Cabe tener presente que para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. **Fuente común de error:** La ubicación errónea o instalación incorrecta de la red, como también no revisar frecuentemente la red. Error en manipular y desenredar individuos atrapados.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos personas altamente capacitadas para instalar la red y manipular los animales capturados, por cada cinco redes.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** SAG (2015); Ralph *et al.* (1996); Murray *et al.* (2002); Botero (2005); Villareal *et al.* (2006); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010). **Reconocimiento de especies:** Iriarte (2008); Galaz y Yáñez (2006).

Anfibios

3.3.4 Búsqueda activa

Si bien esta metodología puede ser utilizada para cualquier taxa, particularmente para especies que tengan usos particulares del hábitat, se considera principalmente para anfibios al ser, como grupo, especialistas de hábitats acuáticos. Esta implica la identificación y evaluación de ambientes favorables para la presencia de anfibios en fase acuática. A partir de lo anterior, la búsqueda de anfibios se realiza mediante el método de búsqueda activa (*Time Constraint Search*), la que consiste en el examen visual y manual de orificios y hoyos en el sustrato y eventuales refugios de los anfibios adultos, enfocado principalmente a los hábitats a evaluar. La búsqueda activa considerará el muestreo en transectos de largo variable, proporcionales al tamaño del hábitat identificado y las condiciones de tránsito, en el que se realiza una búsqueda minuciosa bajo los sustratos presentes (rocas, piedras, hojarasca, troncos, bajo macrófitas). Durante el día, el muestreo considerará tanto la observación de pozones con individuos en estado larval, mientras que durante horarios nocturnos, los transectos se desarrollan a lo largo de cursos de agua o ambientes húmedos que presenten condiciones y recursos utilizados por este grupo de fauna en sus distintos estados del ciclo de vida (ver Figura 20).

Figura 20. Búsqueda activa de anfibios



Fuente: elaboración propia

Para cada recorrido de búsqueda realizado se procede a la toma de los datos definidos previamente mediante una planilla de registros (modelo referencial en Tabla 18 de Ficha FA-01). Se recomienda que la planilla de registros contenga al menos los campos "código (o nombre) del transecto o estación de muestreo", "hora del registro", "nombre común", "nombre científico",

"código (o nombre) del observador", "hábitat prospectado" y "comentarios". Considerando el uso específico de hábitats o ambientes asociados a este grupo, se debe tener cuidado en la interpretación de los datos de distribución de especies en un estudio de fauna, en donde debe existir una correspondencia entre los hábitats descritos, estaciones de muestro (de anfibios) y los registros obtenidos.

También es necesario considerar los horarios de mayor actividad de este grupo de fauna, siendo recomendable incorporar recorridos nocturnos en sitios que durante el día sean identificados como hábitats favorables o se registren vocalizaciones. Tanto para registros directos como indirectos, fotografiar junto a un objeto de tamaño conocido (cuando se justifique y sea posible) es recomendable para validar el reconocimiento de especies. En el caso de registros directos, ciertas partes o características del cuerpo pueden facilitar el reconocimiento. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-4.

FICHA FA-4: FAUNA - ANFIBIOS - BÚSQUEDA ACTIVA	
Atributos, mediciones y resultados	Se caracteriza la riqueza y composición de especies, así como también su abundancia y abundancia relativa. Puede permitir el reconocimiento de individuos, registros o sitios utilizados por otros grupos taxónomos. Finalmente se sabrá como resultado la presencia/ausencia de especies, su abundancia y abundancia relativa.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna. • Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Guías de campo para reconocimiento de especies, cámara fotográfica, guantes de nitrilo o similar, GPS (registrar trayecto recorrido y marcar puntos de hallazgos relevantes), luz frontal, planilla de registros.

FICHA FA-4: FAUNA – ANFIBIOS – BÚSQUEDA ACTIVA	
Consideraciones	• Método económico y sencillo. • El largo y ancho de la transecta dependerá del lugar y de las especies a evaluar. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG si se desea manipular los individuos para un mejor reconocimiento. • La manipulación de anfibios tiene protocolos específicos de bioseguridad. **Fuente común de error:** Puede producirse error en el registro de los datos por falta de experiencia en el reconocimiento de especies. Poca experiencia de los profesionales que realizan el muestreo y las transectas en horarios no adecuados. Falta de conocimiento o diversidad de criterios para definición de hábitats o ambientes a los cuales se asocia la fauna prospectada.
Profesionales requeridos	Un especialista en reconocimiento de fauna por transectas. Considerar el uso de ayudantes como medida de seguridad durante muestreos nocturnos.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Thompson *et al.* (1998); Hill *et al.* (2005); Angulo *et al.* (2006); Espinoza (2008). **Reconocimiento de especies:** Charrie (2019); Garín y Hussein (2013); Lobos *et al.* (2013); Rabanal y Núñez (2008); Vidal y Labra (2008).

3.3.5 Transectos de bandas auditivas

Se fundamenta en las vocalizaciones emitidas durante la época reproductiva, las cuales son específicas para cada especie. Este método consiste en identificar las vocalizaciones a lo largo de una transecta de una longitud predeterminada, cuyo ancho varía de acuerdo con la distancia de detección del canto de la especie focal; es decir, la distancia máxima a la cual el animal puede ser escuchado por el observador.

Complementariamente, la estimulación de vocalizaciones se puede realizar mediante la reproducción de una grabación de la o las especies objetivo a un volumen moderado.

Si fuera factible identificar a cada individuo vocalizando estos se podrán contar, teniendo presente que a menos que se trate de una especie en que ambos sexos vocalicen, este método sólo permite determinar la abundancia de machos cantando y, si se conoce la relación entre

sexos, estimar la abundancia total de adultos, dado que no sirve para estimar número de larvas ni individuos no reproductores.

Se debe tener cuidado con el sesgo que se introduce cuando se contabilizan coros de varios individuos vocalizando al unísono, dada la superposición de los cantos. En este caso, la abundancia en los coros debe ser cuantificada visualmente, o cuantificar cada coro como un individuo.

Los resultados se expresan en presencia o ausencia de especies y, si es factible, cantidad de individuos escuchados, por lo que se requiere de expertos y criterio auditivo para diferenciar la mayor cantidad de vocalizaciones provenientes de individuos distintos. Así, con esta metodología se puede conocer: la composición de especies de un lugar dado, el uso del microhábitat, la distribución de las especies y la fenología reproductiva de las especies.

Dentro de la transecta se deben contabilizar todos los individuos escuchados[29], muestreando todos los hábitats o ambientes de fauna definidos en el área de estudio. Una ventaja de esta metodología sobre la búsqueda activa es que en esta última el observador debe encontrar los individuos y su capacidad para detectarlos varía en función del tamaño, la coloración, el clima, el tipo de movimiento, la habilidad del observador, etc.; en tanto que en los muestreos auditivos los animales advierten su presencia.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-5.

29 Cabe tener presente que un supuesto importante que se utiliza en este método es que todos los individuos pueden ser escuchados y contabilizados una sola vez, lo cual debe ser considerado para no caer en aseveraciones erróneas respecto de la cantidad de individuos.

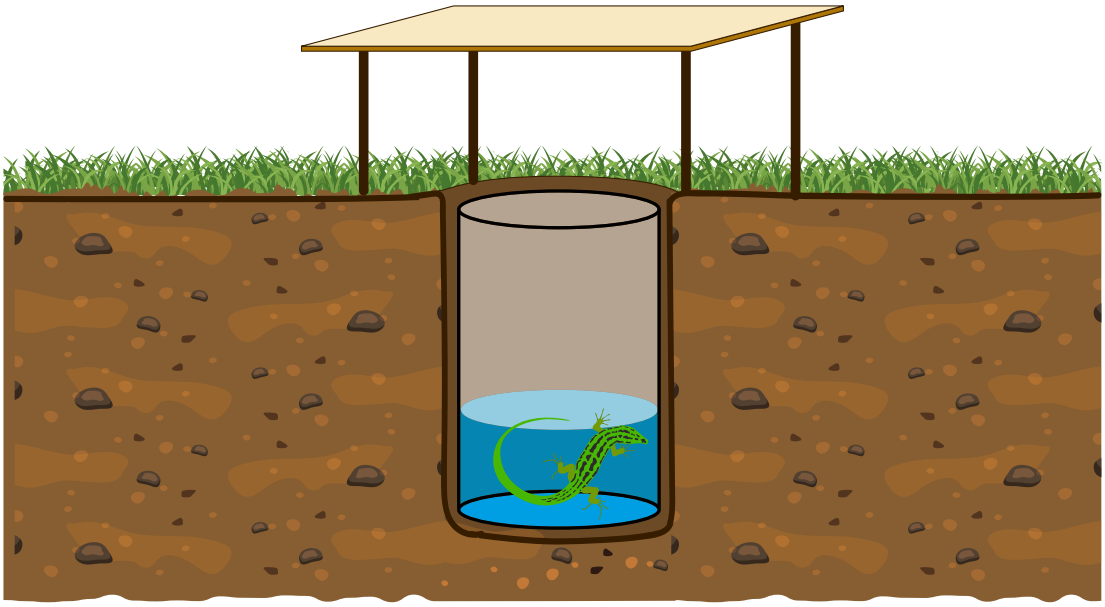
FICHA FA-5: FAUNA- REGISTRO DE VOCALIZACIÓN DE ANFIBIOS	
Atributos, mediciones y resultados	Se mide la presencia de especies y abundancia por especie, obteniendo como resultado la riqueza de especies, abundancia y abundancia relativa.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna. • Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de biodiversidad.
Equipos o material de apoyo requerido	Equipos para la reproducción de audio, vocalizaciones grabadas de especies de anfibios, lámpara frontal.
Consideraciones	Se debe considerar que la mejor época para usar este método es durante la época reproductiva de los animales. **Fuente común de error:** Sub o sobreestimaciones de individuos cuantificados por cálculo errado de las vocalizaciones o movimientos no detectados de los individuos. Dependiendo de la especie, puede darse sólo una estimación de los machos sexualmente activos al momento del muestreo. Reconocimiento errado de la respuesta.
Profesionales requeridos	Se necesita una persona entrenada en el reconocimiento de vocalizaciones y cantos.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Thompson *et al.* (1998); Hill *et al.* (2005), Angulo *et al.* (2006); Espinoza (2008). **Reconocimiento de especies:** Penna (2005).

Reptiles

3.3.6 Trampa de pozo o *pitfall*

Este tipo de trampa permite la captura de animales de tamaño pequeño o medio, apto para la captura de anfibios o reptiles. La trampa de pozo, o *pitfall*, consiste en un tubo o frasco (vidrio, PVC o plástico) que se entierra a nivel del suelo, permitiendo la captura pasiva de animales, los cuales caen dentro de él. A una mayor profundidad es posible una mejor retención de los animales dentro de la trampa, evitando de esta forma su escape.

Figura 21. **Trampa *pitfall***



Fuente: elaboración propia

Las dimensiones de las trampas y las profundidades a las que se deben colocar varían de acuerdo con la especie que se requiera capturar. Se recomienda colocar un número determinado de trampas en un área específica, las que pueden distribuirse en grillas y acompañarse de barreras de desvío para guiar a los animales a la trampa. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-6.

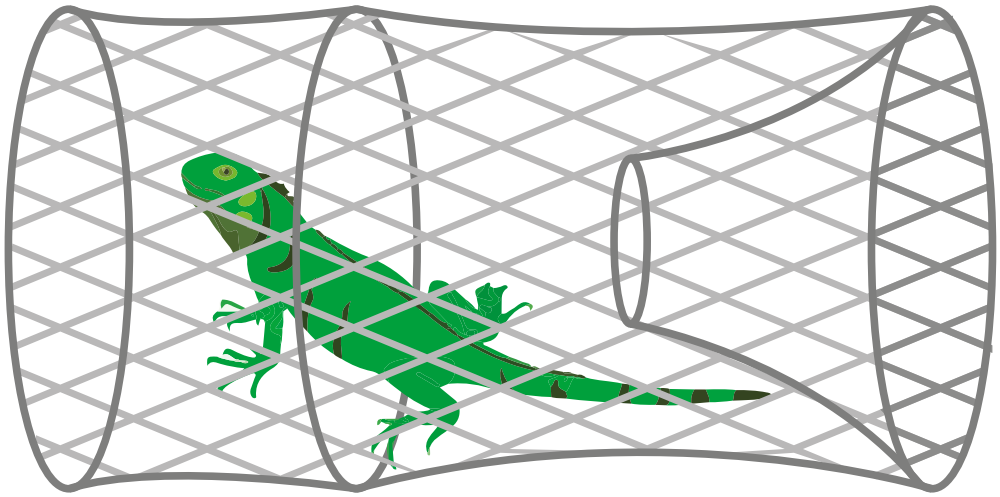
FICHA FA-6 : FAUNA - MÉTODOS COMPLEMENTARIOS - TRAMPA DE POZO	
Atributos, mediciones y resultados	Se conoce con este método la riqueza y abundancia de especies, identificándolas y midiendo el número de individuos por especie. Como resultados se obtiene: • Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa. • Número de individuos por unidad de área de esfuerzo de captura (número de trampas).
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Pala. • Tubo o frasco. • Plumón u otro método para marcar a los individuos.
Consideraciones	• Se recomienda para análisis de datos cuantitativos. • No se recomienda aplicar el método en épocas o días de lluvia, debido al agua que puede acumularse mientras el ejemplar está en la trampa, como también en épocas frías del año. • Se debe hacer una revisión frecuente de las trampas para que el animal no esté mucho tiempo expuesto a calor excesivo, para evitar daños si eventualmente cae más de un ejemplar en la trampa o evitar depredación. La frecuencia de revisión no debe superar en ningún caso las 12 horas. **Fuente común de error:** Instalación equivocada de las trampas.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos profesionales expertos en el uso de esta metodología. Capacitados en el reconocimiento de especies objetivos.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Manzanilla y Péfaur (2000); Murray (2002); Bustamante *et al.* (2009); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.7 Trampas de embudo

Las trampas de embudo se pueden utilizar de manera complementaria a las trampas de caída (*pittfall*), ya que capturan una serie de especies de reptiles que pueden escapar de éstas o especies que simplemente rara vez caen.

La trampa consiste en un tubo, que puede ser de diferentes materiales, en que uno o ambos extremos están conformados por un embudo hacia el interior de la trampa. Esta estructura se extiende al entrar el animal, inducido por su propio peso, la estructura se vuelve a cerrar impidiendo su salida (ver Figura 22). Se recomienda utilizar cercas de guía similares a las indicadas para las trampas *Pitfall*.

Figura 22. Trampa embudo



Fuente: elaboración propia

Es relevante que se proporcione siempre un refugio sobre la parte superior de las trampas de embudo para reducir la exposición de los animales atrapados al calor, frío y deshidratación. Se recomienda al menos un 70% de tela para sombra, sin embargo, se pueden usar alternativas como la vegetación densa. Adicionalmente, se puede disponer de algún material en su interior (como hojas, ramas o un algodón) para que el animal pueda refugiarse o hacer un nido provisorio, el cual además le permite estar oculto de depredadores.

Para estandarizar las trampas de embudo en todos los sitios se deben considerar aspectos similares a los de las trampas de caída (pitfall), incluido el número de trampas de embudo; tipo de valla de deriva; longitud de la cerca y distancia entre las trampas de embudo a lo largo de la cerca, y la duración de la captura.

Las trampas deben revisarse minuciosamente temprano en la mañana antes de que las temperaturas sean demasiado altas. Esto también reduce el riesgo de depredación por parte de depredadores diurnos.

Una ventaja importante de los embudos es su facilidad de implementación en las áreas de muestreo donde el sustrato impide el establecimiento de líneas de pozo, como en superficies duras. El muestreo se realizará ubicando un número determinado de trampas con el fin de cubrir el área de estudio.

Si bien las trampas de embudo están diseñadas para la herpetofauna, también pueden atrapar aves terrestres, pequeños mamíferos e invertebrados. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-7.

FICHA FA-7 : FAUNA - REPTILES - TRAMPAS DE EMBUDO	
Atributos, mediciones y resultados	Con este método se conoce la riqueza y diversidad de especies, así como también su abundancia. Para ello también se analizan singularidades ambientales (especies en categoría de amenaza, especies endémicas, entre otras), identificando especies y cuantificando el número de individuos por especie. Se obtiene como resultado: • Presencia/ausencia. • Riqueza. • Abundancia relativa. • Densidad.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Trampas de embudo.

FICHA FA-7 : FAUNA - REPTILES - TRAMPAS DE EMBUDO	
Consideraciones	• Las trampas deben estar bien posicionadas de acuerdo con los comportamientos de las especies objetivo. • Se debe considerar la temperatura a la que estarán expuestos los animales, por lo que se recomienda revisar la trampa en forma periódica, cubrirlas con sombra y evitar horarios de mucho calor. • Se debe manipular con cuidado el retiro de los ejemplares para no causar autotomía caudal. • Debe tenerse presente que para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. **Fuente común de error:** Mal posicionamiento de las trampas.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos profesionales expertos para esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Manzanilla y Péfaur (2000); Bustamante *et al.* (2009); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

Aves

3.3.8 Punto de aves

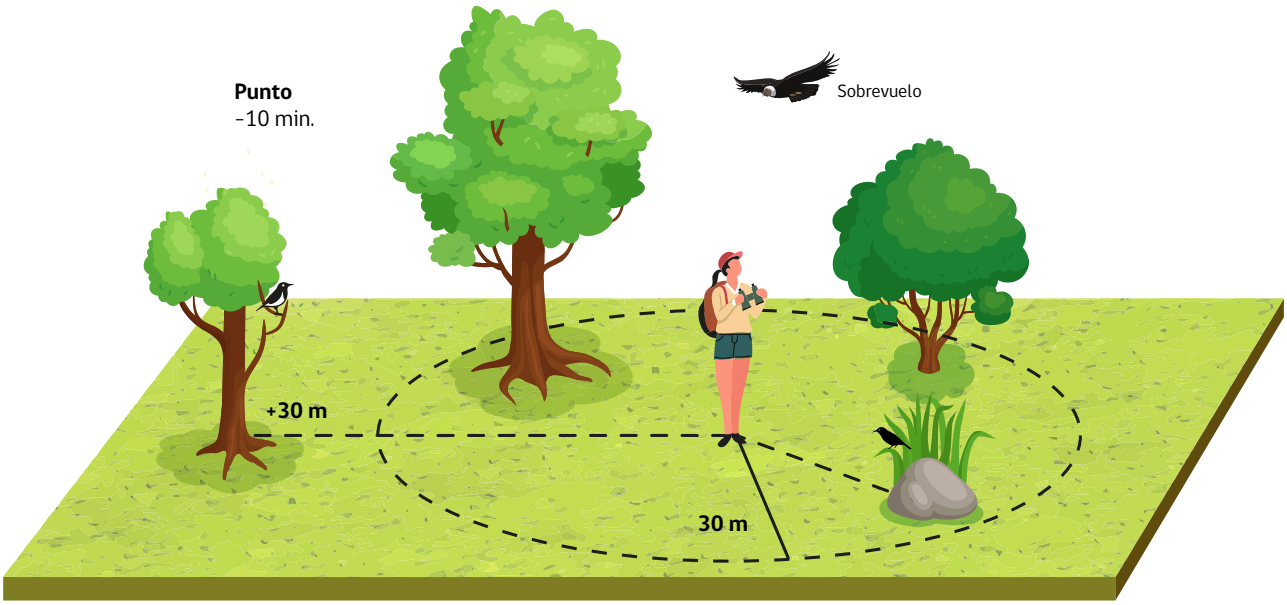
Esta es una técnica de búsqueda pasiva, no invasiva, que proporciona un registro directo de la ocurrencia y abundancia de especies de aves diurnas. Es un método ampliamente utilizado, ya que puede ser usado en gran variedad de terrenos y hábitats. Este método requiere observadores altamente calificados con experiencia en la observación de aves; identificación (tanto visual como auditiva) de especies, y conocimiento de la distribución y migración de aves.

En cada punto de muestreo se sitúa un solo observador, que contabilizará todas las aves dentro de un radio por un tiempo definido (ver Figura 23). Para el caso de bosques o sectores con vegetación densa, donde se dificulte la visibilidad, se recomienda utilizar áreas de menor tamaño que aquellas usadas en espacios abiertos. Las aves que se registren sobrevolando deben quedar identificadas. En el caso de no poder identificar un ave, al final del tiempo se puede acercar para confirmar su identificación, tomando una fotografía si es factible.

Lo anterior se repite en cada uno de los puntos que hayan sido definidos para el estudio de la superficie de interés. Los puntos deben estar separados por una distancia suficiente para evitar dobles conteos y, simultáneamente, no contar un ejemplar que viene del punto vecino.

El tiempo de observación debe permitir realizar el total de puntos que se definan para la unidad de estudio, con un mínimo de 10 minutos, siendo mayor en bosques y ambientes heterogéneos o complejos, evitando que una misma unidad sea muestreada en distintos días.

Figura 23. Punto de observación



Fuente: elaboración propia a partir de Ruiz-Gutiérrez *et al.* (2020)

La actividad de las aves durante el día fluctúa ampliamente, y el mejor momento para muestrear suele ser temprano en la mañana. Otros factores, como las inclemencias del tiempo, en particular la lluvia y el viento, reducen en gran medida la detección de especies de aves y los estudios no deben llevarse a cabo durante esos momentos. También se debe tomar en consideración la observación de actividad reproductiva y nidificación, la cual es común observar en este tipo de muestreo.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-8.

FICHA FA-8 : FAUNA – AVES – PUNTO DE AVES	
Atributos, mediciones y resultados	Con el método se conoce la riqueza, la composición de especies y la diversidad, así como también su abundancia, abundancia relativa y densidad. Se mide la presencia de especies, abundancia por especie, la estacionalidad y se describe la conducta.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna. • Invasión de ejemplares de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Cámara fotográfica, GPS, monoculares o binoculares, guía de identificación de aves. Vestimenta de colores tierra.
Consideraciones	• Método económico. • Los expertos deben estar capacitados en relación con las especies observadas. **Fuente común de error:** Identificación visual o auditiva errónea de las especies. Subestimación de población por individuos no visualizados, así como de especies que no se dejan ver. Perturbación de la avifauna por fuentes de ruido u otros factores (p. ej. ropa llamativa). Dobles conteos. Omitir el análisis de curva de acumulación de especies que permite ajustar el tiempo de observación a la complejidad del paisaje.
Profesionales requeridos	Profesional experto en identificación de especies (visual y auditiva) y con conocimiento de la distribución y migración de aves, es decir, sobre su comportamiento.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Thompson *et al.* (1998); Hill *et al.* (2005); Ralph *et al.* (1996); Botero (2005); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010); Murray *et al.* (2002); Villareal *et al.* (2006); Bibby *et al.* (2000). **Reconocimiento de especies:** Jaramillo (2005); Martínez-Piña D. y G. González-Cifuentes (2017).

3.3.9 Medición de tránsito aéreo

Esta es una técnica de búsqueda pasiva, no invasiva, que proporciona información respecto del vuelo de aves diurnas, así como un conteo directo de los individuos. Este método requiere observadores altamente calificados, con experiencia en la observación de aves, siendo capaces de identificar tanto visual como auditivamente a las especies, y tener conocimiento de la distribución y migración de aves.

La metodología implica un conteo continuo de aves en tránsito aéreo durante un período de al menos cuatro horas de iniciada la actividad. Durante el muestreo se puede registrar especie, número de individuos (si era una bandada), dirección de vuelo, tipo de vuelo, altura de vuelo[30], hora del registro; dependiendo de los fines del estudio son las variables que se pueden considerar. El período de conteo debe realizarse en horas cercanas al amanecer o al atardecer, ya que la actividad de las aves presenta un patrón bimodal con valores máximos en estos horarios, aunque esta situación debe ser evaluada para cada sector, pudiendo variar por época del año o ubicación geográfica. Es fundamental además efectuar réplicas en el mismo punto para establecer patrones diarios.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-9.

FICHA FA-9 : FAUNA - AVES - MEDICIÓN DE TRÁNSITO AÉREO	
Atributos, mediciones y resultados	Con este método se conoce la riqueza y diversidad de especies, así como también su abundancia. Se identifican especies y se caracterizan parámetros tales como la dirección del vuelo, tipo de vuelo, altura de vuelo y hora del registro. Como resultado se obtiene: • Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Número de individuos por especie. • Frecuencia de aves en tránsito aéreo. • Número de individuos por rango horario. • Promedio de aves por bandada. • Altura de vuelo promedio. • Trayectoria de vuelo.

30 El cálculo de la altura se realiza de manera estimativa, para esto se recomienda tomar un objeto de altura conocida, o medir la altura de la copa de árbol más alta con un telémetro, y utilizar esta como una medida de referencia.

FICHA FA-9 : FAUNA – AVES – MEDICIÓN DE TRÁNSITO AÉREO	
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna, por ejemplo, por colisión. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Binoculares, guía de identificación de aves, planilla de registro, GPS. Vestimenta de colores tierra.
Consideraciones	**Fuente común de error:** Identificación errada de los parámetros a determinar, particularmente aquellos de carácter más estimativos, como la altura de vuelo, dirección o los tamaños de grandes bandadas. Es relevante tener una descripción del ambiente donde se realiza, así como ciertos datos meteorológicos del día de medición, como temperatura, viento o precipitaciones.
Profesionales requeridos	Profesional experto en identificación de especies (visual y auditiva) y con conocimiento de la distribución y migración de aves.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** *Scottish Natural Heritage* (SNH) (2005).

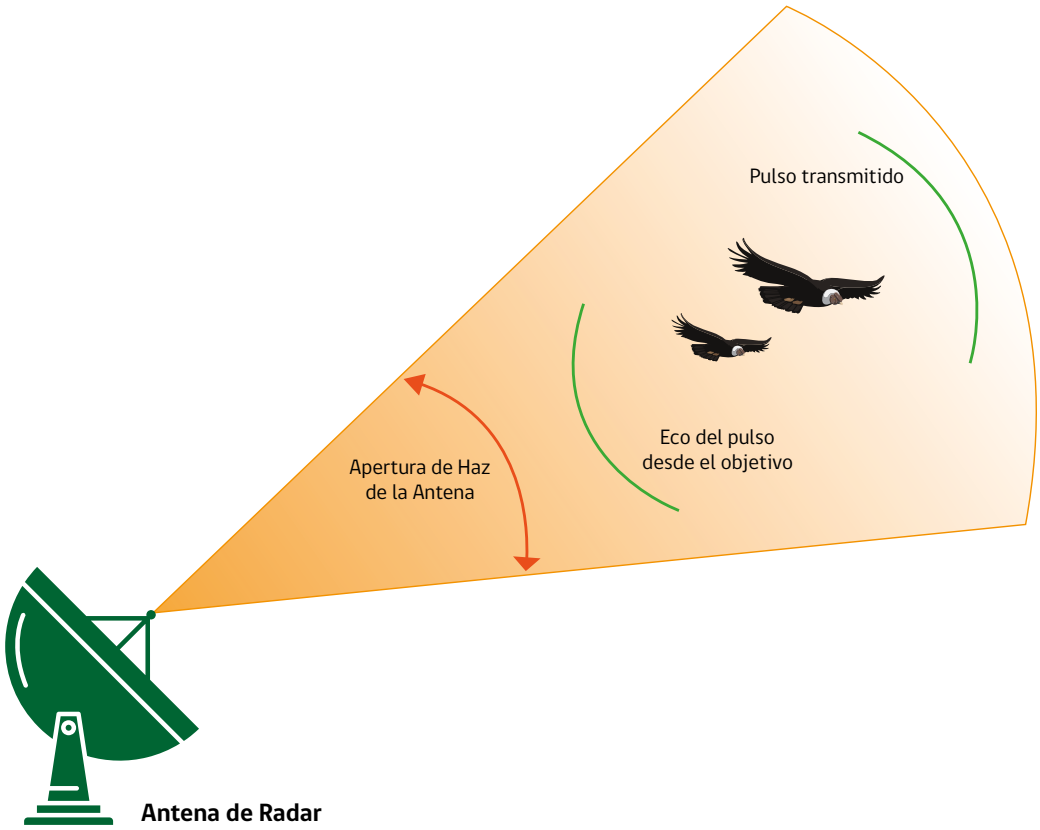
3.3.10 Radar

Esta es una técnica de búsqueda pasiva, no invasiva, que permite registrar los movimientos de animales voladores, como aves, quirópteros e incluso insectos. El sistema emite una onda de radio o pulso, ésta, al encontrarse con un objeto, es reflejada generando un eco. Este eco es luego captado por el radar y, de acuerdo con sus características, se puede conocer la distancia, altura, dirección y velocidad del objeto que se mueve.

De las características de los radares se pueden tener mejores niveles de rendimiento dependiendo del parámetro que se busque medir. Para la detección de aves, es importante que el haz de la señal sea estrecho, que alcance a distinguir dos objetos próximos. Radares que trabajan en menores longitudes de onda (como en banda X), tienen mejor precisión, pudiendo detectar objetos de menor tamaño; por otro lado, radares con longitudes de onda mayores, Banda C o S, tienen menor interferencia de la lluvia o neblina. Radares de escaneo horizontal tienen mayor precisión al determinar dirección y velocidad de vuelo, mientras que aquellos de escaneo vertical son más precisos en detectar altura y flujo de vuelo. La información puede ser entregada en estado bruto o ya procesada para parámetros de migración, por radares especializados en fauna.

De manera general, no es posible identificar a nivel de especie a través de los radares. Para aquellos radares especializados en fauna, como aves, se puede generar una clasificación por grupos dependiendo de su tamaño y patrón de aleteo. Por este motivo es importante tener una caracterización previa de la avifauna, de modo de tener una calibración del software para la identificación más específica posible.

Figura 24. Radar



Fuente: elaboración propia a partir de Snoek, R. (2016). *Technisch overzicht radarsystemen offshore windparken*

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-10.

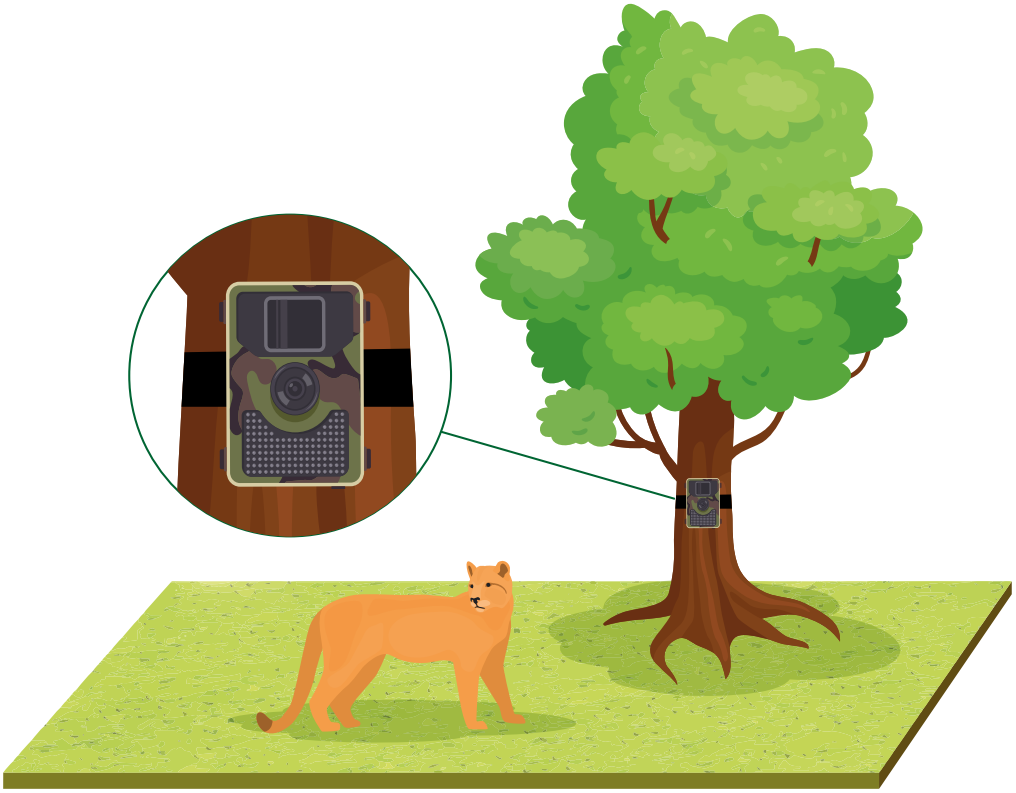
FICHA FA-10 : FAUNA – VERTEBRADOS VOLADORES (QUIRÓPTEROS Y AVES) – MEDICIÓN DE TRÁNSITO AÉREO	
Atributos, mediciones y resultados	Este método contribuye a conocer la abundancia de especies, su distribución y comportamiento. Se mide la dirección del vuelo, tipo de vuelo, altura de vuelo y se registra la hora del avistamiento. Como resultado se obtiene: • MTR – *Migration Traffic Rate* (flujo de individuos). • Rutas migratorias. • Patrones de migración. • Altura y velocidad promedio por grupo.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna, por ejemplo, por colisión. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Acceso a radar. *Software* para procesar datos.
Consideraciones	**Fuente común de error:** Uso inadecuado de equipos por variables a medir.
Profesionales requeridos	Profesional experto en identificación de especies (visual y auditiva) y con conocimiento de la distribución y migración de aves.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Lagerveld, *et al.* (2020); Nilsson, *et al.* (2018); Snoek (2016).

Mamíferos

3.3.11 Cámara trampa

El método de cámaras trampa es ampliamente utilizado en el monitoreo de fauna, debido a que resulta muy útil para el muestreo de especies elusivas, de hábitos nocturnos o de difícil detección visual, tales como carnívoros, ungulados, entre otros. El método consiste en la instalación de cámaras fotográficas con un sensor infrarrojo sensible al movimiento, que se activa obteniendo fotografías y videos de las especies que pasan delante de estas (ver Figura 25).

Figura 25. Cámara trampa



Fuente: Elaboración propia

Para el procedimiento de muestreo se deben colocar estas cámaras en lugares tales como entrada de refugios, caminos, senderos, lugares que muestren signo de actividad o tránsito de las especies, etc. Además, las cámaras se deben ubicar de tal forma que apunten hacia un cebo o atractor olfativo que estimule el acercamiento de los animales. Estos atractores suelen ser variados, y su selección depende de la cantidad de tiempo que se desee dejar el equipo tomando datos y la especie objetivo. Al respecto, destaca el uso de orinas sintéticas, carne de pollo, conservas de jurel, atún o cereales. Se recomienda que las cámaras se mantengan activas al menos por tres días completos, de manera de permitir el acostumbramiento de la fauna a su presencia y su olor. En el caso de fauna más esquiva, como el gato andino, el tiempo debiera ser al menos de siete días. Dependiendo del ambiente puede variar la cantidad de días propuestos, siendo la consulta a un experto una alternativa recomendada. Es importante recalcar que la ausencia de un registro no implica necesariamente que esta especie no se encuentre en el sector.

Esta técnica también puede ser utilizada para la detección de otros grupos, como aves, en el caso de especies particularmente sensibles o difíciles de avistar como las golondrinas de mar. Se recomienda instalar las trampas cercanas a sus refugios o cavidades de reproducción,

manteniendo una distancia de al menos 1,5 metros de ella, para no alterar su actividad normal. Se recomienda dejar las cámaras al menos tres noches completas, dado que las visitas de la especie objetivo pueden no ser tan frecuentes.

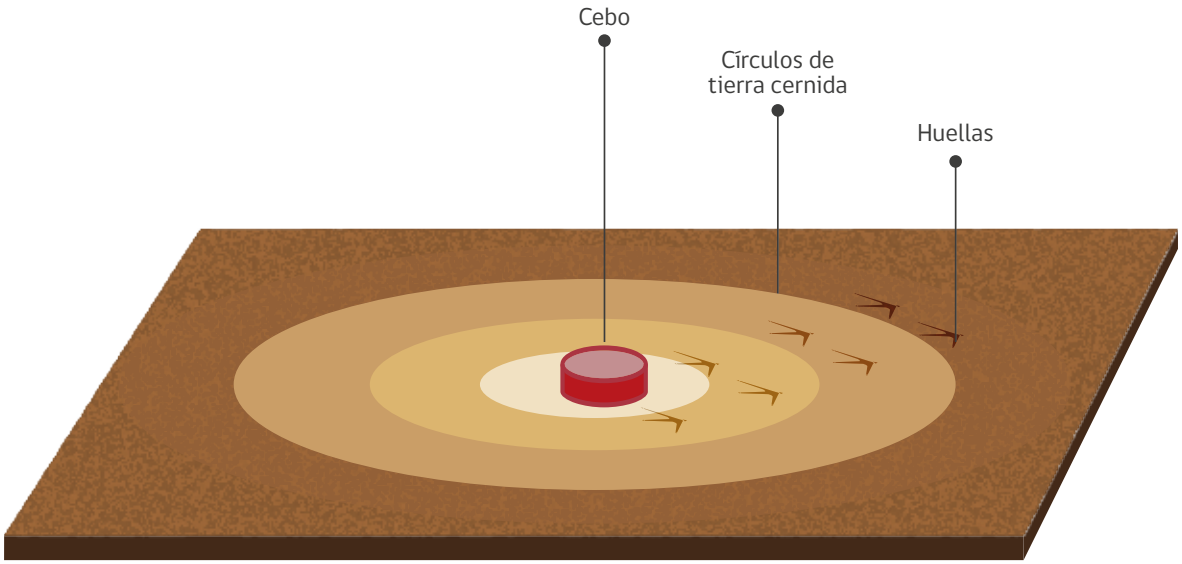
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-11.

FICHA FA-11 : FAUNA - MAMÍFEROS - CÁMARA TRAMPA	
Atributos, mediciones y resultados	Este método permite conocer la riqueza de especies y aporta en la estimación de abundancia. Se obtiene como resultado presencia/ausencia y número de individuos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Cámaras trampa, baterías, memorias.
Consideraciones	• Para la estimación del número de individuos se debe considerar el máximo número de individuos en una misma foto o diferenciar por marcas que los individualicen. • Puede considerarse de mayor costo debido a los equipos requeridos, pero su uso contribuye a mejorar la eficacia para detectar especies elusivas. • Las cámaras deben estar bien localizadas y aseguradas a una superficie. • Para la identificación de individuos es necesario colocar dos trampas enfrentadas. **Fuente común de error:** Instalación errónea de la trampa, ya sea apuntando en una dirección que no favorezca capturar especímenes de fauna, o se encuentre un objeto que active el sensor, como vegetación o el sol.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos profesionales para desarrollar esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** De la Maza y Bonacic (Eds. (2013); O'Connell *et al.* (2011), Díaz-Pulido y Payán (2012). **Reconocimiento de especies:** Iriarte (2008); Muñoz-Pedreros y Yáñez (2009).

3.3.12 Estaciones o líneas de atracción olfativa (huelleros)

Las líneas de atracción olfativa consisten en círculos de tierra cernida de un diámetro determinado, conformando un sustrato adecuado para la impresión de huellas. En el centro de la estación se coloca cebo, orina u otro tipo de atractor (ver Figura 26). Cada línea de atracción olfativa se compone de un número determinado de estaciones ubicadas a una distancia determinada una de otra. Las estaciones olfativas se revisan al día siguiente de su instalación.

Figura 26. Atracción olfativa



Fuente: elaboración propia

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-12.

FICHA FA-12 : FAUNA – MAMÍFEROS – LÍNEAS DE ATRACCIÓN OLFATIVA	
Atributos, mediciones y resultados	El método aporta a la estimación de riqueza de especies. Para ello se observan y describen huellas y eventualmente heces (algunos individuos podrían marcar el sitio). Finalmente, este método permite concluir respecto de la presencia/ausencia de especies, y su frecuencia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Sustrato adecuado para la impresión de huellas, un atractor como cebo, orina u otro. Colocar una marca (mano) en el sustrato con el fin de revisar la eficacia de la trampa.
Consideraciones	• No es necesario manipular a los individuos, cada línea se debe disponer de manera que no se repitan los mismos individuos dentro de una misma línea. • La identificación por huellas puede ser imprecisa. **Fuente común de error:** Instalación errada del atractor olfativo. Sobrecompactación de arenero que no permite registrar las huellas.
Profesionales requeridos	Se necesita una persona experta en la identificación de huellas y en el reconocimiento de especies objetivos.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** De la Maza y Bonacic (Eds.) (2013); O'Connell *et al.* (2011), Díaz-Pulido y Payán (2012). **Reconocimiento de especies:** Iriarte (2008); Muñoz-Pedreros y Yáñez (2009); Muñoz-Pedreros (2010).

Micromamíferos

3.3.13 Trampas Sherman

Este muestreo consiste en la instalación de 20 a 25 trampas Sherman en una línea, como un transecto, o a modo de grilla, separadas aproximadamente por 10 a 20 m una de otra (distancia recomendada para el muestreo de pequeños mamíferos). Su funcionamiento considera un pedal al interior, el cual se activa por el peso del animal que ingresa al fondo de la trampa en busca

del cebo, gatillando el cierre de esta. Se recomienda registrar las coordenadas geográficas de cada trampa, tanto para facilitar su búsqueda como para asignar localización en caso de captura. Dentro de cada trampa se debe incluir un atrayente o cebo que dependerá de la especie objetivo, siendo la avena con esencia de vainilla la más utilizada para micromamíferos. Los sitios de instalación de las trampas deben considerar el comportamiento y hábitat de las especies objetivo, en el suelo, hojarasca, roqueríos e incluso en ramas de árboles, tratando de cubrir el mayor número de hábitat posibles dentro de una grilla o transecto.

Figura 27. Trampas Sherman



Fuente: fotografía de D. Beckers

Las trampas se colocan en el ocaso, y mientras estén activas se revisan temprano en la mañana todos los días desde su instalación. Tras revisar las trampas, estas se mantienen cerradas o inactivas durante el día y se vuelven a abrir o activar nuevamente al atardecer. Esto busca proteger a la fauna de los efectos adversos de temperaturas bajas o elevadas que pueden causar incluso la muerte. Se deben considerar medidas que ayuden a evitar hipertermia, deshidratación o hipotermia. Para la hipertermia o deshidratación, se debe considerar la ubicación de la trampa bajo sombra, evaluando como esta puede variar en horas de la mañana antes del tiempo en que se espera revisar la trampa. Es posible construir refugios con rocas, ramas, u hojas entre otros elementos posibles de hallar en terreno. En el caso de utilizar rocas, se debe considerar el peso de ellas, para que no rompan o desarmen la trampa por su peso, pudiendo lesionar al individuo capturado. En épocas frías, para minimizar el riesgo de

hipotermia, se recomienda colocar sustrato dentro de la trampa, introducir un algodón que sirva al individuo para proteger y, en ciertos casos, incluso aislar la trampa por fuera.

La cantidad de noches que deban usarse en un mismo punto dependerá del diseño muestral, de la duración de la campaña de terreno y de la precisión que se quiera dar para estimar la riqueza de especies. Cabe indicar que una única noche no es un buen predictor de la riqueza de especies de un lugar que potencialmente posea una alta diversidad de micromamíferos. Dentro del rango de duración habitual de una campaña de muestreo de fauna, tres noches con trampas activas suele ser el tiempo mínimo de muestreo para el uso de esta metodología. Se recomienda revisar el *Manual para evaluación de línea base componente fauna silvestre* (SAG, 2012).

En el caso de captura, la manipulación debe ser lo más rápida posible y con sumo cuidado, con el fin de reducir el estrés del animal. La manipulación se debe realizar con guantes de nitrilo o jardinería (para protección del animal y del observador). Se recomienda fotografiar el hocico, pies, orejas y cola para corroborar la identificación en gabinete. Se deben medir los parámetros morfológicos necesarios y luego liberar en el mismo lugar de captura. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-13.

FICHA FA-13 : FAUNA – MICROMAMÍFEROS (ROEDORES Y MARSUPIALES) – TRAMPAS SHERMAN	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Trampas Sherman, guías para reconocimiento de especies, planilla de registros, GPS, guantes de nitrilo o jardinería (protección ante mordiscos o arañazos), cámara fotográfica, terrario o recipientes apropiados para retener momentáneamente a los individuos.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos. • Datos corporales.

FICHA FA-13 : FAUNA - MICROMAMÍFEROS (ROEDORES Y MARSUPIALES) - TRAMPAS SHERMAN	
Tipo de resultados	Presencia/ausencia. Si se usan líneas de trampas se pueden obtener datos sobre abundancia relativa y riqueza de roedores y marsupiales. Pero si se utilizan como grillas y con métodos de captura y recaptura se pueden obtener valores de densidad, además de riqueza de especies. Además de índices como el índice de densidad relativa (IDR).
Consideraciones	• El método debe ser aplicado por personas capacitadas en el reconocimiento de especies. • Considerar la conducción térmica del aluminio (frío/calor) ya que pudiera afectar a los ejemplares. • Considerar la estabilidad de la trampa en el lugar que se coloque para evitar su caída. • Se debe tener en consideración el tipo de cebo, ya que pueden descomponerse durante el tiempo en que las trampas son colocadas o pueden atraer un gran número de hormigas, afectando el bienestar del animal capturado. • Cabe tener presente que para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. • Debido al riesgo de contraer síndrome pulmonar por hanta virus, transmitido al ser humano por roedores silvestres, todas las capturas de micromamíferos deben seguir procedimientos de bioseguridad, a fin de minimizar el riesgo de transmisión a los investigadores. Para la manipulación de trampas y animales, los investigadores deben utilizar respiradores y guantes de látex. Luego de su uso las trampas deben desinfectarse mediante aspersión con cloro. **Fuente común de error:** Se puede producir error por falta de experiencia en la ubicación e instalación de las trampas.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos personas con conocimiento y experiencia en la aplicación de esta metodología, además, deben estar capacitadas en el reconocimiento de especies objetivo.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Day *et al.* (1987); Sutherland (2006); Bustamante *et al.* (2009); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010); Thompson y Thompson (2011). **Reconocimiento de especies:** Iriarte (2008).

Quirópteros

3.3.14 Detección de ecolocalizaciones

Esta técnica se utiliza para la detección e identificación de ecolocalizaciones de quirópteros (murciélagos) mediante la grabación de sonidos por períodos acotados (por ejemplo 10 min). Se realiza con un detector ultrasónico que transforma las ondas ultrasónicas producidas por estos animales a sonidos dentro de nuestro rango auditivo, lo que nos permite detectarlos y almacenarlos en sistemas de grabación (ver Figura 28).

Figura 28. Detección de ecolocalizaciones



Fuente: composición a partir de imágenes de Adobe Stock

Existen sistemas de detección móviles y fijos. En el caso del uso de sistemas móviles, el especialista puede realizar un transecto o un punto fijo de muestreo por un período fijo. Durante este tiempo se debe dirigir el aparato hacia arriba tratando de recolectar vocalizaciones. Estos se deben hacer durante el crepúsculo y primeras horas de la noche, porque este grupo se encuentra más activo. Los sistemas fijos se pueden dejar en un mismo sitio por una o varias noches, orientando el aparato hacia el sector donde se estime mayor actividad de estas especies.

Las grabaciones son procesadas posteriormente con un programa computacional especializado para analizar ecolocalizaciones y sus espectrogramas, por ejemplo, *BatSound* (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia), *Sonobat* (Estados Unidos) *BatScan* (Batbox LTD, Daventry, Northants, UK) o *Kaleidoscope* (Wildlife Acoustics, Inc., Maynard, Estados Unidos), entre otros. Algunos equipos permiten el análisis en tiempo real junto con una identificación propuesta a través del reconocimiento de espectrogramas pregrabados, sin embargo, estos deben ser debidamente calibrados y validados por un experto.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-14.

FICHA FA-14 : FAUNA – MICROMAMÍFEROS VOLADORES (QUIRÓPTEROS) – DETECCIÓN DE ECOLOCALIZACIONES	
Atributos, mediciones y resultados	Riqueza.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Equipos para grabar las ecolocalizaciones y tecnología para identificarlos.
Variables a medir	• Estructura del pulso. • Frecuencia inicial y final. • Frecuencia de máxima energía. • Duración. • Intervalo interpulsos. • Ancho de banda. • Amplitud. • Armónicos.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Abundancia e índices de abundancia (vocalizaciones por unidad de tiempo y especie). • Riqueza de especies.
Consideraciones	• No es necesario manipular a los individuos. • Se requiere conocimiento del hábitat de las especies a registrar. **Fuente común de error:** Falta de información respecto al espectro de ecolocalización de especies de murciélagos susceptibles de estar presentes en el área de estudio.
Profesionales requeridos	Es necesario un profesional en terreno para la toma de datos y, además, un profesional de gabinete capacitado en el uso del *software* específico recomendando por el fabricante del equipo de grabación.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Murray (2002); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.15 Trampa de arpa (*Harp traps*)

Este método se utiliza para la captura de quirópteros que colisionan contra la trampa. La trampa está conformada por una estructura rectangular con cuerdas o hilos delgados que se suspenden de manera vertical alternadamente. Esta estructura se dispone de forma extendida, con una bolsa bajo ella, donde caen los individuos tras colisionar con la red (ver Figura 29). Luego, la trampa se posiciona entre la vegetación, cercana a cuerpos de agua o sitios con tránsito de quirópteros.

Figura 29. Trampa de arpa



Fuente: elaboración propia

Tanto el transporte como la instalación de equipos en las áreas de estudio limitan el uso de este método en superficies extensas, por lo que este tipo de muestreo se focaliza en sitios específicos, que aumenten la probabilidad de captura de individuos, previamente detectados u observados, por ejemplo, entrada de cuevas y lugares húmedos con vegetación abierta y corredores biológicos, pudiendo ser un complemento a otros métodos de muestreo de mayor alcance como la detección de ecolocalizaciones. Para este grupo de fauna la red se dispone luego del crepúsculo. La trampa se mantiene activada por un par de horas, durante el período de mayor actividad de la(s) especie(s) objetivo, revisando la trampa por intervalos no mayores a 30 minutos.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-15.

FICHA FA-15 : FAUNA – MAMÍFEROS QUIRÓPTEROS – *HARP TRAPS*	
Atributos, mediciones y resultados	Riqueza de quirópteros.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	*Harp traps* y elementos de sujeción de la estructura. Para tomar medidas: pie de metro, balanza, bolsa de seguridad. Se deben incluir equipamientos de bioseguridad, incluidas mascarillas y guantes, para prevenir la transmisión de enfermedades entre humanos y murciélagos, como el virus SARS-CoV-2. Para el riesgo de transmisión de rabia es necesario considerar la vacunación de los profesionales que manipulan a los ejemplares y el uso de guantes de látex.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie. • Medidas corporales.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Contribuye a la riqueza. • Abundancia relativa. • Número de individuos capturados totales o por unidad de esfuerzo (tiempo, metros cuadrados), en cada ambiente definido para la fauna.

FICHA FA-15 : FAUNA – MAMÍFEROS QUIRÓPTEROS – *HARP TRAPS*	
Consideraciones	• Las redes deben ubicarse en lugares estratégicos para lograr la captura de las especies objetivos. • Esta trampa es más segura para los quirópteros que la red niebla, dado que no se enredan en la red, sino que caen a la bolsa donde son colectados. • La red necesita supervisión continua por parte de los investigadores en el caso de que se deje por un tiempo prolongado en el lugar muestreado. • Cabe tener presente que para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. **Fuente común de error:** Instalación incorrecta de las trampas.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos profesionales capacitados para instalar el dispositivo y en el reconocimiento de especies objetivo y habilidad en manipular quirópteros.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Murray *et al.* (2002); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010). **Reconocimiento de especies:** Galaz y Yáñez (2006); Iriarte (2008).

Invertebrados

3.3.16 Red entomológica

La red entomológica consiste en una bolsa de tul (visillo) sostenida por un aro de alambre acerado de 30 cm de diámetro y unida a un mango de madera o metálico de unos 70 cm (ver Figura 30). El diámetro, el tipo de tul y el largo de la red pueden variar de acuerdo con el tipo de insectos y el lugar donde estos habitan.

Figura 30. **Red entomológica**



Fuente: Adobe Stock

Generalmente esta técnica se utiliza para colectar insectos en vuelo o en la parte alta de la vegetación, como por ejemplo en flores o frutos. Para colectar insectos acuáticos existen redes especiales para su captura (red *surber*).

El muestreo se realiza en un área definida y por un tiempo estandarizado. Se puede realizar dentro de una transecta, aunque se recomienda una parcela de muestreo de diez metros de diámetro, la cual se recorre recolectando las especies objetivo a capturar con la red. Además, se recomienda un tiempo mínimo de 10 minutos por parcela. Esta puede ser complementada con otras metodologías para diferentes grupos de artrópodos, como búsqueda dirigida en rocas o troncos caídos, de manera de registrar la mayor diversidad de especies en el sector. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del Reglamento de la ley, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-16.

FICHA FA-16 : FAUNA – INVERTEBRADOS- RED ENTOMOLÓGICA	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Red entomológica. • Frasco colector. • Conservante.
Variables a medir	Identificación de especies.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies.
Consideraciones	• Deben conocerse los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo y estas deben ser identificadas por un especialista. • El especialista debe tener práctica en el uso de la red para que no se escapen los ejemplares. • El muestreo se debe realizar en las estaciones más indicadas para la zona a prospectar. • Se debe diseñar un muestreo que permita sacrificar el mínimo de ejemplares posibles. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe evaluar si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies. Prospección en épocas inadecuadas, como otoño e invierno. Inadecuado manejo de la red ocasionando la pérdida de los ejemplares antes de su identificación.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Peña (2006).

3.3.17 Embudo de Berlese

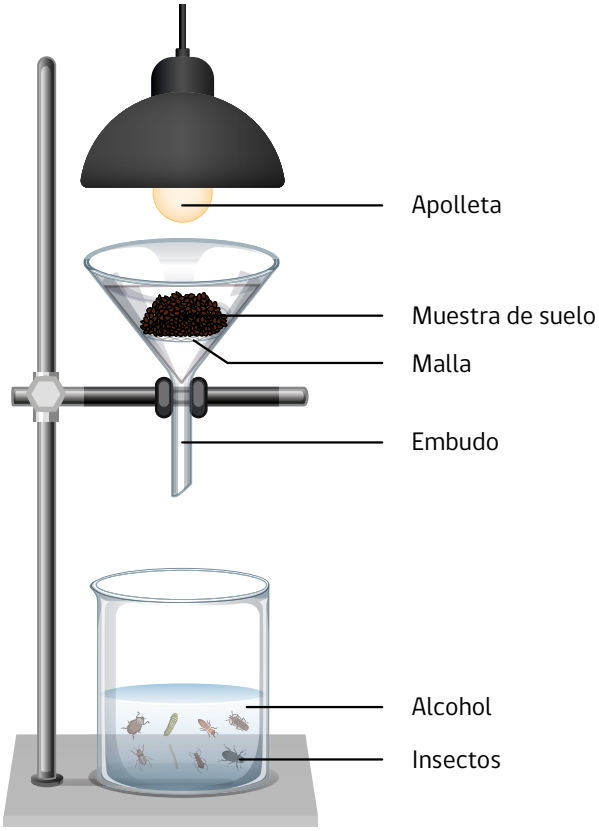
El embudo de Berlese se utiliza para colectar especies de invertebrados del suelo, particularmente aquellos con fototropismo negativo, hidrotropismo positivo o geotropismo positivo.

El muestreo comienza con la recolección de muestras de suelo por ambiente, representando sectores bajo vegetación, suelo abierto, y otras heterogeneidades del sector. Es importante anotar las características del sector de donde se hizo la colecta de la muestra en términos de vegetación, características del suelo, etc. Luego, una muestra, de unos 150 cc de suelo, se coloca sobre una malla dentro de un embudo que en la parte inferior tendrá un frasco colector, y en la parte superior se instalará una fuente luz. El sistema debe estar cerrado, permaneciendo ahí unos 10 días. Para evitar la deshidratación de la tierra se debe ir rociando con agua de manera periódica durante las primeras 72 horas.

Con este método se espera que los organismos, ya sea por alejarse de la luz o escapando de la desecación, vayan bajando hasta caer en el frasco colector en la parte inferior.

Luego, los individuos que se encuentran en el frasco colector son revisados e identificados por un especialista en trabajo de gabinete.

Figura 31. Embudo de Berlese



Fuente: Adobe Stock

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-17.

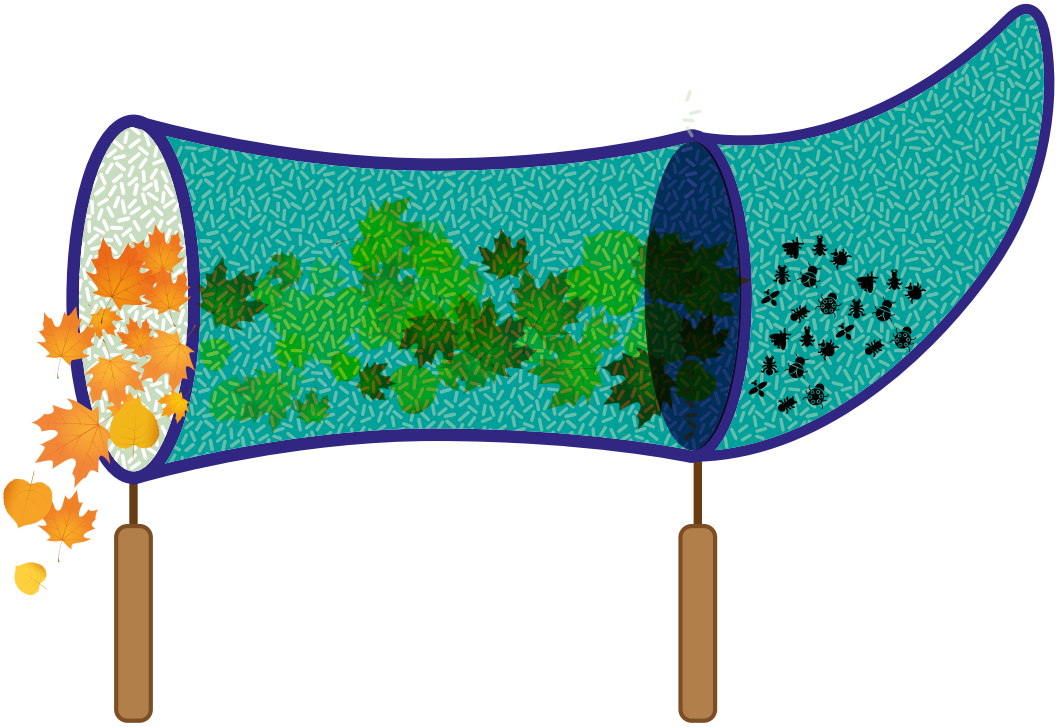
FICHA FA-17: FAUNA – INVERTEBRADOS – EMBUDO DE BERLESE	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Pala para colectar. • Contenedor para la muestra. • Embudo de Berlese. • Foco. • Frasco colector. • Líquido conservante. • Lupa para la identificación.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Muestreo simple y altamente efectivo. • Especies de menor tamaño y menor movilidad en el suelo pueden ser subrepresentadas. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe evaluar si se requiere permiso del SAG, de acuerdo con lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Sandler *et al.* (2010); Palacios y Mejía (2007); Márquez (2005).

3.3.18 Cernidor de hojarasca

El cernidor de hojarasca, tal como lo dice su nombre, se utiliza para colectar especies de invertebrados en la hojarasca, particularmente aquellos de pequeño tamaño.

El muestreo se realizará colectando hojarasca o tierra vegetal, con una pala u otro instrumento, sobre el cernidor. Este puede encontrarse dentro de una bolsa de género, con un marco de madera u otro material, con una estructura en su parte inferior para la colecta. Habiendo recolectado el material se procederá a cernir, provocando que los individuos caigan en el receptáculo inferior, tras lo cual deberán ser recogidos con un pincel, una pinza o un aspirador. Se pueden utilizar cernidores de distintas tramas sobre una misma muestra para separar distintos grupos de invertebrados. Esta técnica se puede utilizar de manera complementaria con el Embudo de Berlese.

Figura 32. Cernidor de hojarasca



Fuente: elaboración propia

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-18.

FICHA FA-18: FAUNA – INVERTEBRADOS – CERNIDOR DE HOJARASCA	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Pala para colectar. • Cernidor. • Contenedor. • Pincel, pinzas o aspirador. • Líquido conservante. • Lupa binocular (estereoscópica) para la identificación.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Esta técnica puede generar daños en las estructuras más frágiles de algunos ejemplares al momento de cernir la hojarasca. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe evaluar si se requiere permiso del SAG de acuerdo con lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Palacios y Mejía (2007); Márquez (2005).

3.3.19 Trampas cebadas

Este tipo de trampas consiste en cuadrados de papel *bond* o pergamino de 10x10 cm, en donde se deposita una pequeña cantidad de cebo en el centro (atún o sardina en aceite). Este tipo de trampas se utiliza principalmente, aunque no exclusivamente, para la atracción de formícidos (hormigas).

Se emplean dos tipos de cebos: arbóreo y epígeo (ver Figura 33). El cebo epígeo se pone sobre el suelo y el arbóreo en los árboles cercanos a cada una de las estaciones de muestreo, junto con los otros métodos empleados para capturar hormigas, como trampas de caída y recolección de hojarasca.

Figura 33. Trampa cebada

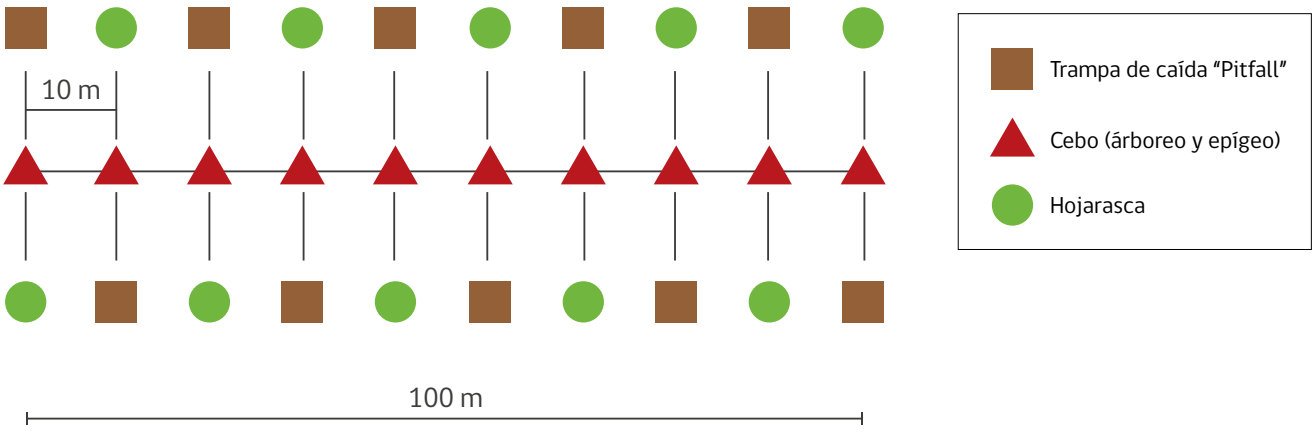


Fuente: González *et al.* (2011).

En cada sitio de muestreo se debe establecer un trayecto lineal de 100 m, que debe iniciar aproximadamente a 50–100 m alejado de los senderos, en el cual se delimitan 10 estaciones separadas entre sí por 10 m, y donde se aplican tres métodos de colecta (Figura 34).

Se recomienda hacer la revisión de las trampas luego de 60 a 90 minutos, tiempo suficiente para atraer las especies dominantes. Los individuos se pueden recoger con un pincel, pinza o aspirador, pero se recomienda extraer la trampa con una muestra de sustrato.

Figura 34. Esquema de los trayectos de muestreo



Fuente: elaboración propia

Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el reglamento de la Ley de Caza, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-19.

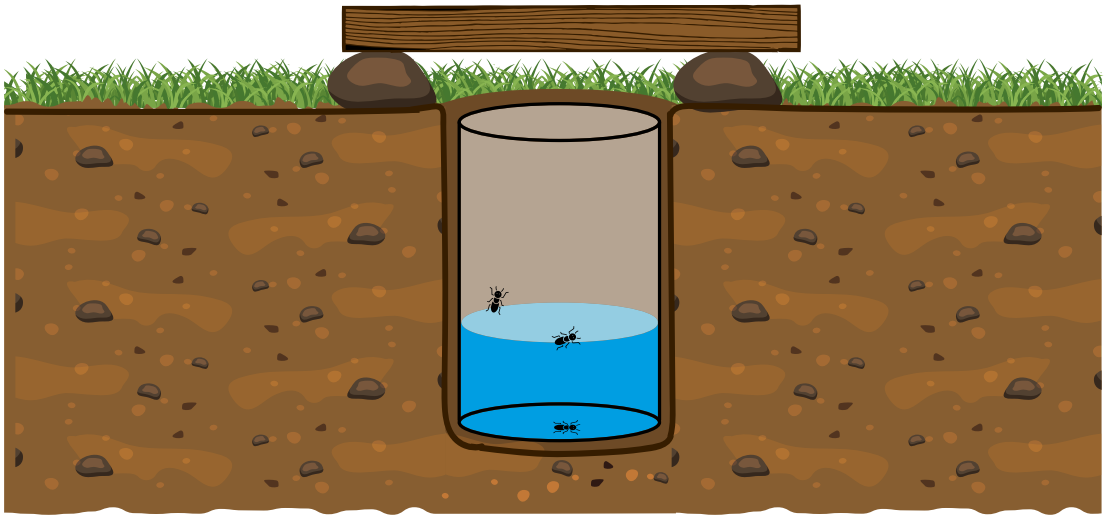
FICHA FA-19 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPAS CEBADAS	
Atributos, mediciones y resultados	Riqueza de especies.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Cuadrados de papel. • Cebo (atún, sardinas en aceite). • Bolsa hermética (opcional). • Líquido conservante.

FICHA FA-19 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPAS CEBADAS	
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Método simple y efectivo para la atracción de fórmidos. • La ubicación de la trampa y el atrayente utilizado debe corresponder a la especie objetivo. • La identificación debe ser realizada por un profesional especialista. • El muestreo se debe realizar en las estaciones más indicadas para la zona a prospectar. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N° 19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies. Prospección en épocas inadecuadas como otoño e invierno.
Profesionales requeridos	Un profesional para la colección en terreno y un profesional para la identificación posterior, de ser necesaria.

3.3.20 Trampas Barber y trampas con cebo

Las trampas Barber consisten en recipientes (vasos plásticos o tarros) enterrados a nivel del suelo. Su utilidad reside en retener cualquier organismo invertebrado que al desplazarse por el suelo caiga dentro del recipiente sin tapa, o de un recipiente con un embudo, evitando de esta forma la huida de los organismos y posterior depredación. En su interior se puede poner líquido conservador (se pueden utilizar mezclas de diferentes compuestos entre ellos alcohol, xilol, entre otros), de este modo se puede evitar la depredación de individuos dentro de la trampa y la pérdida de ejemplares. La trampa puede ser cubierta con piedras, siempre que no obstaculice o dificulte su ingreso, de este modo el insecto lo puede reconocer como un refugio, protege la llegada de vertebrados insectívoros y puede disminuir la evaporación del líquido conservador, en caso de utilizarlo (ver Figura 35). Es importante considerar que el material retirado para colocar el recipiente pueda ser devuelto a su lugar de manera de impactar en el menor grado posible.

Figura 35. Trampa Barber



Fuente: elaboración propia

La trampa Barber normalmente se utiliza sin atrayente. Sin embargo, existen variaciones con cebo si el interés es atraer un grupo en específico, incorporando trozos de carne para especies carroñeras (necrotrampa), heces de animal si se trata de coprófagos (coprotrampa), o con fruta fermentada (carpotrampa), entre otros. La disposición de las trampas no debe ser lineal, y la cantidad debe ser representativa de la superficie a muestrear, acorde con la potencialidad de registros.

Diariamente se debe revisar la trampa para retirar ejemplares caídos, así como para realizar su mantención y limpieza. Se recomienda que se mantengan activas al menos durante tres días completos. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-20.

FICHA FA-20 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPAS BARBER	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Recipientes de plástico. • Líquido conservador. • Embudo (opcional).
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Deben conocerse los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo, las cuales deben ser identificadas por un especialista. • El muestreo se debe realizar en las estaciones más indicadas para la zona a prospectar. • Se deben revisar las trampas en intervalos de tiempos cortos para que no haya daño o escape de los ejemplares. • Se debe diseñar un muestreo que permita sacrificar el mínimo de ejemplares posibles. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N° 19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies. Prospección en épocas inadecuadas, como otoño e invierno.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en la metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Peña (2006); Etcheverry y Herrera (1972).

3.3.21 Trampas McPhail

La trampa McPhail consiste en un recipiente cerrado, con un orificio de entrada de forma invertida para impedir la salida, y una cápsula interna con poros donde se impregnan atrayentes como el cineol, el salicilato de metilo y el eugenol. Estas trampas son relativamente pequeñas, compuestas de materiales duros, como pasta o vidrio, y poseen un compartimento interno para el atrayente (ver Figura 36).

Se recomienda la instalación de las trampas a primera hora de la mañana, ubicándolas en las ramas de árboles o arbustos, siendo aconsejable monitorear el éxito de captura durante el día hasta el anochecer. Al final del día se abre y se colectan los especímenes utilizando una pinza o un aspirador bucal.

Figura 36. Trampa McPhail



Fuente: Deposiphotos

Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el reglamento de la Ley de Caza, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-21.

FICHA FA-21 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPAS MCPHAIL	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Recipientes de plástico. • Líquido conservador. • Embudo (opcional).
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• La ubicación de la trampa y el atrayente utilizado debe corresponder a la especie objetivo. • La identificación debe ser realizada por un profesional especialista. • El muestreo se debe realizar en las estaciones más indicadas para la zona a prospectar. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N° 19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies. Prospección en épocas inadecuadas, como otoño e invierno.
Profesionales requeridos	Un profesional para la colección en terreno y un profesional para la identificación posterior, de ser necesaria.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Márquez (2005).

3.3.22 Trampa Malaise

La trampa Malaise corresponde a un método pasivo de captura de insectos voladores, que puede ser utilizado para muestreos de largo aliento, funcionando de manera diurna y nocturna. Está compuesta por una estructura hecha por una tela delgada semitransparente, como el tul. En la parte alta de la trampa se instala un frasco colector con algún tipo de líquido conservante. Puede ser utilizada de manera complementaria con la Trampa Interceptora de Vuelo.

Figura 37. Trampa Malaise



Fuente: Adobe Stock

La trampa se orienta en el ambiente de interés a colectar. Los insectos voladores al sentirse atrapados tienden a subir, encontrándose con el frasco colector, donde después son recuperados por el investigador. La trampa se debe dejar por un tiempo constante en cada sitio de muestreo, pudiendo instalarse hasta por un mes continuo.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-22.

FICHA FA-22: FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPA MALAISE	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Trampa Malaise. • Frasco colector. • Líquido conservante.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Muestreo simple, pasivo y altamente efectivo. • Se debe tener consideración del tiempo, mucho viento puede afectar la efectividad de la trampa. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe evaluar si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Márquez (2005).

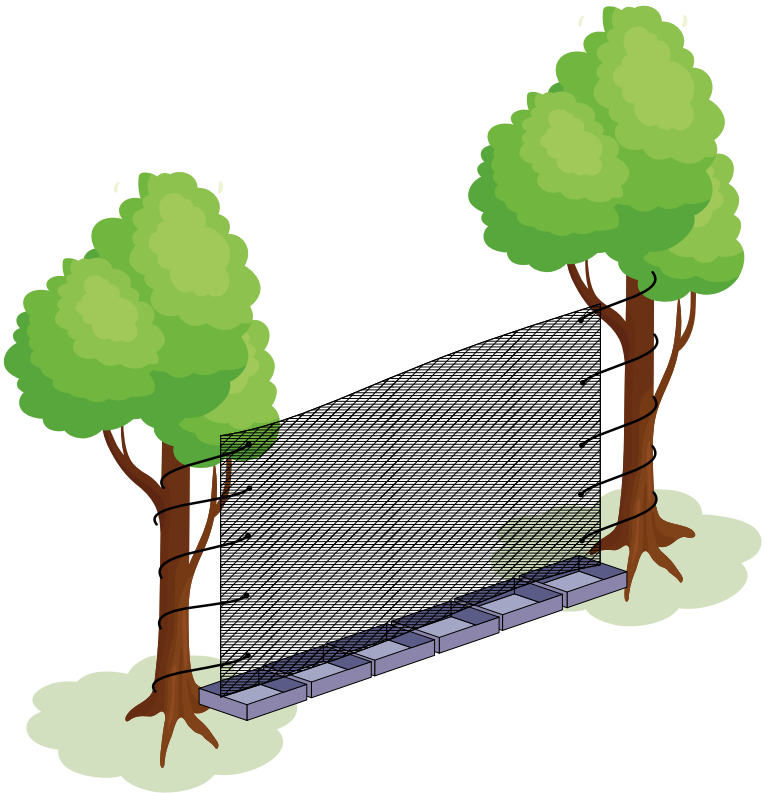
3.3.23 Trampa interceptora del vuelo

Se trata de un sistema de captura y recolección utilizado para insectos voladores, se utiliza para insectos que vuelen a mayores alturas de las cuales alcanza la trampa Malaise. Consta de, al menos, tres partes fundamentales: primero, una estructura que actúa como barrera, ésta puede ser una malla u otro material transparente o semitransparente; uno o más frascos colectores con conservante, y un mecanismo de fijación al dosel.

Existen diferentes versiones de esta trampa, dependiendo en parte de los insectos que se busque capturar. Una versión de esta se desarrolla en un sólo plano, con un marco que sostiene la barrera, y que se sostiene por sus esquinas a los árboles, y en toda la parte inferior se colocan recipientes con jabón u otro conservante, donde se colectarán los insectos. Además, se le puede incluir un techo que proteja la estructura de la lluvia. Esta trampa es particularmente efectiva con coleópteros que suelen caer cuando chocan con una estructura.

Otra forma de trampa es una variación de la trampa Malaise adaptada para estar suspendida. La barrera constará de dos planos cruzados perpendicularmente en el medio, los que se encontrarán conectados a dos conos en cada extremo, y en cada uno de los cuales se encuentra un frasco con conservante. Esta trampa funciona para insectos que puedan subir o caer al momento de encontrarse con un obstáculo.

Figura 38. Trampa Interceptora de Vuelo



Fuente: elaboración propia

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-23.

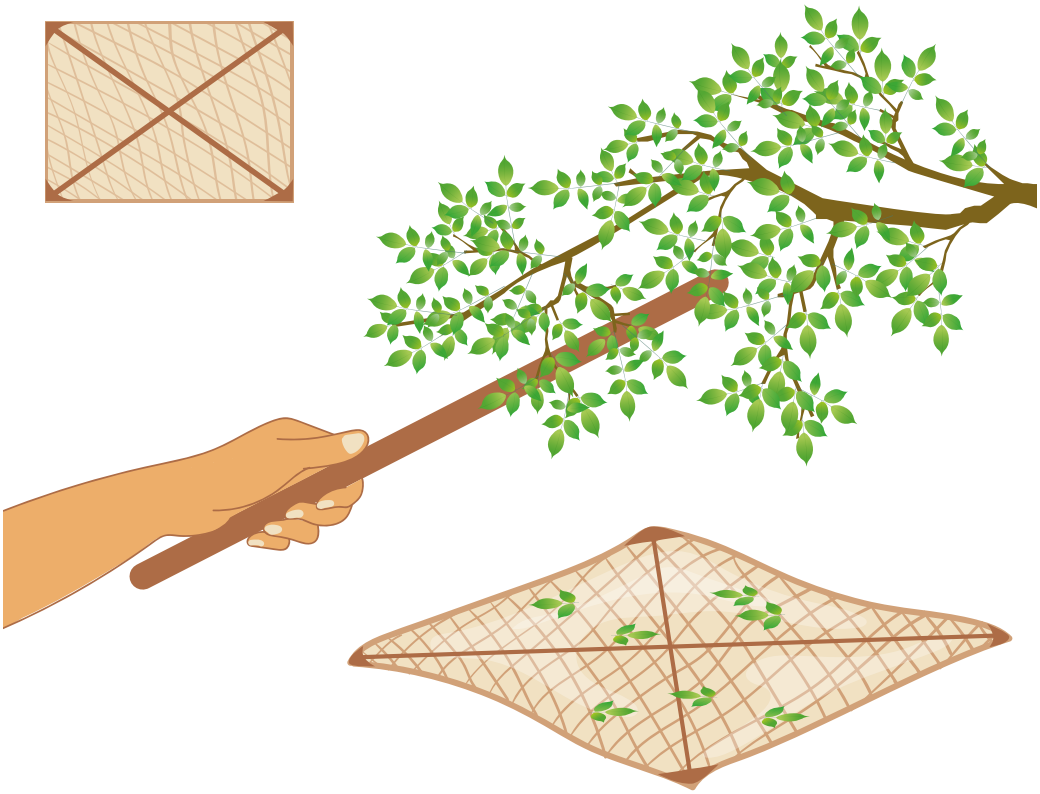
FICHA FA-23 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPA INTERCEPTORA DE VUELO	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Trampa Interceptora de Vuelo. • Frasco colector. • Líquido conservante.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Muestreo simple, pasivo y altamente efectivo. • Se debe tener consideración del tiempo, mucho viento puede afectar la efectividad de la trampa. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio se debe evaluar si se requiere permiso del SAG de acuerdo a lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Márquez (2005).

3.3.24 Sabanilla o paraguas

La técnica de sabanilla o paraguas corresponde a utilizar un trozo de tela extendida, generalmente de color blanco, que puede estar sujeta por dos trozos de madera (sabanilla rectangular) o un aro de alambre (sabanilla circular). Este instrumento se utiliza para recoger invertebrados (insectos, arácnidos, etc.) que caen del follaje después que este ha sido golpeado o remecido, evitando provocar daño o romper sus ramas (ver Figura 39). El material obtenido se recoge posteriormente con un aspirador[31] o pinzas. Se recomienda estandarizar el número de golpes, así como el número de ejemplares, e incluso especies por ambiente, de manera de no submuestrear ambientes.

Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del Reglamento de la Ley, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Figura 39. Paragua o sabanilla



Fuente: elaboración propia a partir de Guía de prácticas, Víctor Tello M. Sandra Moncada J.

31 El aspirador es un instrumento utilizado para colectar insectos, consta de un frasco, una tapa de corcho o gaucho y dos tubos. Uno de los tubos, por donde el encargado aspirará, llegará hasta la mitad del frasco y estará cubierto por una gaza el extremo al interior de frasco; el otro tubo ingresará más profundo en el frasco y su otro extremo se dirigirá hacia el insecto.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-24.

FICHA FA-24 : FAUNA – INVERTEBRADOS – SABANILLA	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Sabanilla. • Aspirador o pinzas. • Líquido conservante.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Deben conocerse los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo y deben ser identificadas por un especialista. • Se debe diseñar un muestreo que permita sacrificar el mínimo de ejemplares posibles. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo con lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Dos profesionales expertos en la metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.25 Trampa de luz

La trampa de luz es una técnica de muestreo nocturno en que se pueden utilizar dos tipos de captura. El primer tipo consiste en la instalación de una ampolleta sobre un recipiente con o sin atrayente. Este es un método de captura pasivo, en que los artrópodos nocturnos o crepusculares se acercan a la luz y terminan colectados en el frasco. Luego, el investigador los colecta desde ahí. En el segundo tipo de captura se emplea una tela blanca extendida en el suelo, con una lámpara instalada en el centro. También es posible colgar la tela entre dos árboles, formando una especie de J, siendo este último tipo de trampa, una de las más efectivas. En este caso, el encargado del muestreo colecta a los insectos que, atraídos por la luz, se posan sobre la tela de color blanco. Para la colecta se puede utilizar un aspirador o pinzas delgadas (ver Figura 40).

Figura 40. Trampa de luz



Fuente: Adobe Stock

Es aconsejable utilizar estas trampas en noches cálidas y en lugares despejados, aunque también se puede emplear al interior de bosques, en algún claro o área más despejada. La trampa de luz es un buen método de captura, ya que muchos insectos son atraídos por la luz durante la noche.

Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo del DS N°5 de 1998, que

aprueba el Reglamento de la Ley de Caza, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

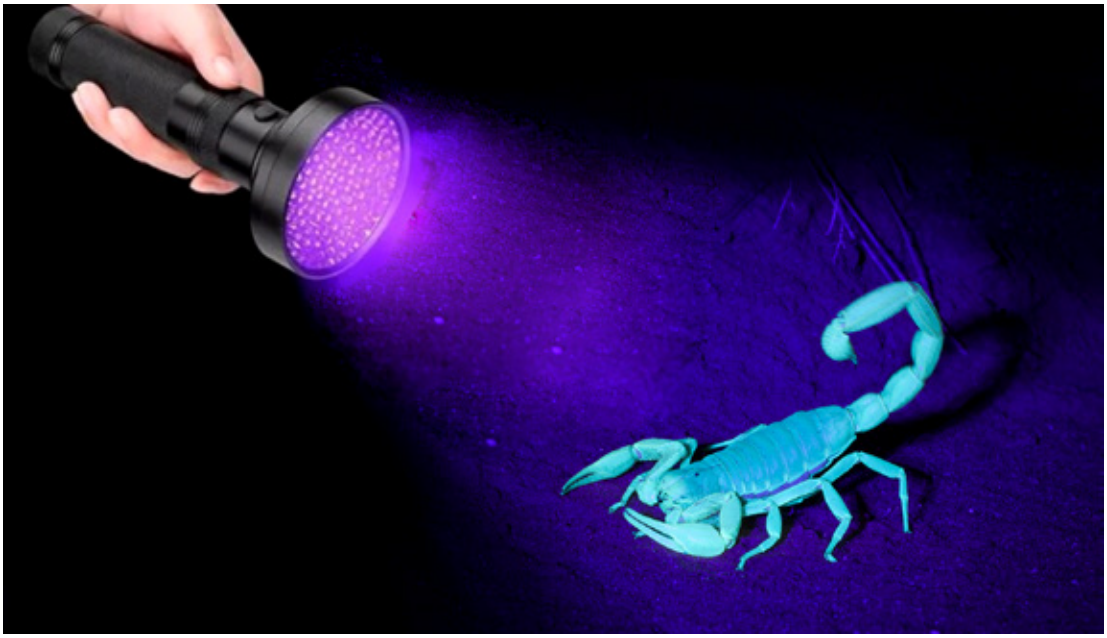
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-25.

FICHA FA-25 : FAUNA – INVERTEBRADOS – TRAMPA DE LUZ	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Linternas o focos, tela blanca y recipiente.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa.
Consideraciones	• Se deben conocer los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo y deben ser identificadas por un especialista. • Se debe diseñar un muestreo que permita sacrificar el mínimo de ejemplares posibles. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo con lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del DS N°5 de 1998, que aprueba el Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Dos profesionales expertos en la metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.26 Búsqueda con luz UV

Este método se utiliza para la búsqueda dirigida de especies del orden Scorpiones, estas especies nocturnas poseen en su exoesqueleto las moléculas β-carbolina y 7-hidroxi-4-metilcumarina que reaccionan con fluorescencia ante la presencia de luz ultravioleta (UV). El muestreo se realiza recorriendo una parcela o transecta de área definida y constante entre muestreo durante horario nocturno con una luz ultravioleta. En presencia de una especie del orden Scorpion se podrá visualizar, dado la fluorescencia de su exoesqueleto. En el caso de colectar los individuos se debe tener en consideración el uso de pinzas para manipular el animal, frascos de colecta y un líquido conservante, además, del uso de guantes de cuero que puedan proteger de una eventual picadura de estos animales, dado su carácter venenoso.

Figura 41. Búsqueda luz UV



Fuente: fotomontaje creación propia

Cabe tener presente que para realizar esta manipulación puede ser necesario contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, por lo tanto, se deben revisar los artículos 7° y 9° de la Ley de Caza, así como los requisitos en el artículo 16 del Reglamento de la Ley, además de seguir los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-26.

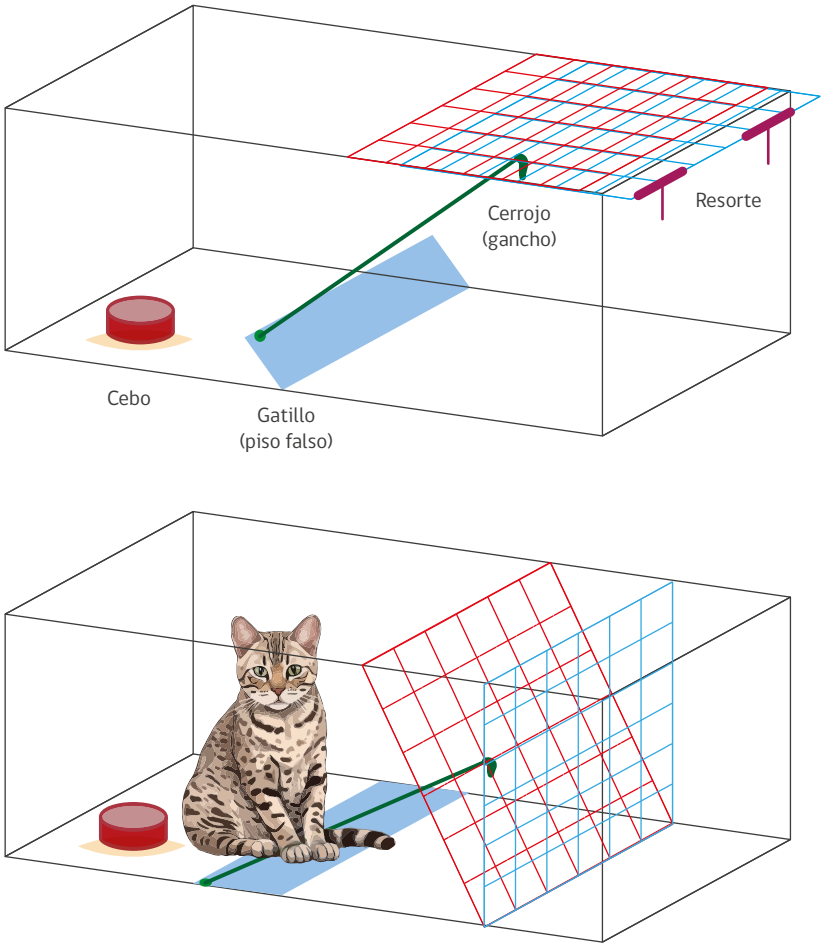
FICHA FA-26 : FAUNA – INVERTEBRADOS – BÚSQUEDA CON LUZ UV	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Linternas UV, pinzas metálicas, frasco de colecta, líquido conservante, guantes de cuero.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies.
Consideraciones	• Se deben conocer los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo y deben ser identificadas por un especialista. • Cabe tener presente que para muestrear en el área de estudio debe evaluarse si se requiere permiso del SAG de acuerdo con lo establecido en el artículo 7° y 9° de la Ley N°19.473 de Caza, así como cumplir con los requisitos planteados en el art. 16 del Reglamento de la Ley de Caza. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Dos profesionales expertos en la metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** González *et al.* (2022).

Métodos complementarios para monitoreos de fauna

3.3.27 Trampas tipo *Tomahawk*

En investigaciones y estudios específicos de campo, la captura de mamíferos medianos o grandes (roedores, liebres, zorros) puede realizarse mediante el uso de trampas de tipo *Tomahawk*. Este tipo de trampas corresponde a una jaula de metal, con un pedal en un extremo, mientras que en el lado opuesto se coloca un cebo para atraer a los animales. Para acceder a la carnada el animal debe ejercer presión sobre el pedal, el que se cierra una vez que está dentro de la trampa, quedando capturado (ver Figura 42). La diferencia con la trampa Sherman estriba en el sistema de cierre de la trampa y las dimensiones de ella, ya que la fauna a la que se dirige es de mayor tamaño.

Figura 42. Trampas *Tomahawk*



Fuente: elaboración propia a partir de Ariel Farías – Farías, A. (2019)

Se recomienda disponer de un número determinado de trampas separadas una de otras, por una distancia que sea recomendada para el muestreo de las especies objetivo a evaluar. Las trampas se deben revisar diariamente y retirar mediante un programa de vigilancia que asegure la integridad y evite el sobre estrés de los ejemplares capturados.

El uso de jaulas es de los métodos de captura más seguros, ya que minimiza el daño al animal capturado. Se debe tener en consideración la sensibilidad de la especie objetivo antes de sugerir el uso de este método de captura, tomando en consideración su estado de conservación, la respuesta del animal a la captura y manipulación, presencia de depredadores (al ser una trampa de malla), sobre todo trabajando con especies particularmente sensibles, como por ejemplo, chinchillas. Cabe tener presente que para realizar esta manipulación se debe contar con el permiso de captura respectivo solicitado al SAG, siguiendo los protocolos de captura y manejo correspondientes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-27.

FICHA FA-27 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – TRAMPAS TIPO *TOMAHAWK*	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Cebo de acuerdo con la especie objetivo. • Trampas *Tomahawk*.
Variables a medir	• Identificación de especies. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia relativa. • Número de individuos por esfuerzo de captura (número de trampas/noche) o por unidad de área.

FICHA FA-27 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – TRAMPAS TIPO *TOMAHAWK*	
Consideraciones	• Se requiere de personal capacitado en el reconocimiento de especies. • Se debe tener consideración del clima, ya que corresponde a una trampa abierta por lo que el animal se encuentra más expuesto a lluvias, frío o calor. • Considerar la estabilidad de la trampa en el lugar que se coloque para evitar su caída. • Momento de liberación de mamíferos carnívoros. • Considerar el manejo de los ejemplares capturados. • Se debe solicitar permiso al SAG para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio. **Fuente común de error:** Mala elección del cebo y falla en la disposición de las trampas.
Profesionales requeridos	Se necesitan dos o más personas entrenadas para este método, dependiendo de la dificultad para manipular a los individuos capturados.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.28 Canes de detección de fauna

Se aprovecha la gran capacidad olfativa de los perros para la detección de fauna, así como nidos, heces u otros restos biológicos, disminuyendo así los tiempos de búsqueda y aumentando la efectividad. Los perros para ser utilizados deben estar especialmente entrenados para la detección de la especie o grupo objetivo, así como a interactuar con otras especies de fauna sin generarles daño. Se utilizan preferentemente con especies crípticas, de difícil detección o de muy baja densidad poblacional.

El uso de este método consiste en recorrer el área de estudio con perros especialmente entrenados para detectar la especie objetivo, deambulando libremente con el entrenador o persona a cargo a cierta distancia, con tiempos de recreación para evitar el acostumbramiento. Es importante que ante una detección, el perro se mantenga en posición de alerta, sin mayor interacción (Karp, 2020). Los recorridos se pueden realizar en transectas tratando de abarcar la mayor parte del área o hábitat de estudio (ver Figura 43).

Figura 43. Canes de detección de fauna



Fuente: perro detector de fauna salvaje, *Scientific Reports* (nature.com)

El uso de perros para la detección de fauna presenta ciertas ventajas frente a otros métodos, ha demostrado ser más eficiente y rápido que otras metodologías (Grimm-Seyfarth *et al.*, 2021). Tiene más amplio rango de condiciones climáticas en las cuales aún se puede detectar la presencia de fauna, aunque se deben evitar los fuertes vientos que puedan dispersar los aromas, así como las altas temperaturas para evitar el agotamiento del perro. El uso de perros también tiene una gran adaptabilidad a distintos ambientes, siendo eficiente en zonas con baja vegetación, así como en bosques o matorrales.

El entrenamiento de los perros se debe realizar a cada especie de fauna objetivo del estudio. Para el entrenamiento se debe trabajar con perros que posean un buen control frente a la presa. Se debe tener en consideración que para el entrenamiento para la búsqueda de objetivos vivos, se debe exponer a los perros al aroma de la especie objetivo, el aislamiento del aroma puede ser complicado y presentar a individuos vivos a los perros posee ciertas limitantes éticas respecto del estrés generado sobre estas especies. Se debe tener también cuidado al realizar búsqueda de nidos, dado que algunas especies de aves pueden abandonar su nido si son expuestos a un supuesto depredador.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-28.

FICHA FA-28 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – CANES DE DETECCIÓN DE FAUNA	
Atributos que ayuda a describir	Riqueza.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Canes entrenados para la detección de fauna.
Variables a medir	Identificación de especies.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies.
Consideraciones	**Fuente común de error:** Perro no adiestrado a la identificación de la especie objetivo.
Profesionales requeridos	Se necesita un profesional experto para esta metodología y capacitado en el reconocimiento de especies objetivo.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Karp (2020); Grimm-Seyfarth *et al.* (2021).

3.3.29 Métodos nocturnos complementarios (*Headtorching*/ *Spotlighting*)

Headtorching y *spotlighting* son técnicas de monitoreo nocturno asistidos por una luz artificial. Ambas se realizan en recorridos de dimensiones establecidas, pero varían entre sí en las formas de detección de los individuos, así como los grupos objetivo para cada técnica.

Es necesario establecer con anterioridad la trayectoria a realizar y la fecha y hora del monitoreo según el comportamiento de las especies que se quiera encontrar (por ejemplo, temporadas reproductivas, hibernación, fase lunar, clima, etc.), así como también otros factores que podrían afectar en la detectabilidad de la especie, como la cercanía a caminos concurridos, iluminación artificial, ruidos, etc.

En cuanto al diseño del monitoreo, por lo general se realiza en parcelas de estudio de 100 x 100 metros, o en transectos de 100 metros, realizando un recorrido de 15 minutos. El sitio se inspecciona con focos de alrededor de 30 vatios en noches diferentes, una hora antes del

amanecer y una hora después del anochecer, casi siempre complementándolo con el método de *playback* para atraer a los animales.

El *headtorching* consiste en realizar recorridos pedestres con linternas frontales (*headtorch*, en inglés), o con una manual que se lleva cerca del rostro apuntando hacia el frente, con el objetivo de alumbrar con un haz de luz tenue a ciertas especies, específicamente anfibios. Producto del brillo de los ojos al reflejarse con la linterna, es posible detectar la presencia de especies de hábitos nocturnos, para luego identificarlas. Si es posible, se pueden identificar sólo por la forma de los ojos, sino deberá aproximarse al individuo para poder lograr una identificación visual completa.

Con la técnica *spotlighting* se busca detectar y reconocer animales cuando se quedan inmóviles por encandilamiento. Se realiza a lo largo de un transecto a pie o en automóvil, dirigiendo una luz fuerte en búsqueda principalmente de mamíferos y aves nocturnas que, por lo general, son más difíciles de detectar por medio de otros métodos de monitoreo.

Se recomienda realizar estas técnicas en compañía, donde sólo uno de los investigadores registra las especies para evitar la sobreestimación por doble conteo. También se sugiere no realizar este monitoreo bajo malas condiciones climáticas, porque podría incidir en una subestimación de las especies.

Se debe tener en cuenta que la exposición a la luz blanca reduce temporalmente la visión nocturna de las aves y los mamíferos, interfiriendo con la capacidad de alimentación (ej., aves nocturnas que alimentan a los polluelos) y aumentando el riesgo de depredación. Por ello se debe evitar la exposición prolongada de los animales al haz del foco, utilizando el haz directo sólo para localizar al animal. Para períodos de observación más prolongados, se debe atenuar la luz, apuntar el haz de luz principal lejos del animal, o usar un haz infrarrojo o con filtro rojo.

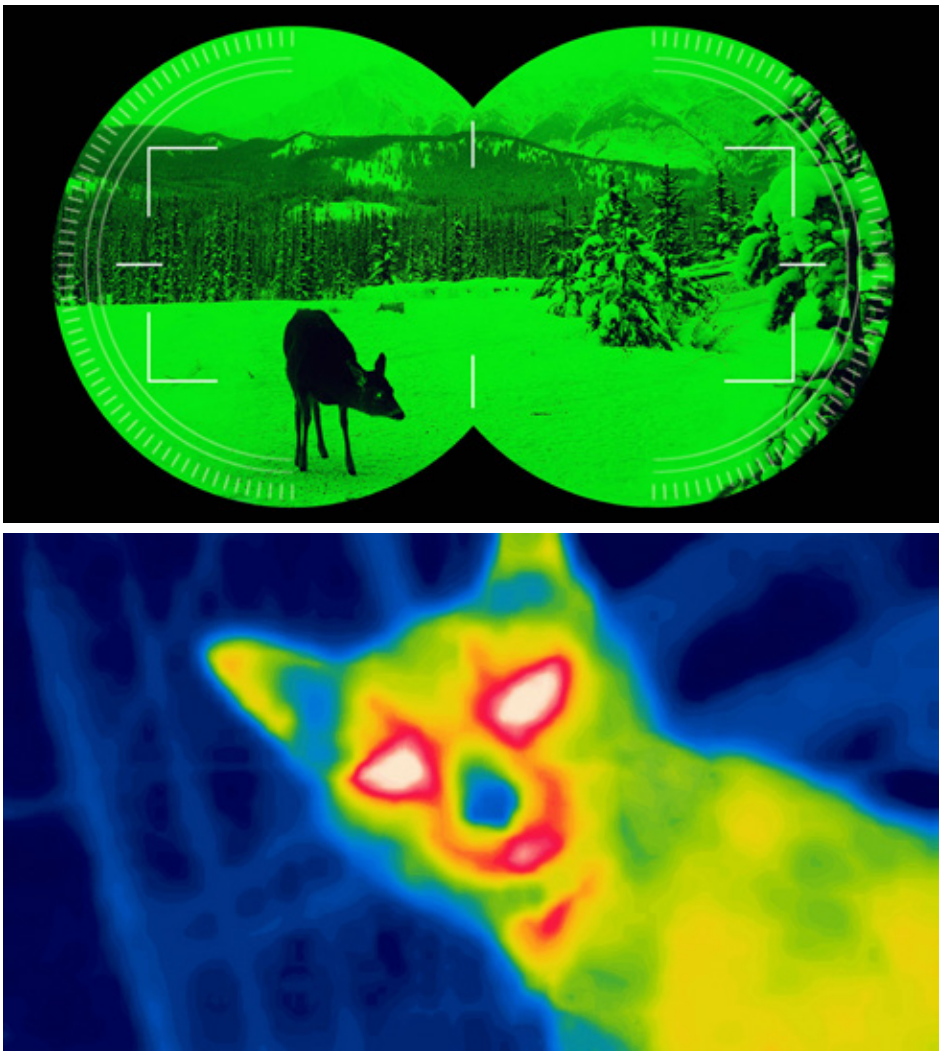
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-29.

FICHA FA-29 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – *HEADTORCHING/ SPOTLIGHTING*	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Linternas o focos. • GPS. • Binoculares.
Variables a medir	• Identificación de especie. • Número de individuos por especie.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia.
Consideraciones	La detección e identificación de individuos en la oscuridad es difícil. Se debe tomar en consideración la etapa reproductiva de las especies muestreadas, ya que la aplicación del método puede provocarles gran alteración, particularmente en *Strigiformes*. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies.
Profesionales requeridos	Dos profesionales expertos en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Murray (2002); *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010). Eyre TJ, *et al.* (2018). *Department of Environment and Science, Queensland Government* (2022) *Terrestrial Vertebrate Fauna Survey Assessment Guidelines for Queensland.* **Reconocimiento de especies:** Pincheira-Donoso y Núñez (2005); Mella (2017); Demangel (2016); Vidal y Labra (2008); Jaramillo (2005); Martínez-Piña y González-Cifuentes. (2017); Iriarte (2008).

3.3.30 Binoculares de visión nocturna/térmica

Binoculares de visión nocturna/térmica es una metodología complementaria para desarrollar otras prospecciones visuales enfocadas en aquellas especies de hábitos nocturnos. De este modo se pueden realizar transectos nocturnos, puntos de observaciones o mediciones de tránsito aéreo. Los binoculares de visión nocturna funcionan con amplificadores de luz; de este modo la baja luz visible e infrarroja es capaz de generar una imagen reconocible por el ojo humano. Es importante destacar que debe existir algún nivel de luz para que estos funcionen, tampoco son útiles en el ocaso, ya que sería un exceso de luz para los receptores que se sobresaturarían. Los binoculares de visión térmica detectan el calor que irradian los cuerpos en forma de ondas electromagnéticas, de este modo pueden funcionar en absoluta oscuridad.

Figura 44. Binoculares de visión nocturna/térmica



Fuente: Adobe Stock

Depende de los objetivos del estudio, la metodología y aparato que conviene utilizar. La visión nocturna, siempre que haya una cantidad suficiente de luz, dará una imagen suficientemente clara para ciertos niveles de identificación de especies. Si se busca un monitoreo o presencia de una especie de tamaños y características conocidas, con la visión térmica puede ser suficiente. En muchos casos puede utilizarse para detectar la especie para luego acercarse para hacer un reconocimiento. En el caso de especies como gaviota garuma o golondrinas de mar, que vuelven a sus nidos durante la noche, se pueden utilizar estos implementos siguiendo la metodología de tránsito aéreo, para establecer presencia, posibles rutas de vuelo, etc.

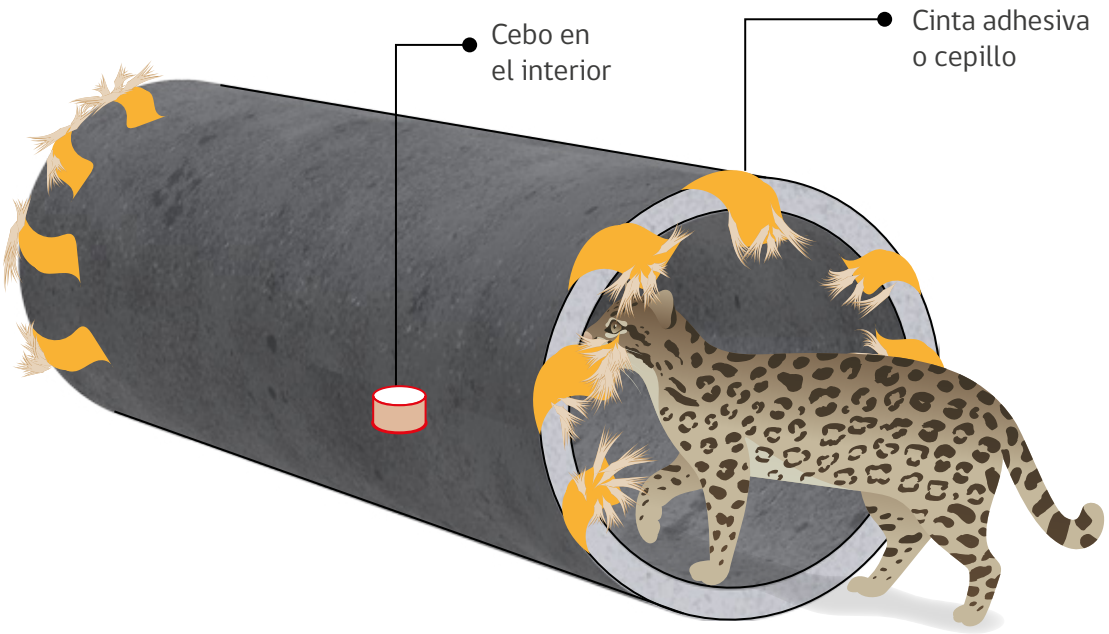
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-30.

FICHA FA-30: FAUNA - ANFIBIOS, AVES Y MAMÍFEROS - -BINOCULARES DE VISIÓN NOCTURNA/TÉRMICA	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de comportamiento de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Binoculares de visión nocturna o térmica. • GPS.
Variables a medir	• Identificación de especies (en ciertas condiciones). • Número de individuos. • Rutas de vuelo.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Trayectoria. • Flujo por hora. • Abundancia.
Consideraciones	• Muestreo simple, pasivo y no invasivo. • Es factible no ser capaz de identificar la especie por las características de la metodología. **Fuente común de error:** Identificación errada por falta de detalles.
Profesionales requeridos	Un profesional especialista en fauna.
Referencias bibliográficas	**Metodología**: Maza y Bonacic (2013).

3.3.31 Trampas de pelo

Este es un método utilizado en micromamíferos que consiste en un tubo abierto en ambos lados, provisto de un cebo en su interior y de algún elemento adhesivo en los extremos (cinta adhesiva, velcro u otro). El animal (generalmente pequeños mamíferos) que entra en el tubo atraído por el cebo deja pelos adheridos, a los que posteriormente se les realiza un análisis de laboratorio. También es utilizable en mamíferos más grandes, realizando los ajustes necesarios para la disposición de los adhesivos o ganchos que atrapan (ver Figura 45).

Figura 45. Trampa de pelo



Fuente: elaboración propia

Para el muestreo se dispone un número determinado de trampas separadas unas de otras, con el fin de cubrir el área de estudio.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-31.

FICHA FA-31 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – TRAMPAS DE PELO	
Atributos, mediciones y resultados	Riqueza.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Tubo de PVC o plástico. • Cebo. • Tela o material adhesivo para recolección de muestras. • Se debe considerar la necesidad del hacer análisis de las muestras, ya sea contando con el equipamiento o externalizándolo.
Variables a medir	Identificación de especies.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies.
Consideraciones	**Fuente común de error:** Falta de capacitación en la identificación de la especie a la cual pertenece el pelo obtenido.
Profesionales requeridos	Se necesita un profesional experto para esta metodología y capacitado en el reconocimiento de especies objetivo.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Bustamante *et al.* (2009); Thompson y Thompson (2011).

3.3.32 Análisis de dieta o análisis genético

Este método consiste en la identificación de especies a través del análisis de laboratorio de heces, restos óseos, egagrópilas[32], plumas, partes de artrópodos, etc. Este método puede ser, tanto no invasivo y pasivo, si es que se analizan restos, como invasivo y activo, si las muestras se toman desde un animal capturado.

Durante la realización de transectos o alguna de las otras metodologías de fauna anteriormente mencionadas, se recolectan muestras de fauna como plumas, pelos, restos óseos, heces, egagrópilas, entre otros.

Las heces de carnívoros y las egagrópilas se analizan con el fin de encontrar restos óseos, con lo que hace posible determinar las presas consumidas por el individuo a través de la identificación y análisis visual, y así identificar la dieta preferencial de las especies (Ver Figura 46).

Figura 46. Análisis de dieta



Fuente: Adobe Stock

La identificación de presas también sirve de apoyo para la identificación de micromamíferos presentes en el área de estudio. Si se opta además por la realización de un análisis de laboratorio de las heces, se puede obtener nueva información.

32 Bolas formadas por restos de alimentos no digeridos que regurgitan algunas aves carnívoras.

Los análisis hormonales permiten distinguir la etapa de vida o estado reproductivo del o los individuos. A través de marcadores genéticos se puede determinar el sexo de individuos, así como también información poblacional. Teniendo varias muestras se logra reconocer la proporción de sexos e incluso tamaño poblacional a través de curvas de rarefacción u otros métodos.

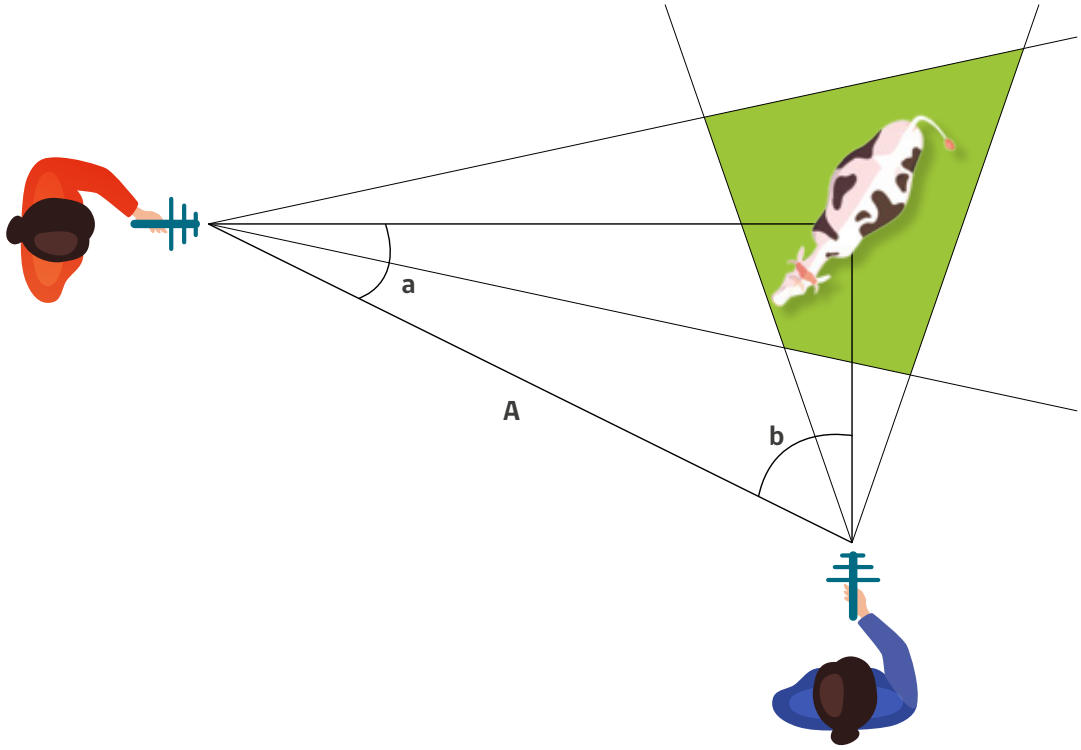
Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-32.

FICHA FA-32 : FAUNA – MÉTODOS COMPLEMENTARIOS – ANÁLISIS DE DIETA O ANÁLISIS GENÉTICO	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Bolsas para muestras. • Lupa para análisis visual de pelos y restos óseos. • Tecnología y equipamiento adecuado para realizar análisis genético.
Variables a medir	Especie de origen de los restos, análisis genético.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Complementa la determinación de riqueza. • Composición de dieta.
Consideraciones	Para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. **Fuente común de error:** En la identificación de las especies en las heces y egagrópilas. Error en la toma de muestra. Contaminación cruzada al momento de analizar la muestra, especialmente sensible en análisis de ADN.
Profesionales requeridos	Se necesitan profesionales capacitados para muestrear en el área y expertos en la metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** *Environmental Protection Authority and Department of Environment and Conservation* (2010).

3.3.33 Radio telemetría y telemetría satelital

La telemetría es la transmisión a distancia de información por medio de ondas electromagnéticas, generalmente por ondas de radio, a través del agua o del aire (ver Figura 47). La radio telemetría aplicada a la vida silvestre consiste en la instalación de collares u otro dispositivo de seguimiento a individuos de la especie objetivo que permite la colecta *in-situ* de magnitudes físicas como distancias, velocidades y otros parámetros. Luego la información puede ser enviada al operador del sistema, o en su defecto, se envía una señal de posicionamiento que permite recuperar el equipo y descargar la información. Por medio de este método se pueden responder preguntas relacionadas al movimiento, comportamiento, uso de hábitat, rango de hogar, sobrevivencia, entre otras.

Figura 47. Radiotelemetría



Fuente: elaboración propia a partir de figura de Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna

Existe tres tipos principales de telemetría:

- **Telemetría por tierra (*ground telemetry*)**: se basa en el uso de las ondas de radio de muy alta frecuencia (VHF), en donde el investigador recibe la señal directamente en un receptor portátil y determina la posición del animal. Por sus características físicas, las ondas de radio utilizadas en estos sistemas viajan distancias cortas, lo que puede

ser una desventaja en especies con amplio movimiento, sin embargo, este método requiere una baja potencia de energía y es un sistema relativamente barato. Dentro de este grupo también podemos encontrar los sistemas sónicos, donde el investigador recibe la señal con ayuda de un hidrófono.

- **Telemetría por satélite:** también conocida como Terminales de Plataforma (PTT), en este caso la posición del animal es calculada por un satélite geoestacionario y el investigador recibe los cálculos periódicamente hasta una terminal de computadora o en una página *web* especializada. La señal utilizada es de Ultra Alta Frecuencia (UHF) y viaja distancias muy largas, por lo que es un método adecuado en especies con amplio movimiento. La señal que llega al sistema no siempre es de la misma calidad o con el mismo error, por lo que el sistema califica la señal y en la base de datos incluye esta información, lo que permite que el investigador seleccione los datos que tiene un mismo tipo de error asociado. Este sistema es costoso comparado con los otros sistemas de radio telemetría.
- **Telemetría por Sistema de Posicionamiento Global (GPS):** en este caso el transmisor del animal cuenta con una computadora interna que, a través de la triangulación de los datos enviados simultáneamente por los satélites, calcula la posición geográfica del animal y ésta se almacena en el equipo colocado en el individuo.

Por lo general, un estudio de telemetría se puede dividir en cuatro grandes etapas:

- **Obtener el equipo:** en muchos casos los equipos deben obtenerse a pedido o desde el extranjero, por lo que esta etapa debe planificarse con tiempo.
- **Capturar y marcar animales:** dentro de esta fase es necesario solicitar los permisos de captura (con fines de investigación) que autoricen la manipulación de las especies objetivo (SAG: fauna terrestre; Subpesca: recursos hidrobiológicos de aguas continentales) y realizar el procedimiento de captura bajo todos los estándares correspondientes.
- **Colectar datos:** debe realizarse un seguimiento a la captura de datos, debido a que por diversas circunstancias del hábitat silvestre puede detenerse el envío de datos, el animal puede morir, puede dañarse el aparato, etc. Muchos equipos poseen adicionalmente una memoria interna donde se colectan los datos, los que luego serán descargados al momento de recapturar al ejemplar.
- **Análisis de resultados:** a diferencia de la mayoría de los estudios, no se debe dejar el análisis de datos para el final, debido a que de esta forma podemos detectar sobre la marcha datos no válidos o de dudosa calidad, lo que permite realizar modificaciones a las técnicas de seguimiento o decidir incrementar el tamaño de muestra.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-33.

FICHA FA-33: FAUNA - MÉTODOS COMPLEMENTARIOS - RADIO TELEMETRÍA	
Atributos, mediciones y resultados	Ubicación, distribución.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Sistema de transición: collar, *tag*, *microchip*, arnés, entre otros, de acuerdo con la especie objetivo. • Sistema receptor: antenas de radio, acceso a satélites, de acuerdo con el sistema escogido.
Variables a medir	Posición de individuo marcado.
Tipo de resultados	• Uso de espacio. • Ámbito de hogar. • Patrones de actividad. • Rutas migratorias.
Consideraciones	• Aporta mucha información de la conducta de los individuos. • Se debe manipular a los individuos, lo que les genera un nivel de estrés alto. • Las medidas de sujeción y el tamaño del equipo deben ser adecuados a la especie estudiada. • Para muestrear o capturar ejemplares en el área de estudio se debe solicitar permiso al SAG. **Fuente común de error:** Pérdida de collares, postura equivocada de los collares. El uso de esta tecnología en zonas de vegetación muy densa o con una geografía que dificulta la captación de la señal puede dificultar la aplicación del método.
Profesionales requeridos	Para la instalación de los dispositivos se requiere como mínimo dos profesionales, por lo tanto, dependiendo de la especie a capturar, pueden ser más profesionales. Para el seguimiento se requiere de dos profesionales que puedan realizar la triangulación de datos, a menos que sean collares con GPS incorporado. El personal a cargo de la colocación de los dispositivos debe estar capacitado.
Referencias bibliográficas	Botero (2005); Hidalgo-Mihart y Olivera-Gómez, (2011). Radio telemetría de vida silvestre; *Ministry of Environment, Lands and Parks of British Columbia* (1998).

3.3.34 Unidades de Grabación Autónomas (ARU)

Las Unidades de Grabación Autónomas (ARU, por su sigla en inglés), es un método de monitoreo pasivo, no invasivo. Esta técnica consiste en un sistema de grabación de sonidos del ambiente, el sistema puede ser programado para que se active en ciertos horarios o tener una activación remota. Las grabaciones son luego descargadas y analizadas con programas específicos. Existen sistemas automatizados de clasificación de especies, en los cuales se reconocen las vocalizaciones por un fragmento o frecuencia particular. Aun así, es muy poco probable que se cuente con todas las especies descritas en terreno, por lo que es importante que una persona también revise las grabaciones.

Tiene un amplio uso para aves, además se pueden utilizar micrófonos especializados de ultrasonidos, para quirópteros, o infrasonido (ver Figura 48).

Figura 48. Detección de ecolocalizaciones



Fuente: elaboración propia

Se recomienda la utilización de esta metodología de manera complementaria a métodos visuales, y no como un reemplazo de ellos. Análisis comparados muestran que suelen existir diferencias en la riqueza detectada por humanos y por grabaciones en un mismo ambiente por un mismo período. Se recomienda su uso para la detección o monitoreo de especies nocturnas o de difícil avistamiento. Un uso factible también es para detectar la presencia y actividad de sitios de anidación, como por ejemplo de golondrinas de mar, en estos casos se distribuyen las grabadoras dentro del sector de potencial presencia de sitios de anidación. La separación entre grabadoras depende del rango de captación de los equipos. Se debe tener en cuenta que la falta de registros no implica necesariamente ausencia de la especie.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-34.

FICHA FA-34 : FAUNA – AVES – UNIDAD DE GRABACIÓN AUTÓNOMA	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza. • Abundancia
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Perturbación del comportamiento de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	• Unidad autónoma de grabación. • *Software* de identificación.
Variables a medir	Vocalizaciones.
Tipo de resultados	• Presencia. • Abundancia e índices de abundancia (vocalizaciones por unidad de tiempo y especie). • Riqueza de especies.
Consideraciones	• No es necesario manipular a los individuos. • Si bien el tiempo en terreno disminuye, el tiempo de escucha de las grabaciones puede terminar siendo mayor que un transecto. • Se requiere conocimiento del hábitat de las especies a registrar. • Que no haya registros no implica ausencia, dado que pudo no vocalizar o no ser grabado. **Fuente común de error:** Falta de información respecto al espectro de ecolocalización de especies de murciélagos susceptibles de estar presentes en el área de estudio.

FICHA FA-34 : FAUNA – AVES – UNIDAD DE GRABACIÓN AUTÓNOMA	
Profesionales requeridos	Es necesario un profesional en terreno para la toma de datos y, además, un profesional de gabinete capacitado en el uso del *software* específico recomendando por el fabricante del equipo de grabación.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Celis-Murillo, *et al.* (2009); Hutto y Stutzman (2009); Caycedo-Rosales, *et al.* (2013).

3.3.35 Boroscopio

El boroscopio es un aparato utilizado para la inspección de sitios o cavidades estrechas a las cuales normalmente no se puede acceder por sus dimensiones. Consiste en un ocular o visualizador conectado a un tubo delgado, que puede ser rígido o flexible, por donde se conectan de manera eléctrica u óptica a un lente de objetivo o una cámara en el otro extremo. Normalmente, el extremo distal cuenta con un sistema de iluminación.

Figura 49. Boroscopio



Fuente: Adobe Stock

Este método se utiliza en caracterización y monitoreo, especialmente de especies que habitan o se reproducen en cavidades o madrigueras, como reptiles, roedores y algunas aves como las golondrinas de mar o el loro tricahue.

Igualmente se puede utilizar en muestreos dirigidos o como parte de transectos, especialmente en ambientes en los que se reconoce la posible presencia de las especies anteriormente descritas, particularmente aquellas consideradas como recursos únicos, escasos o representativos. También son frecuentemente usados en campañas de monitoreo una vez confirmada la presencia de una especie a la cual se le debe hacer un seguimiento.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha FA-35.

FICHA FA-35 : FAUNA – ANFIBIOS, REPTILES, AVES Y MAMÍFEROS- BOROSCOPIO	
Atributos, mediciones y resultados	• Riqueza de especies. • Abundancia.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Invasión de ejemplares de fauna. • Pérdida de ejemplares de fauna. • Modificación de la población de fauna.
Equipos o material de apoyo requerido	Boroscopio.
Variables a medir	Identificación de especies.
Tipo de resultados	• Presencia/ausencia. • Riqueza de especies. • Abundancia
Consideraciones	• Deben conocerse los lugares donde se encuentran comúnmente las especies objetivo y estas deben ser identificadas por un especialista. • El muestreo se debe realizar en las estaciones más indicadas para la zona a prospectar, dependiendo de la especie. **Fuente común de error:** Falta de experiencia en la identificación de especies. Prospección en épocas inadecuadas como otoño e invierno. Inadecuado manejo del boroscopio pueden llevar a imágenes que no permitan la identificación de especies.

FICHA FA-35 : FAUNA – ANFIBIOS, REPTILES, AVES Y MAMÍFEROS- BOROSCOPIO	
Profesionales requeridos	Un profesional experto en el uso de esta metodología.
Referencias bibliográficas	**Metodología:** Boland y Phillips (2005); Trageser *et al.* (2017).

3.4 Metodologías para ecosistemas terrestres

3.4.1 Análisis de fragmentación y conectividad

Fragmentación y conectividad son dos procesos distintos, pero tienen una relación directa (D'eon *et al.*, 2002). Un área fragmentada está mal conectada cuando producto de la transformación de una unidad originalmente continua, ésta quede separada en dos o más fragmentos aislados y rodeados por una matriz de composición y estructura diferente (Fahrig, 2003). Los estudios de fragmentación y conectividad son útiles como indicadores, ya que se pueden vincular a impactos negativos específicos sobre una especie, tipo de hábitat, sistema u otro recurso en particular (Didier *et al.*, 2007). Este proceso tiene efectos negativos como interrumpir los corredores biológicos naturales, cambiar el microclima, e incluso causar la extinción de la flora y la fauna.

Para realizar un análisis de fragmentación y conectividad es necesario generar como insumo base un mapa de cobertura del suelo, que permita identificar los parches de hábitat, nodos o áreas núcleo. Para el análisis de fragmentación y conectividad existen *softwares* específicos, además de librerías o paquetes para el uso de código en lenguajes de programación como R, Python o Julia.

Por lo general, un estudio de fragmentación y conectividad se puede realizar utilizando las siguientes métricas y tipos de análisis. Estas métricas son complementarias entre sí y apuntan a abordar la complejidad de este proceso. Tanto las métricas de fragmentación, como de conectividad son relevantes de analizar en conjunto.

Fragmentación

1. **Métricas de composición:** son aquellas que describen los tipos de parche (ej. bosque, agricultura, urbano o hábitat versus no hábitat), los índices de riqueza, uniformidad y diversidad del tipo de parche (ej. índice de Shannon). Permite cuantificar el número total de tipos de cobertura del suelo (riqueza).

2. **Métricas de densidad, tamaño y número de parche:** destinadas a caracterizar el tamaño o la cantidad de parches de hábitat dentro de un área. Las métricas de tamaño de parche vienen en diferentes formas, desde la simple densidad de parche hasta el complejo tamaño de parche medio. Los lugares o paisajes que exhiban más fragmentación, con el tiempo mostrarían una disminución en el tamaño medio del parche.
3. **Métricas de forma:** cuantifica la complejidad de la forma, desde parches que son más compactos (circulares) hasta parches que tienen una forma más compleja. Las métricas de forma son, por ejemplo, la proporción perímetro/área promedio, o el índice de área central. La dimensión fractal media de los parches o fragmentos es también otra métrica común de la forma. Los lugares o paisajes que se vuelven más fragmentados con el tiempo verían un aumento en la relación perímetro-área media y la dimensión fractal.
4. **Métricas de ecotono y hábitat interior:** cuantifica la relación dentro de los parches de los hábitats de borde e interior. Entre las más comunes podemos encontrar: perímetro, área total de borde, densidad de borde, contraste total de borde, área núcleo, porcentaje área núcleo del paisaje, índice área núcleo (porcentaje de área núcleo del parche).
5. **Métricas de configuración espacial:** dedicadas a caracterizar el grado de conectividad o aislamiento entre parches de hábitat. Las métricas basadas en la distancia a los vecinos más cercanos son una de las más comunes. Entre las más comunes podemos encontrar: el índice de contagio (expresado como una capa ráster), que mide el grado de agregación de los pixeles de igual categoría y, por lo tanto, es una medida de agregación de todas las clases; el índice de yuxtaposición (expresado como una capa vectorial), se basa en la longitud de los segmentos de contacto entre parches; el índice de contagio, por otro lado, que se basa en la cercanía entre píxeles. Al igual que la anterior métrica, mide el grado de adyacencia. El índice de parche por unidad de área, por último, permite una comparación consistente entre diferentes alcances y resoluciones de análisis.
6. **Métricas de la red de rutas:** se utilizan para caracterizar la fragmentación causada por carreteras, corredores de servicios públicos u otras características lineales que dividen parches de hábitat contiguos. La longitud y la densidad de las carreteras se encuentran entre las métricas más comunes. El área o el porcentaje de área de hábitat dentro de las distancias umbral de las carreteras (o la distribución acumulativa para todas las distancias) también se utiliza para los impactos ecológicos específicos que ocurren dentro de las distancias conocidas de las carreteras. Al usar los datos de la red de rutas para segmentar los datos del hábitat, se pueden usar muchas de las métricas de parche descritas anteriormente.

Es importante destacar que las métricas de fragmentación muchas veces son adimensionales o tienen unidades de difícil interpretación, por lo que se recomienda su uso en valores relativos, ya sea a la situación base, sin proyecto, para evaluar el cambio sobre estas métricas que produce un proyecto, o a la muestra total, por ejemplo, para poder priorizar parches.

Conectividad

1. **Análisis de costo mínimo:** identifica las rutas con un costo mínimo que una especie puede tomar desde un lugar a otro. El método asume que determinada especie incurre en un costo a medida que se mueve sobre un área, donde el "costo" puede reflejar el gasto real de energía para moverse sobre el área, el riesgo de mortalidad o el impacto en el potencial reproductivo futuro.
2. **Rutas factoriales de menor costo:** El análisis factorial de rutas de menor costo integra una gran cantidad de rutas entre cientos de puntos a lo largo de una superficie de resistencia.
3. **Análisis de circuito:** define el paisaje como si fuera una gran red de circuito eléctrico, en el que todas las células del paisaje pueden soportar el movimiento. Los enfoques de circuito se pueden utilizar para delinear corredores (con procesamiento adicional), para analizar y describir qué tan bien conectados pueden estar los parches de hábitat de origen y destino, dadas las múltiples vías de movimiento.
4. **Análisis de grafos:** combinado con el modelado de menor costo o la teoría de circuitos, proporciona varias mejoras útiles para la evaluación y el modelado de la conectividad del paisaje. El paisaje puede compararse con una red entrelazada que se compone de parches de hábitat ("nodos") y las conexiones entre estos parches ("bordes"). Una vez identificados, los nodos y los bordes se pueden priorizar en función de su contribución general a la red del paisaje, por ejemplo, evaluando cuántas conexiones potenciales dependen de cada nodo o borde.
5. **Núcleo de resistencia:** El enfoque para el modelado de conectividad se basa en la dispersión de menor costo de un conjunto definido de fuentes. El modelo calcula la densidad relativa esperada de individuos dispersos en cada celda alrededor de la fuente, dada la capacidad de dispersión de la especie, la naturaleza de la función de dispersión y la resistencia del paisaje. Para revisar en detalle los índices de fragmentación de paisajes, sus fórmulas y descripción detallada, se recomienda revisar los manuales utilizados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)[33].

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-1.

33 https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/MetricasFragstats-English.pdf

FICHA EC-1 : ECOSISTEMAS – FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD	
Atributos, mediciones y resultados	**Fragmentación:** determinar la configuración del paisaje, en el cual la pérdida de hábitat provoca la división de una matriz grande y continúa, en fragmentos más pequeños y aislados unos de otros. **Conectividad:** determinar la facilidad o el impedimento que presenta el paisaje para el desplazamiento o propagación de las especies.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Modificación o pérdida de hábitat de fauna. • Fragmentación del ecosistema. • Cambio en la estructura del ecosistema. • Afectación de servicios ecosistémicos.
Equipos o material de apoyo requerido	• Mapa de cobertura del suelo e identificación de los parches de hábitat (nodos o áreas núcleo). • *Softwares* especializados, en el caso del análisis de fragmentación (*Fragstats*, *SDMTools*, *Landscapemetrics*, *Patch Analyst*, *PyLandStats*), y en el análisis de conectividad (*Linkage Mapper*, *Circuitscape*, *Connectivity Analysis Toolkit*, *Conefor Sensinode quantifies*, *UNICOR*, *Rangeshifter*).
Variables a medir	• Forma de parches. • Tamaño de parches. • Distancia entre parches.
Tipo de resultados	**Fragmentación:** 1) Métricas de composición. 2) Métricas de densidad y tamaño de parche. 3) Métricas de forma. 4) Métricas de configuración espacial. 5) Métricas de la red de rutas. **Conectividad:** 1) Análisis de costo mínimo. 2) Rutas factoriales de menor costo. 3) Análisis de circuito. 4) Análisis de grafos. 5) Resistencia.

FICHA EC-1 : ECOSISTEMAS – FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD	
Profesionales requeridos	Profesionales con conocimientos en ecología espacial.
Referencias bibliográficas	**Fragmentación:** Cardille y Turner (2017); Carvajal *et al.* (2018); Didier *et al.* (2007); Fahrig (2003); Mateucci (2004); McGarigal (2006). **Conectividad:** Binzenhofer *et al.* (2005); Correa *et al.* (2016); D'eon *et al.* (2002); Fall *et al.* (2007); Rudnick *et al.* (2012).

3.4.2 Modelo de distribución de especies

Los modelos de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés) son aquellos que vinculan la teoría ecológica de las relaciones entre las especies y su medio ambiente, con métodos de aprendizaje estadístico y datos geoespaciales, con el objetivo de comprender y predecir la distribución de las especies y sus hábitats. Estos modelos se usan ampliamente para evaluar la biodiversidad y predecir los impactos de cambios en el medio ambiente, tanto en hábitats terrestres como acuáticos.

Se diferencia de los "modelos de nicho ecológico" en que son representaciones de condiciones ambientales necesarias para la especie, mientras que los modelos de distribución de especies se presentan sobre un espacio geográfico.

Es importar tener siempre en consideración que los modelos, independientemente de cuáles se esté hablando, se tratan de interpretaciones de la realidad, y de esta forma tendrán imprecisiones que desvíen el modelo de la realidad.

Para realizar un modelo de distribución de especies es necesario obtener datos de ocurrencia (presencia y no presencia) de la especie en diferentes tipos de ambientes, para lo cual es necesaria la búsqueda de registros con coordenadas espaciales desde diferentes fuentes de información (ej. GBIF, líneas base de los proyectos sometidos al SEIA, registros herbarios del Museo de Historia Natural y de la Universidad de Concepción), además de campañas de terreno que pudieran realizarse para cubrir ambientes no representados. Esta información debe analizarse para realizar filtros de calidad, ya que cualquier registro anómalo puede afectar el resultado final del modelo.

Además, es necesario contar con variables ambientales espacialmente explícitas, las cuales pueden obtenerse desde diferentes fuentes de información, por ejemplo, la base de datos *WorldClim*, capas de cobertura de suelo, índices basados en imágenes satelitales (por ej. NDVI), etc. Mientras mayor sea el número de variables incorporadas en el modelo, más preciso y detallado será el resultado de la distribución predicha.

Teniendo los insumos necesarios, se debe realizar la modelación con un *software* específico. Existen diferentes tipos de métodos matemáticos que permiten realizar modelos de distribución de especies, por ejemplo, el método de Máxima Entropía (MAXENT), Random Forest, Modelos Lineales Generalizados (GLM), Modelos Generalizados Aditivos (GAM), entre otros. Estos modelos se encuentran implementados como complementos de algunos sistemas de información geográfica como ArcGIS y QGIS, y en lenguajes de programación como R y Python.

Una vez realizado el modelo, el profesional debe evaluar su calidad con técnicas estadísticas. Dentro del procedimiento se pueden evaluar diferentes escenarios para maximizar el poder predictivo del modelo, utilizando diferentes condiciones ambientales y métodos matemáticos.

Hay que considerar que este tipo de modelos aún se encuentran en desarrollo en este momento, y complejizándose. El programa que se utilice y la forma de utilizar el modelo deben quedar debidamente justificados dentro de la metodología. Por ejemplo, tradicionalmente estos modelos representan sistemas en equilibro, o no tienen capacidad de incorporar la variable tiempo, aun así, han existido investigaciones con modelos fuera del equilibrio o predictivos, casos en los cuales se deberá incluir la información que valida el proceso.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-2.

FICHA EC-2 : ECOSISTEMAS, FLORA Y FAUNA - MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	
Atributos, mediciones y resultados	• Distribución de especies. • Hábitat crítico.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Modificación o pérdida de hábitat de flora. • Modificación o pérdida de hábitat de fauna. • Modificación de la distribución de las poblaciones.
Equipos o material de apoyo requerido	• Datos de presencia y ausencia de la especie con coordenadas espaciales. • Capas ráster de variables bioclimáticas, cobertura de suelo, índices satelitales, etc. • Computador con *software* específico.
Variables a medir	Ocurrencia de especies.
Tipo de resultados	Capa ráster con probabilidades de ocurrencia de especies en el área de estudio.

FICHA EC-2 : ECOSISTEMAS, FLORA Y FAUNA – MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	
Consideraciones	Puede requerir una alta capacidad computacional en zonas extensas. Al tratarse de modelos, son una aproximación a la realidad, todo dato debe ser revisado y validado en terreno.
Profesionales requeridos	Profesional con conocimiento de modelación ecológica y manejo computacional de *software* específico.
Referencias bibliográficas	Mateo *et al.* (2011); Miller, (2010); Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011).

3.4.3 Identificación y valoración de Servicios Ecosistémicos

Los Servicios Ecosistémicos (SSEE) han sido definidos formalmente como "*la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano*"[34], definición que ha sido adoptada por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

Esta contribución se ha categorizado en cuatro tipos de servicios, denominados de provisión, regulación, soporte y culturales. Los servicios de provisión incluyen bienes tangibles (ej. alimentos y materias primas), mientras que los servicios de regulación y culturales, entregan beneficios intangibles, como la regulación de la calidad del agua por los ecosistemas, o en el caso de los servicios culturales, el vínculo emocional, intelectual y espiritual con los paisajes y los distintos componentes de algunos ecosistemas terrestres. Por último, los de soporte son aquellos que generan la base o soporte para los demás servicios, como la biodiversidad o los ciclos biogeoquímicos.

Entendiendo que la valoración de los SSEE se asocia al bienestar social, su identificación y valoración requiere de un trabajo que integra metodologías de la ecología y ciencias sociales. Este trabajo tiene dos etapas, una que se debe desarrollar asociada a la línea de base de ecosistemas terrestres, donde se deben identificar los ecosistemas y los potenciales servicios ecosistémicos que estos proveen, y una segunda etapa que debe ser desarrollada con los grupos humanos locales, a quienes se les invita a identificar el valor que dan a estos servicios y a jerarquizarlos para priorizar su gestión.

En la presente Guía se describe la metodología para la delimitación de ecosistemas y la definición de servicios ecosistémicos potenciales.

La delimitación de ecosistemas tiene un alto grado de subjetividad, ya que estos en la naturaleza no presentan límites claros, por ello, la delimitación de estas unidades en un mapa

34 Definición propuesta por TEEB (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*) y adoptada por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile http://portal.mma.gob.cl/servicios-ecosistemicos/. Ref. artículo 2° letra r) DS N°15 de 2020 del MMA.

dependerá del objetivo de estudio, la calidad de la información cartográfica disponible y la escala de observación (Klijn y de Hes, 1994; Burkhard y Maes, 2017; Cienciambiental, 2018).

Sin embargo, a nivel internacional se han propuesto criterios que permiten facilitar este trabajo. Los métodos para la clasificación de ecosistemas más utilizados para el estudio de SSEE son las propuestas en la *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2003) y por el sistema denominado *Final Ecosystem Goods and Services Classification System* (FEGS-CS; Landers y Nahlik, 2013). Ambas utilizan las discontinuidades del paisaje para diferenciar unidades proveedoras de servicios con base en un conjunto de características bióticas y abióticas, por ejemplo, tipo de vegetación, topografía, tipo de suelo, etc., o una mezcla de ellos (ej. bosques en laderas, praderas en zonas riparianas) (ver Tabla 20).

Tabla 20. Comparación entre las propuestas de MEA y FEGS-CS para la delimitación de ecosistemas

ESTUDIO	DEFINICIÓN DE UNIDADES TERRITORIALES	PRINCIPIO RECTOR PARA LA CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN DE 1ER NIVEL	CRITERIOS O CLASIFICACIÓN DE 2DO NIVEL
Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2003)	Ecosistemas según Tansley (1935)	Unidades que mantienen una alta interconexión entre sus componentes constitutivos (discontinuidad del paisaje)	Sistemas: • Marinos • Costeros • Aguas interiores • Bosque • Desiertos • Islas • Montañas • Polar • Cultivado • Urbano	• Condiciones climáticas • Condiciones geofísicas • Usos dominantes • Cobertura del suelo • Composición de especies • Sistemas de gestión de recursos • Institucionalidad
FEGS - CS (Landers y Nahlik, 2013)	Unidades ambientales	(i)Unidades de paisaje compatibles con otras clasificaciones en uso (ii) Unidades de paisaje mapeables con imágenes satelitales (iii) Dos o más unidades no se dividen si generan el mismo flujo de servicio	Ecosistemas acuáticos	• Humedales • Mar abierto • Agua subterránea
			Ecosistemas terrestres	• Bosques • Agroecosistemas • Áreas verdes urbanas • Praderas • Matorrales • Rocas y arena • Tundra • Hielo y nieve
			Atmósfera	Atmósfera

Una vez delimitados los ecosistemas, es necesario realizar un cruce con los posibles SSEE que estos puedan proveer. Existen diferentes propuestas conceptuales que ayudan en la identificación y clasificación de SSEE. Una de las más utilizadas actualmente es la Clasificación Común Internacional de Servicios Ecosistémicos (*Common International Classification of Ecosystem Services*, CICES)[35], que divide los SSEE en servicios de provisión, regulación y culturales, especificando cuando provienen de los elementos bióticos o abióticos de la naturaleza.

El cruce entre los ecosistemas y los servicios que estos pueden proveer se debe realizar utilizando como respaldo información ecológica y social, en este último caso puede ser económica cuando exista dependencia de recursos naturales, o de reconocimiento social. Para ello se requieren profesionales con experiencia en el trabajo con servicios ecosistémicos.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-3.

FICHA EC-3: ECOSISTEMAS – SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Atributos, mediciones y resultados	Servicios Ecosistémicos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Afectación de Servicios Ecosistémicos. • Afectación de procesos ecológicos.
Equipos o material de apoyo requerido	• Cartografías de ecosistemas. • Matrices de Servicios Ecosistémicos.
Variables a medir	• Identificación de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Tipo de resultados	Matriz de ecosistemas y servicios que proveen.
Consideraciones	Requiere información multidisciplinaria para la definición preliminar de servicios, la definición final la deben hacer los actores beneficiarios.
Profesionales requeridos	Profesional con conocimiento en identificación de servicios ecosistémicos y delimitación de ecosistemas.
Referencias bibliográficas a consultar	Burkhard *et al.* (2009; 2012); Burkard y Maes (2017); Haines-Young y Potschin (2009).

35 http://cices.eu/

3.4.4 Encuestas para Servicios Ecosistémicos

La encuesta es una técnica que consiste en la recopilación de información de una muestra de la población a través de un cuestionario estandarizado. La información que se busca recopilar pueden ser opiniones, creencias, actitudes, entre otras, y estarán relacionadas con el objetivo del estudio. La encuesta se puede realizar de manera directa, a través de un encuestador, o de manera indirecta, por medio de correo, redes sociales, entre otros.

Al utilizarse un cuestionario estandarizado se puede asegurar la comparabilidad de los resultados dentro del grupo, así como con grupos sociales distintos. Tiene la posibilidad de aplicarse sobre un gran grupo de personas, y del número de participantes dependerá la validez de la encuesta. El desarrollo del cuestionario debe ser minucioso y suele tomar mucho tiempo en prepararse de acuerdo a las características del grupo y el sector en que se trabajará.

Para el caso de los Servicios Ecosistémicos se recomienda incluir preguntas abiertas que den paso para identificar SSEE que no hayan sido considerados dentro del sistema. En la encuesta se pueden incorporar sistemas de valoración en escala para los servicios, ya sea al identificarlos o a través de un listado estructurado previamente. La valoración puede estar dada por escala positivo negativo, capacidad de pago, tiempo dispuesto a dedicarle, entre otros.

El universo puede ser definido a través de un muestreo aleatorio simple, intentando tomar una muestra representativa de la población, o bien aleatorio por conglomerado o intencional, enfocando el muestreo en los grupos de interés (s*takeholders*). En el caso de utilizar este último método de selección, se recomienda realizar un análisis previo de los grupos de interés para una mejor selección de los participantes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-4.

FICHA EC-4: ECOSISTEMAS – ENCUESTAS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Atributos, mediciones y resultados	Servicios Ecosistémicos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Afectación de Servicios Ecosistémicos. • Afectación de procesos ecológicos.
Equipos o material de apoyo requerido	Cuestionario, *software* de análisis de datos.

FICHA EC-4: ECOSISTEMAS – ENCUESTAS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Variables a medir	• Identificación de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Tipo de resultados	• Listados de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Consideraciones	Un tamaño muestral representativo es fundamental para la calidad de los resultados. Es bueno complementarlo con otros métodos cualitativos.
Profesionales requeridos	Uno o varios encuestadores, dependiendo del tamaño de la población. Un especialista en análisis de datos sociales cuantitativos.
Referencias bibliográficas a consultar	De Frutos (1993); Blanco (2011).

3.4.5 Entrevistas para Servicios Ecosistémicos

Esta es una metodología de colección de datos basada en la interacción oral entre un entrevistador y un entrevistado. En ella el entrevistador obtendrá información objetiva o subjetiva, tales como situaciones, localizaciones, opiniones, creencias o valores, dentro de un tema objetivo definido por la investigación, guiado a través de una pauta. Esta puede ser la principal metodología de extracción de datos o complementaria a otras metodologías.

Existen tres tipos principales de entrevistas:

- **Entrevista estructurada:** el entrevistador establece un conjunto predeterminado de preguntas, presentado a través de un guion dirigido a través de los fines del proyecto. Esta no permite profundizar en ciertos tópicos, pero ayuda a recibir información comparable entre entrevistados. Las preguntas y su orden se deben mantener, independientemente de la información entregada por el entrevistado. Suele requerir más tiempo en preparar.
- **Entrevista semiestructurada**: el entrevistador establece una batería de preguntas previo a la entrevista, que deben guiar la conversación para obtener la información requerida. Las preguntas se pueden expresar de otras formas para adecuar al entrevistado. Existe la factibilidad de incorporar preguntas para precisar sobre un tema específico. Dada esta flexibilidad, se dificulta la comparabilidad entre las preguntas.
- **Entrevista no estructurada o abierta:** suele no tener preguntas predefinidas o muy pocas. La idea es que el entrevistador mantenga una conversación con el entrevistado a través de la cual se va obteniendo la información necesaria. Es necesario mantener

una estrategia para mantener el curso y guiar la conversación y no desviarse del tema. Este tipo permite un mayor vínculo entre las partes y aumenta veracidad de las respuestas. Puede ser más difícil de comparar los resultados.

La entrevista debe ser realizada a representantes de los grupos de interés, y se recomienda realizar un análisis previo de estos grupos para seleccionar adecuadamente a los participantes.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-5.

FICHA EC-5: ECOSISTEMAS – ENTREVISTAS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Atributos, mediciones y resultados	Servicios Ecosistémicos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Afectación de Servicios Ecosistémicos. • Afectación de procesos ecológicos.
Equipos o material de apoyo requerido	Block de apuntes, grabadora.
Variables a medir	• Identificación de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Tipo de resultados	• Listados de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Consideraciones	La selección de grupos de interés es fundamental para calidad de los resultados. Es relevante hacer una buena capacitación a los participantes de manera previa.
Profesionales requeridos	Profesional con conocimiento en identificación de servicios ecosistémicos y metodologías cualitativas de ciencias sociales.
Referencias bibliográficas para consultar	Torrecilla (2006); Sánchez Silva (2005).

3.4.6 Grupo focal para Servicios Ecosistémicos

El grupo focal, o *focus group,* es una metodología cualitativa de toma de datos colectivista, similar a una entrevista colectiva. En ella se selecciona un grupo de participantes para discutir un tema en particular. Es una técnica efectiva para obtener información en corto tiempo, dado que la interacción entre participantes estimula la entrega de opiniones, experiencias y creencias, indagar en acuerdos y desacuerdos, así como observar los argumentos desde los cuales las opiniones se construyen.

Para la realización del grupo focal se deben invitar a representantes de los grupos de interés relacionados con el ecosistema donde se emplazará el proyecto, para lo cual se recomienda realizar un análisis de grupos de interés previa la selección e invitación de los participantes. También se recomienda que el número de participantes al grupo focal sea de entre seis a diez personas, contando siempre con un moderador encargado de guiar la discusión. El moderador debe llevar la pauta de las preguntas que se van a realizar, facilitar la discusión para que el grupo se enfoque en los temas relevantes, pudiendo distinguir informaciones contradictoras entregadas y estimular la participación, sin entregar su opinión al respecto.

Previo al inicio de grupo focal se deben aclarar los fines de la actividad, así como las afiliaciones implícitas y explícitas. Durante el proceso es importante que el moderador complete el total de los temas que se van a tratar, para luego finalizar el grupo focal agradeciendo a todos los participantes. Es importante contar con una grabadora o cámara para grabar la sesión y luego realizar su transcripción.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-6.

FICHA EC-6: ECOSISTEMAS - GRUPO FOCAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Atributos, mediciones y resultados	Servicios Ecosistémicos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Afectación de Servicios Ecosistémicos. • Afectación de procesos ecológicos.
Equipos o material de apoyo requerido	Block de apuntes, grabadora o cámara de video.
Variables a medir	• Identificación de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.

FICHA EC-6: ECOSISTEMAS - GRUPO FOCAL SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Tipo de resultados	• Listados de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Consideraciones	La selección de grupos de interés es fundamental para la calidad de los resultados. Es relevante hacer una buena capacitación a los participantes de manera previa.
Profesionales requeridos	Profesional con conocimiento en moderación de grupos focales y sobre el tema.
Referencias bibliográficas a consultar	Hamui-Sutton y Varela-Ruiz (2013).

3.4.7 Mapeos Participativos de Servicios Ecosistémicos

Corresponde a un conjunto de metodologías cuyo fin es la espacialización de SSEE en un trabajo conjunto con la comunidad. El mapeo de los servicios ecosistémicos se puede hacer en terreno o a través de entrevistas, de manera grupal o individual, enfocados en identificación o incluso sumando un proceso de valoración.

En un mapeo participativo realizado en terreno es importante comenzar con una capacitación de los participantes, refiriéndose a los conceptos más relevantes relacionados con servicios ecosistémicos, e informando respecto de las herramientas que se utilizarán, tales como GPS y *softwares* de procesamiento.

Luego de la capacitación se recorre el terreno con los participantes, y dependiendo de los objetivos, se pueden separar por género, grupo etario, actividad, etc. Dentro del recorrido los participantes reconocen lugares que ellos relacionan con servicios ecosistémicos. Estos lugares pueden ser marcados con un GPS o instalar una bandera a la cual se le pueden asociar colores que representen su valoración. Toda esta información es posteriormente recopilada por los profesionales a cargo.

En los mapeos realizados a través de entrevistas se debe utilizar un mapa detallado de la zona que idealmente incorpore hitos reconocibles para los participantes. Sobre este mapa los entrevistados deben representar la ubicación que ellos reconozcan para cada servicio ecosistémico.

A su vez se les puede solicitar a los participantes que ubiquen en el mapa SSEE identificados en un listado predefinido por los investigadores, ya sea que el listado se base en estudios previos del sector o por intereses particulares de la investigación. Para este tipo de mapeo se requiere una capacitación previa respecto de los SSEE del listado, para luego dejar que los

participantes, de manera abierta, puedan identificar y localizar los SSEE que reconozcan. Junto con la identificación y localización de estos, se les puede solicitar que realicen una valoración de cada servicio, ya sea a verbalmente o marcando en el mapa, para esto se pueden utilizar señales de colores, que definan la valoración, con números u otro método. La recolección de datos puede ser a través de una entrevista o grupo focal.

La selección de participantes se debe realizar dentro de los grupos de interés que se puedan identificar, para lo cual se recomienda realizar un análisis previo de estos grupos para seleccionarlos representativamente.

Los detalles técnicos y consideraciones para la aplicación de esta metodología se resumen en la Ficha EC-7.

FICHA EC-7: ECOSISTEMAS - MAPEOS PARTICIPATIVOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	
Atributos, mediciones y resultados	Servicios Ecosistémicos.
Impacto ambiental que el método permite identificar o describir	• Afectación de Servicios Ecosistémicos. • Afectación de procesos ecológicos.
Equipos o material de apoyo requerido	GPS, cartografía del sector, lápices, fichas, banderines de colores, entre otros; *software* de SIG, *software* de modelación de servicios ecosistémicos.
Variables a medir	• Identificación de Servicios Ecosistémicos. • Espacialización de Servicios Ecosistémicos. • Valoración de Servicios Ecosistémicos.
Tipo de resultados	Cartografía de Servicios Ecosistémicos.
Consideraciones	La selección de grupos de interés es fundamental para calidad de los resultados. Es relevante hacer una buena capacitación a los participantes de manera previa.
Profesionales requeridos	Profesional con conocimiento en identificación de servicios ecosistémicos y delimitación de ecosistemas.
Referencias bibliográficas a consultar	Cordoves y Vallejos (2019); Jones, *et al.* (2020).

ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO

Abundancia: cantidad de individuos (observados o registrados) para cada especie.

Acciones: aquellas realizadas tanto por los trabajadores como por la maquinaria, en la fase de construcción, operación y cierre de un proyecto, incluyendo en ello la acción de transporte a través de diferentes medios.

Área de influencia: área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socio-culturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias.

Área núcleo: área dentro de un parche la cual no está afectada por el efecto borde, vale decir, que no está expuesta a las perturbaciones externas.

Atributos: son las cualidades o propiedades de un determinado componente ambiental o de un elemento del medio ambiente.

Barreno: es un dispositivo o herramienta utilizado para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado (suelo) por medio de un tornillo helicoidal rotatorio. El material es desplazado a lo largo del sentido del eje de rotación.

Biodiversidad o diversidad biológica: la variabilidad de los organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas y sus interacciones.

Componente ambiental: elementos del medio ambiente con características físicas, químicas, biológicas o socioculturales, que pueden tener un origen natural o artificial, y que cambian e interactúan, condicionando la vida de los ecosistemas. Para efectos del SEIA estos componentes permiten describir el área de influencia de un proyecto, los cuales se encuentran listados en el literal e) del artículo 18 del Reglamento del SEIA, exceptuando el literal e.11).

Composición: listado taxonómico registrados dentro del área de muestreo.

Conectividad: es una propiedad del paisaje que ilustra muy bien la relación entre la estructura y función del paisaje. En general, la conectividad se refiere al grado a la que el paisaje facilita o impide el flujo de energía, material, nutriente, especies y personas a través del paisaje.

Corredor biológico: un espacio que conecta paisajes, ecosistemas y hábitats, facilitando el desplazamiento de las poblaciones y el flujo genético de las mismas, que permite asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y procesos ecológicos y evolutivos y evitar la fragmentación de hábitats.

DAP (Diámetro a la Altura del Pecho): también llamado diámetro normal (dn) o en inglés como *Diameter at Breast Height* (DBH), es una unidad de medida que se utiliza en botánica, especialmente en Ingeniería Forestal, y es utilizada para estimar el diámetro de un árbol a una altura de 1,3 m.

Declaración de Impacto Ambiental: documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

Ecosistema[36]**:** corresponde a uno de los niveles de organización de la biodiversidad. Referido al complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional.

Egagrópila: son bolas formadas por restos de alimentos no digeridos que regurgitan algunas aves carnívoras. Son muy útiles en ornitología para saber el tipo de alimentación que llevan y en ecología para conocer las relaciones de depredación.

Erosividad: capacidad potencial de la lluvia para provocar la erosión. En función de las características físicas de la lluvia, es decir, la energía con que las gotas de lluvia caen a una determinada intensidad, pudiendo romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable.

Erodabilidad: concepto que expresa la influencia de las propiedades físicas y químicas de un suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, etc., se expresa en unidades de peso por unidades de superficie para situaciones "estándar" de morfología y uso.

Especie exótica invasora[37]**:** especie exótica cuyo establecimiento o expansión amenaza ecosistemas, hábitats o especies, por ser capaz de producir daño a uno o más componentes del ecosistema.

Estudio de Impacto Ambiental: documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

36 Ref. artículo 2°, Convención sobre la Diversidad Biológica.

37 Ref. artículo 3°, Ley N°21.600, que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Evaluación de impacto ambiental: el procedimiento, a cargo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), que sobre la base de un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.

Factores generadores de impacto: se entenderán como aquellos capaces de generar impactos ambientales tales como las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad, en consideración a su localización y temporalidad, así como sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos y servicios generados, según correspondan.

Flora: el término flora se refiere al conjunto de plantas, nativas o introducidas, de una región geográfica, de un período geológico determinado, o de un ecosistema determinado.

Hábitat: lugar o tipo de ambiente en el que vive naturalmente un organismo o una población. Comprende las condiciones presentes en una zona determinada que permiten presencia, supervivencia y reproducción de un organismo o población.

Impacto ambiental: alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

Impactos ambientales significativos: aquellos impactos ambientales que generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300, conforme a lo establecido en el Título II del Reglamento del SEIA.

Localización: se refiere al lugar geográfico donde se establecen las partes y obras, y donde se ejecutan las acciones, lo cual determina con qué objetos de protección interactúa el proyecto.

Medio ambiente: el sistema global constituido por elementos naturales o artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Objeto de protección: elemento o componente del medio ambiente que el legislador busca proteger, ya sea a través de una norma de carácter ambiental, un permiso ambiental sectorial o la creación de un área protegida, y que para efectos del SEIA se pretende proteger de los impactos ambientales que pueda generar la ejecución de un proyecto o actividad. Los componentes ambientales que configuran objeto de protección del SEIA se desprenden del artículo 11 de la Ley N°19.300.

Obras: se entiende como toda infraestructura construida de un proyecto o actividad, ya sea para un uso temporal o permanente.

Partes: se entiende como una unidad que es constituyente de un proyecto o actividad, que contiene en sí misma diferentes acciones u obras.

Pérdida de biodiversidad: impacto residual a la biodiversidad en el área de influencia del proyecto, expresado en cambios negativos en los componentes de la biodiversidad, los cuales

desaparecen o pierden significativamente sus características de composición, estructura o funcionamiento por la implementación del proyecto de inversión.

Riqueza: número total de especies registradas en un área.

Rodal: es una porción o área del bosque, la cual es definida sobre la base de un conjunto de criterios asociados a uno o más objetivos de acuerdo un plan de manejo forestal.

Servicios Ecosistémicos (SSEE): contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano.

Tipos biológicos: categoría morfoestructural de las plantas, no relacionada con su sistemática. En el caso de las Cartas de Ocupación de Tierras (COT) se utilizan cuatro tipos biológicos: herbáceas (H), leñosas bajas (LB) correspondientes a arbustos cuyo tamaño no excede los 2 metros de altura, leñoso alto (LA) correspondiente a árboles cuyo tamaño excede los dos metros de altura, suculentas cactáceas y bromeliáceas (S).

Vegetación: La vegetación es un conjunto de plantas silvestres, nativas o exóticas, que crecen espontáneamente sobre una superficie de suelo. Hablamos también de una cubierta vegetal. Su distribución en la Tierra depende de los factores climáticos y de los suelos. Tiene tanta importancia que inclusive se llega a catalogar a los climas según el tipo de vegetación que crece en la zona donde ellos dominan.

Vegetación azonal: formación vegetal que presenta una forma de distribución que responde a condiciones locales, normalmente asociadas a características del suelo o sustrato, o humedad, sin observarse un patrón continuo de distribución.

ANEXO 2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS, BASES DE DATOS U OTROS

Binzenhöfer, B., Schröder, B., Strauss, B., Biedermann, R., y Settele, J. (2005) Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths - The example of Zygaena carniolica and Coenonympha arcania. Biological Conservation 126: 247-259.

Blanco, C. (2011). Encuesta y estadística: modelos de investigación cuantitativa en Ciencias Sociales y Comunicación. Brujas.

Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., y Windhorst, W. (2009) Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. Landscape Online, 15:1-22. https://doi.org/10.3097/LO.200915

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., y Müller, F. (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators 21: 17-29.

Burkhard, B., y Maes, J. (2017) Mapping Ecosystem Services. Advanced Books. En línea: https://ab.pensoft.net/articles.php?id=12837

Cardille J.A., Turner M.G. (2017) Understanding Landscape Metrics. En: Gergel S., Turner M. (eds) Learning Landscape Ecology. Springer, New York, NY.

Carvajal, M., Alaniz, A., Smith-Ramírez, C., y Sieving, K. (2018) Assessing habitat loss and fragmentation and their effects on population viability of forest specialist birds: Linking biogeographical and population a pproaches. Diversity and Distribution 24: 820- 830. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.12730

Cienciambiental (2018) Identificación de Ecosistemas Continentales y los Servicios Ecosistémicos que estos proveen. Informe Final desarrollado para el Ministerio de Medio Ambiente Chile.

Cordoves Sánchez, M. A., y Vallejos Romero, A. (2019). Mapeo del valor social en el marco de los servicios ecosistémicos. Investigación bibliotecológica, 33(79), 177-204.

Correa Ayram, C. A., Mendoza, M. E., Etter, A., y Salicrup, D. R. P. (2016) Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and a pplications. Progress in Physical Geography. Earth and Environment 40(1): 7-37. https://doi.org/10.1177/0309133315598713

D'eon, R.G., Glenn, S.M., Parfitt, I., y Fortin, M. (2002) Landscape Connectivity as a Function of Scale and Organism Vagility in a Real Forested Landscape. Conservation Ecology 6(2):10.

De Frutos, M. O. (1993) NTP 283: Encuestas: metodología para su utilización. INSHT, Madrid.

Didier, K., Thompson, J., Frosini, S., y White, B. (2007) Habitat Fragmentation and Connectivity. En: Strand, H., Höft, R., Strittholt, J., Miles, L., Horning, N., Fosnight, E., Turner, W. (Eds.) Sourcebook on Remote Sensing and Biodiversity Indicators. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 32:143-161.

Fahrig, L. (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual review of ecology, evolution, and systematics 34(1):487-515.

Fall, A., Fortin, M., Manseau, M., y O'Brien, D. (2007) Spatial Graphs: Principles and Applications for Habitat Connectivity. Ecosystems 10(3):448-461.

Haines-Young, R., y Potschin, M. (2011) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update. Expert Meet. Ecosyst. Accounts

Hamui-Sutton, A., y Varela-Ruiz, M. (2013). La técnica de grupos focales. Investigación en educación médica, 2(5), 55-60.

Jones, L., Holland, R. A., Ball, J., Sykes, T., Taylor, G., Ingwall-King, L., Snaddon, J.L., Peh, K. (2020). A place-based participatory mapping approach for assessing cultural ecosystem services in urban green space. People and Nature, 2(1), 123-137.

Klijn, F., y de Haes, H. A. U. (1994) A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. Landscape ecology, 9(2):89-104.

Landers, DH., y Nahlik, AM. (2013) Final Ecosystem Goods and Services Classification System (FEGS-CS) EPA/600/R-13/ORD-004914. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C.

Mateo, R., Felicísimo, Á., y Muñoz, J. (2011) Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. Revista chilena de historia natural 84(2):217-240. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Mateucci, S. (2004) Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón-proceso. En: Buzai, G. (comp.) Memorias del primer seminario argentino de geografía cuantitativa. Fronteras [Publicación especial] ISSN 1667-3999.

Millenium Ecosystem Assessment [MEA] (2003) Ecosystems and human well-being; a framework for assessment. Island Press.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (1994) Ley N°19.300, Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Disponible en el centro de documentación de la Biblioteca del Congreso Nacional de su sitio web, www.bcn.cl

McGarigal, K. (2006). Landscape pattern metrics. Encyclopedia of environmetrics.

Miller, J. (2010) Species Distribution Modeling. Geography Compass 4: 490-509.

Pliscoff, P., y Fuentes-Castillo, T. (2011) Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. Revista de geografía Norte Grande 48:61-79. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022011000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Odum, EP (1971) Fundamentals of ecology, 3a ed. WB. Saunders.

Rudnick, D., Beier, P., Cushman, S., Dieffenbach, F., E pps, C.W., Gerber, L., Hartter, J., Jenness, J., Kintsch, J., Merenlender, A.M., Perkle, R.M., Preziosi, D.V., Ryan, S.J., y S. C. Trombulak. (2012) The Role of Landscape Connectivity in Planning and Implementing Conservation and Restoration Priorities. Issues in Ecology. Report No. 16. Ecological Society of America.

Sánchez Silva, M. (2005). La metodología en la investigación cualitativa.

Servicio de Evaluación Ambiental [SEA]. (2017) Guía para la Descripción del Área de Influencia. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental [SEA]. (2020) Guía área de influencia de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en el SEIA. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental [SEA]. (2022) Criterio de evaluación en el SEIA: contenidos técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos. Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

Servicio de Evaluación Ambiental [SEA]. (2023) Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (segunda edición). Disponible en el Centro de Documentación de su sitio web, www.sea.gob.cl

Torrecilla, J. M. (2006). La entrevista. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid, 1-20.

Bibliografía sobre suelo

Bonilla, C., Reyes, J., y Magri, A. (2010) Water Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Framework, Central Chile. Chilean Journal of Agricultural Research 70(1) pp.159-169. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000100017

Mancilla, G. (2008) Uso de la ecuación universal de perdida de suelo (USLE) en el campo forestal. Apuntes docentes, uso y conservación de suelos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) 2012 Guía metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes.

Olivares, B., Lobo, D., Verbist, K., Vargas, R., y Silva, O. (2013) Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión hídrica en un alfisol ubicado en la comuna San Pedro, región metropolitana de Chile. GEOMINAS, Vol. 41, N° 62.

Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, y D.C. Yoder. (1997) Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Agricultural Handbook No. 703. U.S. Department of Agriculture, USA.

Rossiter D. y Vargas R. (2004) Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. ITC, Enschede, the Netherlands. 145 pp.

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2011) Pauta para Estudio de Suelos Servicio Agrícola y Ganadero 2011 (Rectificada en 2016) Ministerio de Agricultura, Chile.

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2016) Pauta para Estudio de Suelos del SAG versión 2011 Rectificada. Ministerio Agricultura, Chile

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2019) Guía de evaluación ambiental: recurso natural suelo. Ministerio de Agricultura, Chile

Tessema, Y. M., Jasińska, J., Yadeta, L. T., Świtoniak, M., Puchałka, R., y Gebregeorgis, E. G. (2020) Soil loss estimation for conservation planning in the welmel watershed of the Genale Dawa Basin, Ethiopia. Agronomy, 10(6), 777.

USDA-NRCS. (2002) Field book for describing and sampling soils. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Zhao, Y., Feng, D., Yu, L., Wang, X., Chen, Y., Bai, Y., Hernández Palma, H., Galleguillos Torres, M., Estades Marfán, C., Biging, G., Radke, J. y Gong, P. (2016) Detailed dynamic land cover ma pping of Chile: Accuracy improvement by integrating multi-temporal data. Remote Sensing of Environment 183: 170-185

Bibliografía sobre flora y vegetación

Ahumada M. y Faúndez L. (2009) Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile.

Aguayo, P. (2013) Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. CIREN.

Alder D. (1980) Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol. 2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Alexander R. y Millington A. (Eds.) (2000) Vegetation mapping: from patch to planet. Wiley.

Anderson, M. C. (1964) Studies of the woodland light climate: I. The photographic computation of light conditions. The Journal of Ecology, 27-41.

Anderson J., Hardy E., Roach J. y Witmer R. (1976) A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Professional Paper 964, US Gov. Printing Office.

Avery T. y Burkhart H. (2001) Forest measurements. McGraw Hill.

Baeza M., Barrera E., Flores J., Ramirez C. y Rodríguez. R. (1998) Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47:23-46.

Belmonte E., Faúndez L., Flores J., Hoffmann A., Muñoz M. y Teillier S. (1998) Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín Museo Nacional de Historia Natural 47:69-89.

Benoit I. (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal [CONAF].

Blinn, House, M., Wynne, R., Thomas, V., Fox, T., y Sumnall, M. (2019) Landsat 8 Based Leaf Area Index Estimation in Loblolly Pine Plantations. Forests, 10(3):222. https://doi.org/10.3390/f10030222

Bonham C. (1989) Measurements for terrestrial vegetation. Wiley Intersciences.

Braun-Blanquet J. (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones.

Bréda, N. (2008) Leaf Area Index. En: Jorgensen, S. y Fath, B. (Eds.) Encyclopedia of Ecology. Elsevier.

Buell, M. F., y Cantlon, J. E. (1950). A study of two communities of the New Jersey Pine Barrens and a comparison of methods. Ecology, 31(4), 567-586.

Cain S. y Castro G. (1959) Manual of vegetation analysis. Harper.

Canfield R. (1941) Application of the line interception method in sampling range vegetation. Forestry 39: 388-349.

Centre d'études phytosociologiques et écologiques [de] Montpellier (1969) Vade-mecum pour le releve methodique de la vegetation et du milieu. Ed. du CNRS.

Corporación Nacional Forestal [Conaf] (2009) Catastro de formaciones xerofíticas en áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, en las regiones de Atacama y Coquimbo. Cartografía en formato digital.

Corporación Nacional Forestal [Conaf] (2012) Guía de evaluación ambiental. Criterios para la evaluación de proyectos sometidos al SEIA. Conaf.

Corporación Nacional Forestal [Conaf] (2020) Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile al año 2020. Departamento de monitoreo de ecosistemas forestales. Conaf.

Conaf, Comisión Nacional del Medio Ambiente [Conama] y Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento [BIRF] (1995) Manual de terreno. Proyecto catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Conaf-Conama.

Conaf, Comisión Nacional del Medio Ambiente [Conama] y Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento [BIRF] (1997) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Conaf-Conama.

Conaf, Comisión Nacional del Medio Ambiente [Conama] y Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento [BIRF] (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Conaf-Conama.

Cruz G., Prado C. y Lara A. (1995) Manual de cartografía de la vegetación. Proyecto CONAMA-BIRF. Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco y Geotécnica Consultores.

Cortés S. (2003) Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chia (Cundinamarca, Colombia) Caldasia 25 (1):119-137.

Instituto de Botánica Argentina. Darwinion. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur [Repositorio en línea]. Disponible en: http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm Accedido en agosto de 2024

Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (1998) Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Nº 47. Santiago de Chile. 146 pp.

Di Gregorio A. y Jansen L. (2002) Land cover classification system (LCCS) classification concepts and user manual. Food and Agriculture Organization [FAO].

Dubayah R, Blair JB, Goetz S, Fatoyinbo L, Hansen M, Healey S, Hofton M, Hurtt G, Kellner J, Luthcke S, Armston J, Tang H, Duncanson L, Hancock S, Jantz P, Marselis S, Patterson PL, Qi W y Silva C. (2020) The global ecosystem dynamics investigation: high-resolution laser ranging of the earth's forests and topography. Science of Remote Sensing. 1(1):100002. https://doi.org/10.1016/j.srs.2020.100002

Elzinga C., Salzer D. y Willoughby J. (1998) Measuring and monitoring plant populations. Bureau of Land Management, Technical Reference 1730-1. Disponible en: http://www.blm.gov/nstc/library/pdf/MeasAndMon.pdf

Etienne M. y Contreras D. (1981) Cartografía de la vegetación y sus aplicaciones en Chile. Universidad de Chile. Boletín Técnico Nº 46. Santiago, Chile.

Etienne M. y Prado C. (1982) Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.

Fang, H., Baret, F., Plummer, S., y Schaepman-Strub, G. (2019) An overview of global leaf area index (LAI): Methods, products, validation, and applications. Reviews of Geophysics. 57: 739- 799. https://doi.org/10.1029/2018RG000608

Fang, H., y Liang, S. (2014) Leaf Area Index Models. En: Elsevier (Comp.) Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. doi:10.1016/b978-0-12-409548-9

Fricker, G. A., Synes, N. W., Serra-Diaz, J. M., North, M. P., Davis, F. W., y Franklin, J. (2019) More than climate? Predictors of tree canopy height vary with scale in complex terrain, Sierra Nevada, CA (USA) Forest Ecology and Management, 434:142-153. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.006

Gajardo R. (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Galloway D. y Marticorena C. (1991) A bibliography of chilean lichenology. Gayana Botánica 48: 17-66.

Garrison R. (1949) Origin and development of axillary buds: Betula papyrifera Marsh and Euptelea polyandra Sieb. et Zucc. American Journal of Botany 36: 379-389.

Gilbert J. y But K. (2009) Evaluation of digital photography as a tool for field monitoring in potentially inhospitable environments. Mires and Peat 5 (5): 1-6. ISSN 1819-754X

González, R., Avella, A., y Díaz-Triana, J. E. (2015). Plataformas de monitoreo para vegetación: toma y análisis de datos. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, 87.

Goodall D. (1952) Quantitative aspects of plants distribution. Biologhical Reviews 27:194-245.

Guerra-Hernández, J., y Pascual, A. (2021) Using GEDI lidar data and airborne laser scanning to assess height growth dynamics in fast-growing species: a showcase in Spain. Forest Ecosystems 8(1):1-17.

Hechenleitner P., Gardiner M., Thomas P., Echeverría C., Escobar B., Brownless P. y Martínez C. (2005) Plantas amenazadas del centro-sur de Chile. Distribución, conservación y propagación. 1º Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo, Valdivia, Chile.

Hernández, J., Serra, M., y Yancas, L. (2000) Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. Estudios de flora y vegetación. Facultad de Ciencias Forestales y Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Hoffmann A. (1989) Sinopsis taxonómica de las geófitas monocotiledóneas chilenas y su estado de conservación. En: Benoit I. (Ed.) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. pp. 147-157) Corporación Nacional Forestal.

Hoffmann A. y Flores A. (1989) Estado de conservación de las plantas suculentas chilenas: una evaluación preliminar. En: Benoit I. (Ed.) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. pp. 111-127. Corporación Nacional Forestal.

Horning, N., Robinson, J. A., Sterling, E. J., Spector, S., y Turner, W. (2010) Remote sensing for ecology and conservation: a handbook of techniques. Oxford University Press.

Husch B., Beers T. y Kershaw J. (2002) Forest mensuration. Wiley.

IUCN. (2010) Categorías y criterios de la lista roja de la IUCN: Versión 3.1. UICN.

IUCN. (2010) IUCN Red list of threatened species. International Union for Conservation of Nature. Disponible en: www.iucnredlist.org

Jones C., Weckler P., Maness N., Stone M. y Jayasekara R. (2004) Estimating water stress in plants using hyperspectral sensing. Canadian society for engineering in agricultural food and biological systems.

Jones H., y Vaughan R. (2010) Remote sensing of vegetation. Principles, techniques and applications. Oxford University Press.

Kang, Y., Ozdogan, M., Gao, F., Anderson, M. C., White, W. A., Yang, Y., y Erickson, T. A. (2021) A data-driven a pproach to estimate leaf area index for Landsat images over the contiguous US. Remote Sensing of Environment 258:112383.

Kent M. (2011) Vegetation description and data analysis: a practical approach. 2nd Edition, Wiley- Blackwell.

Kganyago, M., Mhangara, P., Alexandridis, T., Laneve, G., Ovakoglou, G., y Mashiyi, G. (2020) Validation of sentinel-2 leaf area index (LAI) product derived from SNAP toolbox and its comparison

with global LAI products in an African semi-arid agricultural landscape, Remote Sensing Letters, 11(10):883-892. https://doi.org/10.1080/2150704X.2020.1767823

Küchler A. y Zonneveld I. (1988) Vegetation mapping. Kluwer Academic Publishers.

Lazo W. (2001) Hongos de Chile: atlas micológico. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Luebert F. y Pliscoff, P. (2018) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. 2° edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Marticorena C. (1990) Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 47: 85-113.

Marticorena C. y Rodríguez R. (Eds.) (1995) Flora de Chile volumen 1 Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de Concepción.

Marticorena C. y Rodríguez R. (Eds.) (2001) Flora de Chile volumen 2. Winteraceae-Ranunculaceae. Universidad de Concepción.

Marticorena C. y Rodríguez R. (Eds.) (2003) Flora de Chile volumen 2(2) Berberidaceae-Betulaceae. Universidad de Concepción

Marticorena C. y Rodríguez R. (Eds.) (2005) Flora de Chile volumen 3 Plumbaginaceae-Malvaceae. Universidad de Concepción

McRoberts, R., Tomppo, E. O., y Czaplewski, R. (1992). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales. FAO. Roma, Italia.

Moreira-Muñoz A. (2007) Plant Geography of Chile. An essay on postmodern biogeography. Tesis para optar al grado de doctor. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Friedrich-Alexander Erlangen-Núremberg.

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000) Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal (Vol. 87). Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Froestal Sostenible (BOLFOR).

Müeller-Dombois D. y Ellenberg H. (1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons.

Nafarrate-Hecht, A. C., Dupuy-Rada, J. M., George-Chacon, S. P., y Hernández-Stefanoni, J. L. (2018) Modelización y mapeo estacional del índice de área foliar en un bosque tropical seco usando imágenes de satélite de alta resolución. Madera y bosques, 24(3)

Oyarzún, Alejandro, Donoso, Pablo J, y Gutiérrez, Álvaro G. (2019) Patrones de distribución de alturas de bosques antiguos siempreverde del centro-sur de Chile. Bosque 40(3), 355-364. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002019000300355&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Pasqualotto, N.; Delegido, J.; Van Wittenberghe, S.; Rinaldi, M.; Moreno, J. (2019) Multi-Crop Green LAI Estimation with a New Simple Sentinel-2 LAI Index (SeLI) Sensors 19(4): 904. https://doi.org/10.3390/s19040904

Pliscoff P. y Luebert F. (2006) Ecosistemas terrestres. En: Comisión Nacional del Medio Ambiente [Conama]. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Conama, Chile.

Potapov, P., X. Li, A. Hernandez-Serna, A. Tyukavina, M.C. Hansen, A. Kommareddy, A. Pickens, S. Turubanova, H. Tang, C.E. Silva, J. Armston, R. Dubayah, J. B. Blair, M. Hofton. (2021) Mapping and monitoring global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. Remote Sensing of Environment. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165

Prodan M., Peters R., Cox F. y Real P. (1997) Mensura forestal. Editorial IICA-BMZ/GTZ.

Ravenna J., Teillier S., Macaya J., Rodríguez R. y Zollner O. (1998) Categoría de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 47-68.

Rodríguez R. (1989) Ptheridophyta de Chile continental amenazados de extinción. En: Benoit I. (Ed.) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Pp 129-146. Corporación Nacional Forestal

Rodríguez, R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez y A. Marticorena. (2018) Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica 75(1): 1-430. http://catalogoplantas.udec.cl/

Rodríguez, R. y A. Marticorena (eds.) (2019) Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Editorial Universidad de Concepción.

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2010) Guía de evaluación ambiental. Vegetación y flora silvestre. SAG.

Serey I., Ricci M. y Smith-Ramírez C. (Eds.) (2007) Libro rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal, Universidad de Chile.

Shimwell D.W. (1971) The description and classification of vegetation. Sidgwick & Jackson.

Sorrentino Fattoruso, A. (1997). Manual para diseño y ejecución de inventarios forestales.

Squeo F., Arancio G. y Gutiérrez J. (Eds.) (2008) Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena.

Squeo F., Arancio G. y Gutiérrez J. (Eds.) (2001) Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena.

Squeo F., Stoll A, Tracol Y., Arancio G. y López D. (2009) Catastro de formaciones xerofíticas en áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, en las regiones de Atacama y Coquimbo. Corporación Nacional Forestal, Chile.

Sutherland, W. J. (Ed.). (2006). Ecological census techniques: a handbook. Cambridge university press.

Teillier S., Zepeda H. y García P. (1998) Flores del desierto de Chile. Marisa Cuneo Ediciones.

TESAM S.A. y Conama. (1996) Metodologías para la caracterización de la calidad ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile.

United State Environmental Protection Agency [EPA]. (2006) Elements of a state water monitoring and assessment program for wetlands. EPA, EEUU.

Vaida, I., Rotar, I., Păcurar, F., Vidican, R., Pleșa, A., Mălinaș, A., y Stoian, V. (2016). Impact on the abandonment of semi-natural grasslands from Apuseni Mountains. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture, 73(2), 323-331.

Vallejos, O. S. (2000) Inventarios forestales: muestreos tradicionales. Universidad de Talca.

Van Der Hammen T., Mueller-Dombois D. y Little M. (Eds) (1989) Manual of methods for mountain transect studies. IUBS-UNESCO-MAB.

Walter H. (1954) Klimax und zonale vegetation, fest-schrift für Erwin Aichinger, Band 1. p. 144-150, Ed. E. Janchen, Springer-Verlag.

Wiegleb G. (1998) Analysis of flora and vegetation in rivers; concepts and applications. En: Simoens J, Hooper S. y Compere P. (Eds.) Studies on aquatic vascular plants. Pp. 311-341. Royal Botanical Society of Belgium.

Wilber G. (2005) Manual del técnico alpaquero. ITDG. 105 pp.

Weiss, M. y Baret, F. (2016) S2ToolBox Level 2 products: LAI, FAPAR, FCOVER. INRA.

Wood M., Kelley J. y Belknap D. (1989) Patterns of sediment accumulation in the tidal marshes of Maine. Estuaries 12: 237-246.

Xue, J., y Su, B. (2017) Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of sensors, 2017. https://doi.org/10.1155/2017/1353691

Zuloaga F., Morrone O. y Belgrano M. (2008) Catálogo de las plantas vasculares del cono sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) Missouri Botanical garden Press.

Bibliografía de flora en ecosistemas específicos

Flora de humedales

Cowardin L. y Golet F. (1995) US Fish and Wildlife Service 1979 wetland classification: a review. Vegetatio Vol. 118, 1(2):139-152.

Cronk J. y Fennessy M. (2001) Wetland plants: biology and ecology. CRC Press LLC.

Mitsch C. y Gosselin J. (2000) Wetlands. 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York.

Peña-Cortés F., Gutiérrez P., Rebolledo G., Escalona M., Hauenstein E., Bertrán C., Schlatter R. y Tapia J (2006) Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del Lago Budi, Chile. Revista de Geografía Norte Grande 36: 75-91.

Flora de vegas y bofedales altoandinos

Ahumada M. y Faúndez L. (2009) Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica. Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], Chile.

Centro de Ecología Aplicada. (2007) Guía de humedales: conceptos y criterios para su evaluación ambiental. DEPROREN, SAG, Ministerio de Agricultura, Chile.

Squeo F., Warner B., Aravena R. y Espinoza D. (2006) Bofedales: high altitude peatlend of the Central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79:245-255.

Flora de turberas

Schlatter R. y Schlatter J. (2004) Los turbales de Chile. En: Blanco D. y de la Balze V. (Eds.), Los turbales en Patagonia. Bases para su inventario y la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina. Pp. 75-80.

Tapia C. (2008) Crecimiento y productividad del musgo Sphagnum magellanicum Brid., en turberas secundarias de la Provincia de Llanquihue, Chile. Tesis para optar al grado de licenciado en agronomía. Universidad Austral de Chile.

Flora de pitrantos o hualves (bosques pantanosos)

Ramírez C., Ferriere F. y Figueroa H. (1983) Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos templados del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56: 11-26.

Ramírez C., San Martín C. y San Martín, J. (1995) Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile sur-central. En: Armesto J., Villagrán C. y Arroyo M. Ecología de los bosques nativos de Chile. Pp. 215-234. Editorial Universitaria, Chile.

San Martín C., Ramírez C. y Rubilar H. (2002) Ecosociología de los pantanos de cortadera en Valdivia, Chile. Ciencia e Investigación Agraria 29: 171-179.

Villa-Martínez R. y Villagrán C. (1997) Historia de la vegetación de los bosques pantanosos de la costa de Chile central durante el holoceno medio y tardío. Revista Chilena de Historia Natural 70: 391-401.

Flora de marismas

Ramírez C., Amigo J. y San Martín C. (2003) Vegetación pratense litoral y dinámica vegetacional antropogénica en Valdivia. Agrosur 31(2): 24-37.

Ramírez C., San Martín C. y Figueroa H. (2000) Clasificación y ordenación multivariada de un complejo vegetacional de marisma (Valdivia, Chile). Revista Geográfica de Valparaíso 31: 211-223.

San Martín C., Contreras D., San Martín J. y Ramírez C. (1992) Vegetación de las marismas del centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 65: 327-342.

Wood M.E., Kelley J. y Belknap D. (1989) Patterns of sediment accumulation in the tidal marshes of Maine. Estuaries 12: 237-246.

Flora de mallines

Del Valle H. (1993) Mallines del ambiente árido. Pradera salina y estepa arbustivo-graminosa en el NW del Chubut. En: Paruelo J., Bertiller M., Schlichter T. y Coronato F. (Eds) Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. Convenio Argentino Alemán Cooperación Técnica INTA-GTZ.

Gandullo R. y Schmid P. (2001) Análisis ecológico de mallines del parque provincial Copahue, Neuquén, Argentina. AgroSur 29(2):83-99.

Bibliografía sobre hongos, líquenes y briófitas

Ardiles, V., Cuvertino, J., y Osorio, F. (2008) Guía de campo briofitas de los bosques templados australes de Chile: una introducción al mundo de los musgos, hepáticas y antocerotes que habitan los bosques de Chile. Ediciones Corporación Chilena de la Madera.

Lodge, D.J., J.F. Ammirati, T.E. O'Dell, G.M. Mueller, S.M. Huhndorf, C.-J. Wang, J.N. Stokland, J.P. Schmit, L. Ryvarden, P.R. Leacock, M. Mata, L. Umaña, Q. WU y D.L. Czederpiltz. (2004) Terrestrial and lignicolous macrofungi. En: Mueller, G.M., Bills, G.F. y M.S. Foster (eds.): Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. Elsevier Academic Press. pp 127-172.

MacDonald, A. M., Lundholm, J. T., y Clayden, S. R. (2011) Saxicolous lichens on a Nova Scotian coastal barren. Northeastern Naturalist, 18(4):475-489.

Rossman, A. Y., Tulloss, R. E., O'Dell, T. E., Thorn, R. G., Janzen, D. H., y Hallwachs, W. (1998). All Taxa Biodiversity Inventory.

Schmit, J.P. y D. J. Lodge. (2005) Classical Methods and Modern Analysis for Studying Fungal Diversity. En: Dighton, J., J.F. White y P. Oudemans (eds.). The Fungal community: its organization and role in the ecosystem. 3rd ed. CRC Press. Pp. 193-214.

Schofield, W.B. (1985) Introduction to Bryology. Balckburn Press.

Söderström, L. (1988) Sequence of bryophytes and lichens in relation to substrate variables of decaying coniferous wood in Northern Sweden. Nordic Journal of Botany, 8: 89-97.

Stephenson, S.L., C. Tsui y A.W. Rollins. (2013) Methods for Sampling and Analyzing Wetland Fungi. En: Anderson, J.T. y C.A. Davis (eds.): Wetland Techniques: Volume 2: Organisms. Springer. Pp. 93-121

Will-Wolf, S., D.l. Hawksworth, B. Mccune, R. Rosentreter y H.J.M. Sipman. (2004) Lichenized Fungi. En: Mueller, G.M., Bills, G.F. y M.S. Foster (eds.). Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. Elsevier Academic Press. Pp 173-195.

Bibliografía sobre fauna

University of California, Berkeley (2011) AmphibiaWeb. Information on amphibian biology and conservation. Disponible en: http://amphibiaweb.org

Anónimo. (1999) Aves de Chile [sitio web] http://www.avesdechile.cl

Bibby, C., Burgess, N., Hill, D., y Mustoe, S. (2000) Bird census techniques. 2a edición, Academic Press.

Cei, J. (1962) Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Charrier, A. 2019. Guía de Campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Chile.

Demangel D, 2016. Guía de Campo Reptiles del centro sur de Chile. Corporación Chilena de la Madera.

Donoso-Barros R. (1966) Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.

Egli G. (2006) Voces de Aves Chilenas [Álbum fonográfico]. Aves Chile, Unión de Ornitólogos de Chile.

Figueroa R., Corales S., Cerda J. y Saldivia H. (2001) Roedores, rapaces y carnívoros de Aysén. Servicio Agrícola y Ganadero y Gobierno Regional de Aysén.

Galaz J. y Yáñez J. (2006) Los murciélagos de Chile: guía para su reconocimiento. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada, Santiago.

Garin, C. F y Y. Hussein. (2013) Guía de Reconocimiento de Anfibios y Reptiles de la Región de Valparaíso. Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], Chile.

Gonzalez, R., Montoya, J., Chacón de Ulloa, P., Zúñiga, M. C., Armbrecht, I., Carrejo, N., Torres, D., Posso, C., Valdés, S., Sarria, F., González, M., Calero, H., Mendivil, J, y Cardona, W. (2011) Protocolo para la obtención de datos de insectos. Protocolos de investigación en ecosistemas terrestres, intermareales, submareales y pelágicos para el Parque Nacional Natural Gorgona, 9-40.

González, W, C. Villarreal, R. Carranza y J. Gutiérrez (2022) Abundancia y diversidad de escorpiones, según la temporada, en Parque Nacional Altos de Campana, Panamá. Visión Antataura 6(1):53-71

Grimm-Seyfarth, A., Harms, W., y Berger, A. (2021) Detection dogs in nature conservation: A database on their world-wide deployment with a review on breeds used and their performance compared to other methods. Methods in Ecology and Evolution, 12(4): 568-579.

Karp, D. (2020) Detecting small and cryptic animals by combining thermography and a wildlife detection dog. Scientific reports, 10(1): 5220.

König C. y F. Weick. (2008) Owls of the world. 2a Edición. Yale University Press.

Iriarte A. (2008) Mamíferos de Chile. Lynx Edicions.

Jaramillo A. (2005) Aves de Chile, Lynx Edicions.

Lagerveld, S., Noort, C. A., Meesters, L., Bach, L., Bach, P., y Geelhoed, S. (2020) Assessing fatality risk of bats at offshore wind turbines (No. C025/20). Wageningen Marine Research.

Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz - Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S y Tala C (2013) Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología.

Marks J.S., R.J. Cannings y H. Mikkola. (1999) Family Strigidae (Typical owls). En J. del Hoyo, A. Elliott, y J. Sargatal (Eds) Handbook of the birds of the world. Volume 5. Barn Owls to hummingbirds. Lynx Ediciones.

Martínez-Piña D. y G. González-Cifuentes. (2017) Aves de Chile. Guía de Campo y Breve Historia Natural. Ediciones del Naturalista.

Mella J. (1999) Revisión bibliográfica sobre vertebrados terrestres posibles de encontrar en la XI Región de Aysén. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero Región de Aysén, Departamento de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Chile.

Mella (2017a) Guía de Campo Reptiles de Chile. Tomo 1. Zona Central. Santiago - Chile.

Mella (2017b) Guía de Campo Reptiles de Chile. Tomo 2. Zona Norte. Santiago - Chile.

Miller S. y Rottmann J. (1976) Guía para el reconocimiento de mamíferos chilenos. Expedición a Chile. Editorial Gabriela Mistral.

Muñoz-Pedreros A. y J. Yáñez (eds) (2009) Mamíferos de Chile. Segunda Edición. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales [CEA] Ediciones.

Nilsson, C., Dokter, A. M., Schmid, B., Scacco, M., Verlinden, L., Bäckman, J., Haase G., Dell'Omo G., Chapman J.W., Leijnse H., y Liechti, F. (2018). Field validation of radar systems for monitoring bird migration. Journal of Applied Ecology, 55(6), 2552-2564.

Núñez H. y Jaksic F. (1992) Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 43: 6-91.

Ortiz J. y Díaz-Páez H. (2006) Estado de conocimiento de los anfibios de Chile. Gayana 70: 114-121.

Osgood W. (1943) The mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoology Series 30: 1-268.

Penna M. (2005) Voces de anfibios de Chile [Álbum fonográfico]. Facultad de Medicina Universidad de Chile.

Pincheira D. y Núñez H. (2005) Las especies chilenas del género Liolaemus Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaminae) Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación ocasional del Museo Nacional de Historia Natural 59: 7-486.

Rabanal F. y Núñez J. (2008) Anfibios de los bosques templados de Chile. Universidad Austral de Chile.

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG]. (2012) Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre. SAG.

Servicio Agrícola y Ganadero [SAG]. (2015) Seguridad de las aves y ética del capturador y/o anillador Gobierno de Chile. Disponible en http://www.sag.gob.cl

Snoek RC. (2016) Technisch overzicht radar systemen offshore windparken. Rijkswaterstaat Zee en Delta. Disponible en WP2016_1023_Radarsystemen_OWF_R1r1.pdf (waterproofbv.com) (p60, nl)

Vidal M. y Labra A. (2008) Herpetología de Chile. Science Verlag Ediciones.

Vilina Y. y Cofré H. (2008a) Aves terrestres. En: CONAMA (Ed.) Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Pp. 246-257. Ocho Libros Editores.

Vilina Y. y Cofré H. (2008b) Aves acuáticas continentales. En: CONAMA (Ed.) Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Pp. 266-273. Ocho Libros Editores

Bibliografía sobre métodos para describir fauna

Angulo A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds.) 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo Nº 2. Panamericana Formas e Impresos S.A.

Botero J. (2005) Métodos para estudiar las aves. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) Chinchina, Caldas, Colombia. Biocarta 8: 1-1.

Boland, C. R., y Phillips, R. M. (2005). A small, lightweight, and inexpensive "burrowscope" for viewing nest contents of tunnel-nesting birds. Journal of Field Ornithology, 76(1), 21-26.

Bustamante R., Oporto P., Moraga V., Barrera F., Sepúlveda G. y Moreira D. (2009) Informe sobre mitigación de impacto ambiental en fauna silvestre: rescate y relocalización. Universidad de Chile y SAG.

Caycedo-Rosales, P. C., Ruiz-Muñoz, J. F., y Orozco-Alzate, M. (2013) Reconocimiento automatizado de señales bioacústicas: Una revisión de métodos y aplicaciones. Ingeniería y Ciencia, 9(18), 171-195.

Celis-Murillo, A., Deppe, J. L., y Allen, M. F. (2009). Using soundscape recordings to estimate bird species abundance, richness, and composition. Journal of Field ornithology, 80(1), 64-78.

Day D., Schemnitz S. y Taber R. (1987) Captura y marcación de animales silvestres. En: Rodríguez R. (Ed.) Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Pp. 63-94. The Wildlife Society, Maryland, USA.

De la Maza M. y C. Bonacic (Eds.) (2013) Manual para el Monitoreo de Fauna Silvestre en Chile. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hyder, B.M., Dell J. y Cowan M.A. (2010) Technical guide terrestrial vertebrate fauna surveys for environmental impact assessment. Environmental Protection Authority [EPA] y Department of Environment and Conservation, Australia.

Espinoza, L. (2008) Técnicas de muestreo de anfibios. Enlace 70 (diciembre).

Etcheverry M. y Herrera J. (1972) Curso teórico práctico de entomología. Editorial Universitaria.

Eyre, T. J., Ferguson, D. J., Hourigan, C. L., Smith, G. C., Mathieson, M. T., Kelly, A. L Venz MF, Hogan, LD y Rowland, J. (2018) Terrestrial vertebrate fauna survey assessment guidelines for Queensland. Department of Environment and Science, Queensland Government, Brisbane, 123.

Díaz-Pulido, A., y E. Payán. (2012) Manual de fototrampeo. Una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.

Fuller R. y Langlow D. (1984) Estimating numbers of birds by point count: How long should counts last?. Bird Study 31(3): 195-202.

Fuller M.R. y J.A. Mosher. (1981) Methods of detecting and counting raptors: a review. In: Ralph CJ y JM Scott (eds) Estimating the numbers of terrestrial birds. Pp. 235- 246. Studies in Avian Biology 6. 630 pp.

González L. y Cofre C. (1978) Técnicas para el análisis de contenido estomacal en roedores. Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural 266:3-11.

Halliday T. (1996) Amphibians. En: W. Sutherland (Ed.) Ecological census techniques Pp. 205- 217. Cambridge University Press.

Hidalgo-Mihart, M. G., y Olivera-Gómez, L. D. (2011) Radio telemetría de vida silvestre. Fauna Silvestre de México: Uso, Manejo y Legislación, 8, 165-202.

Hill, D., Fasham M., Tucker G., Shewry M. y Shaw P. (2005) Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring. Cambridge University Press.

Hutto, R. L., y Stutzman, R. J. (2009) Humans versus autonomous recording units: A comparison of point-count results. Journal of Field Ornithology, 80(4), 387-398.

Järvinen O. (1978) Estimating relative densities of land birds by point counts. Annales Zoologica Fennici 15: 290-293.

Jiménez J. (2000) Effect of sample size, plot size and counting time on estimates of avian diversity and abundance in a chilean rainforest. Journal Field Ornithology 71(1): 66-87.

Johnson M., Wofford H. y Pearson H. (1983) Microhistological techniques for food habits analyses. Research Paper SO-199. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Kunz T. y Kurta A. (1988) Capture methods and holding devices. En: Kuntz T. (Ed.) Ecological and behavioral methods for the study of bats. Pp. 1-29. Smithsonian Institution Press.

Manzanilla J. y Péfaur J. (2000) Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. Revista de Ecología Latinoamericana 7(1-2):17-30.

Marquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín sociedad entomológica Aragonesa, 37, 385-408.

Maza, M. D. L., y Bonacic, C. (2013) Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile.

Ministry of Environment, Lands and Parks of British Columbia. (1998) Wildlife radio-telemetry, standards for components of British Columbia's biodiversity N° 5.

Muñoz-Pedreros A. (2010) Huellas y signos de mamíferos de Chile. CEA Ediciones.

Murray M., Bell S. y Hoye G. (2002) Flora and fauna survey guidelines: lower hunter central coast region 2002. Lower Hunter & Central Coast Regional Environmental Management Strategy.

Narváez, V., y Zapata-Ríos, G. (2020) Manual para el muestreo de fauna silvestre con transectos lineales. Wildlife Conservation Society-Programa Ecuador, 1-18.

O'Connell, A. F., J. D. Nichols, y K. U. Karanth (Eds.) (2011) Camera traps in animal ecology. Methods and analyses. Springer Science.

Palacios, J., y Mejía, B. (2007) Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos. UNAM, Facultad de Ciencias.

Peña G. (2006) Introducción al estudio de los insectos de Chile. 7a Edición. Editorial Universitaria.

Ralph C., Geupel G., Pyle P., Martin T., DeSante D. y Milá B. (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. USDA Forest Service, General Technical Report. PSW-GTR-159- Web. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, USDA.

Reynolds R., Scott J. y Nussbaum R. (1980) A variable circular plot method for estimating bird numbers. Condor 82: 290-313.

Ruiz Gutiérrez, V., Berlanga García, H. A., Calderón Parra, R., Savarino Drago, A., Aguilar Gómez, M. Ā., y Rodríguez Contreras, V. (2020) Manual ilustrado para el monitoreo de aves silvestres.

Sandler, R. V., Falco, L. B., Di Ciocco, C., De Luca, R., y Coviella, C. E. (2010). Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiudoles típicos de la provincia de Buenos Aires. Ciencia del suelo, 28(1), 1-7.

Scottish Natural Heritage [SNH]. (2005) Survey methods for use in assessing the impacts of onshore windfarm on bird communities. SNH.

Thompson G. y Thompson S. (2011). General terrestrial fauna survey protocol. Edith Cowan University, Australia. Thompson W.L., White G.C. y Gowan Ch. (1998) Monitoring Vertebrate Populations. Academic Press

Trageser, S. J., Ghose, A., Faisal, M., Mro, P., Mro, P., y Rahman, S. C. (2017). Pangolin distribution and conservation status in Bangladesh. PloS one, 12(4), e0175450.

Villarreal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. y Umaña AM. S (2006) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Yáñez J. (2000) Capturas y recolectas. En: Muñoz-Pedreros A. y J Yáñez (Eds.) Mamíferos de Chile. Pp. 367-378. Ediciones Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile.


Servicio de
Evaluación
Ambiental
Gobierno de Chile