



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Gobierno de Chile

Protocolo inventario de biodiversidad de los ecosistemas forestales nativos



FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Sistema Integrado
de Monitoreo
de Ecosistemas
Forestales Nativos



Protocolo inventario de biodiversidad de los ecosistemas forestales nativos

Elaborado por: Gerardo Vergara, Carlos Bahamondez
y Rodrigo Sagardía
Instituto Forestal, Chile

Publicado por
la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
y
el Ministerio de Agricultura de Chile

Referencia requerida:

Vergara, G., Bahamondez, C. y Sagardía, R. 2021. *Protocolo inventario de biodiversidad de los ecosistemas forestales nativos. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI*. <https://doi.org/10.4060/cbo868es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o el Ministerio de Agricultura de Chile (MINAGRI), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o MINAGRI los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO o MINAGRI.

ISBN 978-92-5-133274-0 [FAO]

© FAO y MINAGRI, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es_ES.

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO o MINAGRI refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO o MINAGRI. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o MINAGRI. La FAO/MINAGRI no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en español será el texto autorizado".

Toda controversia que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación aplicables serán las del Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de la cubierta:

©Fugi-bis

Índice

Presentación	VII
Introducción	1
Capítulo 1: Unidades de biodiversidad	3
Objetivo del inventario	6
Protocolos de muestreo	6
Configuración de la unidad muestral	6
Muestreo del reino <i>Plantae</i>	8
Protocolo para formaciones zonales	8
Protocolo para formaciones azonales	9
Protocolo para flora	11
Protocolo para suelos	12
Muestreo de vertebrados	13
Aves	13
Micromamíferos	14
Meso- y macromamíferos	15
Anfibios y reptiles	16
Muestreo de artrópodos	17
Trampas de luz	17
Trampa de caída <i>Pitfall</i> o Barber	17
Red o manga entomológica	18
Referencias	19

Figuras

Figura 1: Diagrama de la grilla hexagonal y detalles de las unidades muestrales de Inventario Forestal Nacional	4
Figura 2: Visión general de 91 unidades potenciales de muestreo de Fase 1 del inventario continuo de ecosistemas forestales dentro del hexágono (Fase 2) ubicado en el sur de la Región de Coquimbo	5
Figura 3: Diagrama de la unidad muestral definida para las formaciones xerofíticas. Cada conglomerado está conformado por tres transectos en fajas de 200 m ² cada una y separadas por 120°, respectivamente	8

Figura 4: Distribución y tamaño de los transectos de muestreo y esquema demostrativo de aplicación del método Point Quadrat	9
Figura 5: Distribución del área de búsqueda de flora por punto de muestreo	11
Figura 6: Esquema de diseño de muestreo para aves	13
Figura 7: Esquema de diseño de muestreo para micromamíferos	14
Figura 8: Esquema de diseño de muestreo para meso- y macromamíferos	15
Figura 9: Ejemplo de cámara-trampa empleada en área piloto	15
Figura 10: Esquema de diseño de muestreo para anfibios y reptiles	16
Figura 11: Esquema de trampa de caída <i>Pitfall</i>	17
Figura 12: Ejemplo de red entomológica	18
Figura 13: Esquema de diseño de muestreo para artrópodos	18

Cuadros

Cuadro 1: Variables para caracterizar en cada unidad de muestreo (conglomerado)	7
Cuadro 2: Variables para registrar en cada una de las parcelas o transectos de línea	10
Cuadro 3: Variables para registrar de las especies dominantes con problemas sanitarios	10
Cuadro 4: Variables para registrar del componente suelo	12

Abreviaturas y siglas

CIREN	.....	Centro de Información Recursos Naturales
CONAF	.....	Corporación Nacional Forestal
DwC	.....	.Núcleo de Darwin
EPA	.....	Agencia de Protección Ambiental
FAO	.....	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FIA	.....	Inventario Forestal y Análisis
FMAM	.....	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
IFN	.....	Inventario Forestal Nacional
INFOR	.....	Instituto Forestal
RCE	.....	Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres
REV	.....	Relevamientos de Encuentros Visuales
SIMEF	....	Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos
TDWG	.....	Estándares de Información para la Biodiversidad
USGS	.....	Servicio Geológico de los Estados Unidos
UTM	.....	Sistema de Coordenadas Geográficas
WGS84	.....	Sistema Geodésico Mundial 1984



Presentación

El Sistema Integrado de Monitoreo y Evaluación de los Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF) es una iniciativa impulsada por los ministerios de Agricultura y de Medio Ambiente, ejecutada por el Instituto Forestal (INFOR) y coejecutada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Centro de Información en Recursos Naturales (CIREN). Cuenta con el apoyo y la supervisión de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Estado chileno.

Este proyecto nacional responde a la necesidad de contar con información integrada, estandarizada y actualizada sobre los ecosistemas forestales nativos de Chile, para lo cual se estableció un modelo de trabajo interinstitucional coordinado entre CONAF, CIREN e INFOR.

Su objetivo es apoyar con información actualizada para la toma de decisiones que aporten al uso sostenible de los recursos forestales nativos, y contribuir a una mejor calidad de vida de las comunidades que cohabitan con el bosque y de la sociedad en su conjunto.

A cuatro años de ejecución de la Iniciativa SIMEF, uno de los logros es haber ampliado en superficie la cobertura del Inventario Forestal Nacional, que ahora cubre más de 14 millones de hectáreas e incorpora territorios inexplorados de las islas al sur de Chiloé. A su vez, se expandió la concepción de inventario y monitoreo, incluyendo, junto con las dimensiones biofísicas, los componentes socioeconómicos y de biodiversidad que son consustanciales a los bosques nativos.

Otros logros sustantivos fueron la actualización y mejora de la metodología de evaluación del cambio de uso de la tierra, reduciendo su ciclo de actualización de cinco a dos años, lo que permitió, entre otras materias, dar una respuesta más eficiente a los compromisos internacionales de Chile en materia de cambio climático, y al mismo tiempo elaborar protocolos y manuales consensuados.

De esta manera, SIMEF pone al país a la vanguardia del conocimiento de sus bosques y ecosistemas forestales permitiendo evaluar, entre otros, el stock de carbono, así como los cambios y proyecciones del mismo en el tiempo, materia de alta trascendencia ante la situación que afecta al planeta.

La presente publicación refleja parte de las actividades y resultados alcanzados durante estos cuatro años de trabajo del SIMEF y pretende ser un aporte para la consolidación de un sistema de monitoreo de los ecosistemas forestales nativos de Chile.



Introducción

Esta iniciativa se enmarca dentro del proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF), el cual es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR). Además, tiene como coejecutores a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y al Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

El propósito principal de este componente consiste en hacer un inventario de la biodiversidad de los *Phyla Chordata* y *Arthropoda* del reino *Animalia* en ecosistemas terrestres de Chile que sea consistente y homologable con otros inventarios que el proyecto SIMEF realizará en el país.

El objetivo radica en coleccionar información de los grupos taxonómicos indicados de acuerdo con una aproximación en fases a partir de unidades de muestreo (Fase 1) contenidas en un diseño de grilla hexagonal de selección aleatoria (Fase 2), lo que permite contar con información actualizada, estandarizada y sistematizada para evaluar periódicamente, y en forma más precisa y confiable, la integridad y las tendencias de la biodiversidad en los ecosistemas del país, particularmente expuestas a factores críticos, como la degradación, el cambio climático y el cambio de uso del suelo.

De esta forma se busca aportar al desarrollo sustentable del país en beneficio de las comunidades locales que viven en torno al bosque nativo y de la sociedad en su conjunto.



© Eduardo Schmieda

Capítulo 1

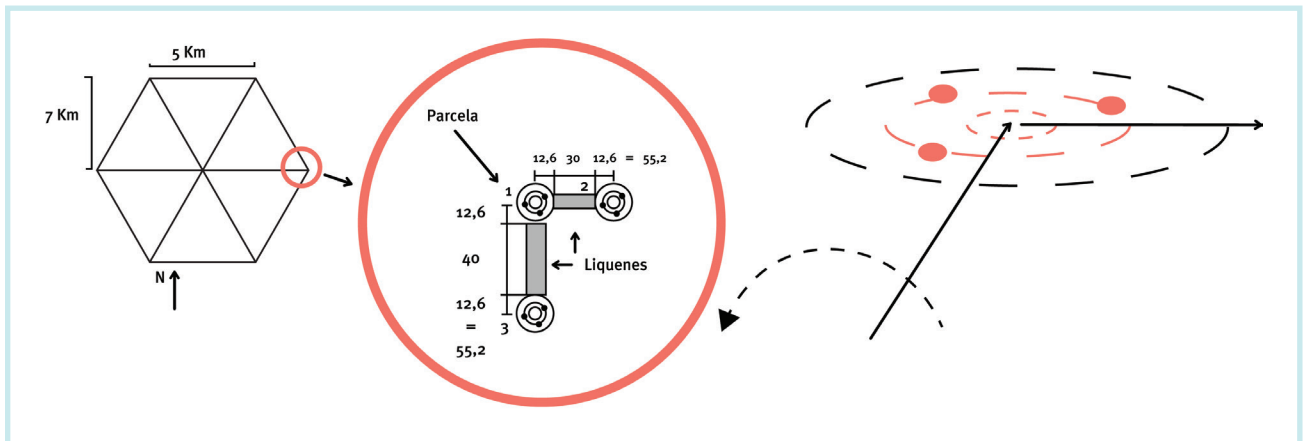
Unidades de biodiversidad

En Estados Unidos el uso de cuadrículas hexagonales se popularizó tras ser utilizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en su programa de monitoreo y evaluación del ambiente (Spence y White, 1992). Luego fueron adoptadas por el servicio forestal y su programa de Inventario Forestal y Análisis (FIA) y el programa de análisis de brechas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Sin embargo, este tipo de cuadrículas y su utilidad en el ámbito económico ya habían sido descritas en los años treinta por el geógrafo Walter Christaller (1933).

La selección de una grilla hexagonal por sobre otro tipo de unidades de organización para el inventario de biodiversidad se debió a que comparativamente es más sencilla de generar, además de ser apropiada para cubrir grandes extensiones geográficas, incluso a escala continental, sin verse afectada por distorsiones geométricas de significación (Turner *et al.*, 2012). Asimismo, gracias a su estructura jerárquica, este tipo de patrón hace posible el cambio de la densidad de la malla, en la que los hexágonos siempre presentan igual área y perímetro para cada unidad de muestreo, lo que redundaría en unidades estadísticamente similares (Polasky *et al.*, 2000) que facilitan el análisis (Basset y Edwards, 2003; Haila y Margules, 1996) y evitan sesgos asociados. Por la naturaleza de los hexágonos también es menos probable su coincidencia con límites administrativos, caminos y otros elementos creados por el ser humano, siendo aptos para definir variabilidad natural, especialmente cuando se trata de conjuntos de datos espacialmente heterogéneos (White *et al.*, 1992). Además, de las superficies regulares con las que se puede dividir un plano, los hexágonos corresponden a la forma más compacta con adyacencia uniforme; es decir, cada hexágono tiene un vecino con el cual comparte un lado, y cuyo centro es equidistante de los centros de sus vecinos (Sahr *et al.* 2003; Jurasinski, 2006).

De esta forma, para el levantamiento de datos de biodiversidad para distintos grupos taxonómicos se dividió la superficie nacional en unidades hexagonales, coincidentes con la malla triangular de 5 por 7 kilómetros del Inventario Forestal Nacional (IFN) (Figura 1).

Figura 1: Diagrama de la grilla hexagonal y detalles de las unidades muestrales del Inventario Forestal Nacional

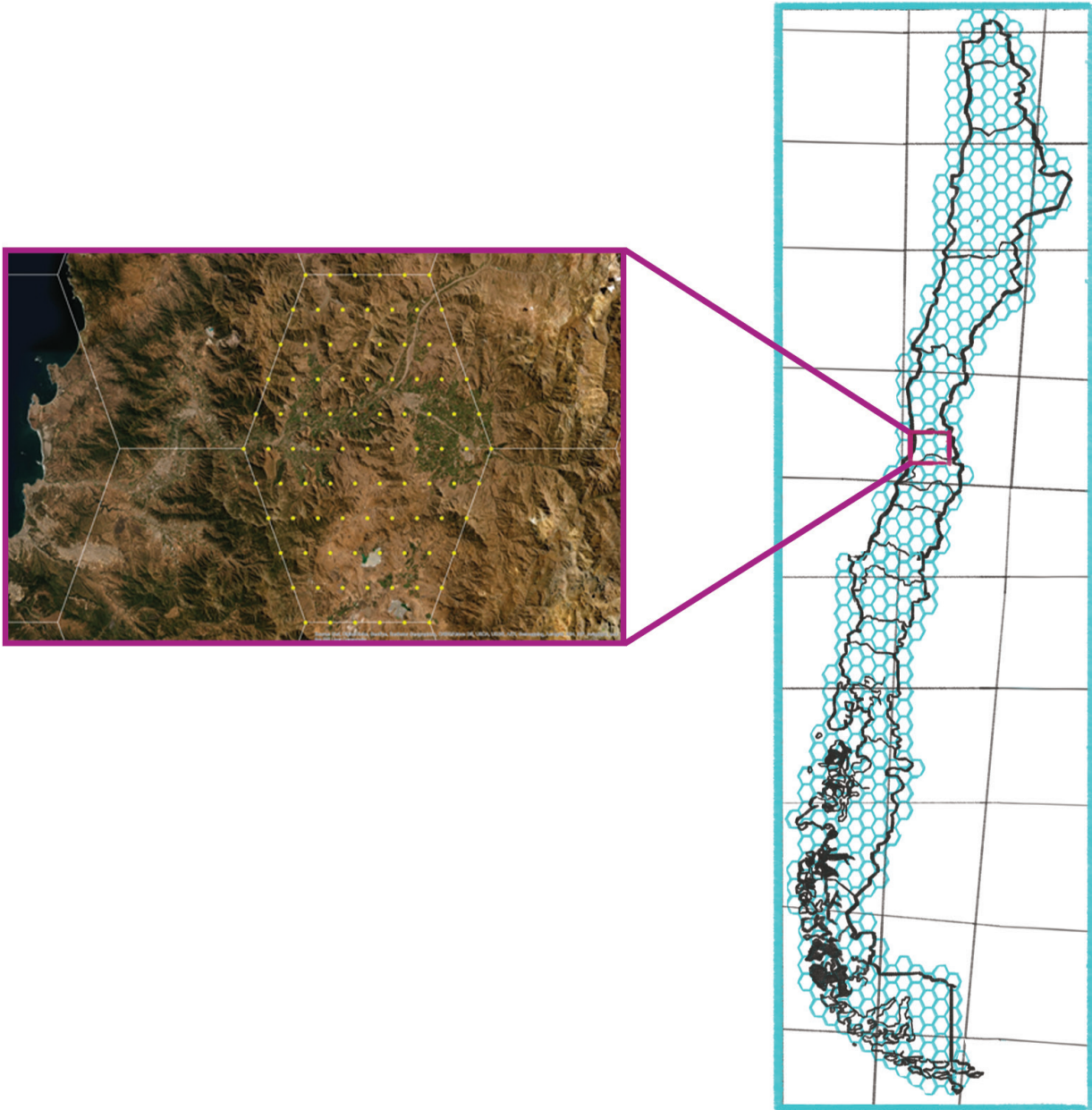


Fuente: Martin *et al.*, 2009.

De esta manera se generó una grilla de 444 unidades con una dimensión de 262 500 hectáreas cada una. La Figura 2 describe una visión general de cómo se distribuyen espacialmente las unidades hexagonales para el muestreo de biodiversidad. El tamaño seleccionado para cada hexágono tuvo por objeto organizar la toma de datos en unidades representativas que permitieran un manejo práctico del territorio a través del tiempo (Figura 2).



Figura 2: Visión general de 91 unidades potenciales de muestreo de Fase 1 del inventario continuo de ecosistemas forestales dentro del hexágono (Fase 2) ubicado en el sur de la Región de Coquimbo



Fuente: Imágenes de ArcGIS® de Esri. 2019. Modificado por INFOR. 2019.

El número potencial de unidades de muestreo dentro de cada hexágono se determina por la presencia de la malla sistemática país de 5 x 7 km, lo que genera un potencial de 91 puntos de muestreo. La cantidad de puntos de muestreo evaluados en terreno está en función de la extensión de formaciones vegetacionales nativas dentro de cada hexágono. La Figura 2 muestra el potencial de estos puntos dentro de la malla hexagonal.

Para facilitar el intercambio de información entre los distintos usuarios, el diseño de la base de datos de colectas considera el uso del estándar Darwin Core (DwC) —desarrollado por el Biodiversity Information Standarts (TDWG)—, el cual permite a los propietarios de los datos publicar información de biodiversidad en un lenguaje y formato que puede ser entendido y utilizado por todos.

Objetivo del inventario

El propósito principal que se persigue con este componente del proyecto es diseñar y ejecutar un inventario de la biodiversidad del Reino *Plantae* y los *Phyla Chordata* (vertebrados) y *Arthropoda* (invertebrados) del reino *Animalia* en ecosistemas terrestres asociados a formaciones vegetacionales en Chile. Para ello, se recolectará información de estos grupos taxonómicos de acuerdo con un diseño en fases basado en unidades de muestreo (Fase 1) contenidas en una grilla hexagonal de selección aleatoria (Fase 2), con lo que se establece una línea base nacional.

De esta manera, con el inventario de biodiversidad se busca contribuir al establecimiento de un método eficiente y consistente para la obtención de información (principalmente presencia/ausencia) sobre la biodiversidad terrestre de las especies y su respectiva condición de hábitat a escalas extensas de paisaje.

La información colectada permitirá el análisis, la elaboración y el uso de modelos de tendencias para identificar la distribución de especies, el endemismo y sus cambios en el territorio. Esto facilitará orientar las actividades de conservación y manejo.

Protocolos de muestreo

Con el protocolo nacional se pretende proveer consistencia a la recolección y análisis de datos dentro y entre las regiones del país con el fin de entender la distribución de las especies a escalas extensas. Sobre la base muestral de hexágonos descrita en la Figura 2, y considerando los puntos de muestreo incluidos dentro de cada hexágono (91 potenciales que se deben seleccionar), se presentan en forma sucinta los pasos metodológicos necesarios para lograr el objetivo propuesto.

Configuración de la unidad muestral

Una unidad muestral debe contemplar en su diseño aquellos elementos que permitan detectar —en el largo plazo— el estado y las tendencias de la biodiversidad asociada a formaciones vegetacionales en el país, incluyendo la diversidad de especies de vertebrados, invertebrados y flora (Cuadro 1).

Un paisaje es definido como un área con grupos de comunidades de plantas, fauna o ecosistemas que forman una unidad ecológica con una estructura, geomorfología y funciones distinguibles, las que han sido o están siendo afectadas por regímenes de disturbios (Noss, 1983).

Cuadro 1: Variables para caracterizar en cada unidad de muestreo (conglomerado)

Variable	Descripción
Identificación de la unidad	Identificar el número de la unidad al que pertenece, el RUT del jefe del equipo a cargo de los datos y la fecha en que fue prospectada.
Coordenadas y elevación	Coordenadas en UTM WGS84 Huso 19S al centro de la unidad muestral y elevación en metros sobre el nivel del mar.
Fotografías	Registros fotográficos en formato 4:3 con calidad de cinco megapíxeles del entorno, en sentido de los cuatro puntos cardinales en el siguiente orden: norte, este, sur y oeste.
Degradación	Evaluar el entorno en seis niveles, y según el criterio del equipo de trabajo: Nulo, Bajo, Bajo-Medio, Medio, Medio-Alto, Alto.
Estado evolutivo	Describir el estado evolutivo dominante de la formación vegetal perteneciente a la muestra y de acuerdo con la siguiente clasificación: Primario, Secundario y Terciario.
Factor de intervención antrópica	Identificar el tipo de intervención humana en el ambiente (1 km ² a la redonda desde el punto de muestreo): agrícola, vial, cacería, incendios, inmobiliaria, minería, pastoreo, plantaciones, otros no especificados (puede ser más de uno).
Grado de intervención antrópica	Categorizar el factor de intervención de acuerdo con el nivel de impacto: Nulo, Bajo, Bajo-Medio, Medio, Medio-Alto, Alto.
Obras civiles	Describir la presencia y clase de obras civiles incluidas en las inmediaciones al punto de muestra (1 km ² , aproximadamente): carreteras y caminos, cercos, casas, loteos, minas, embalses, otros no especificados (puede ser más de uno).
Agua	Describir la presencia de cuerpos de agua en la muestra, su origen y tipo; si es posible: salares, lagunas, ríos, embalses, estero, canal de regadío, vertiente, tranque, vegas.

Fuente: INFOR, 2019.

Muestreo del reino *Plantae*

El siguiente protocolo de muestreo está diseñado para abarcar dos tipos generales de formaciones vegetales xerofíticas, mientras que en las áreas dominadas por bosques se utilizará el protocolo del Inventario Forestal Nacional (IFN).

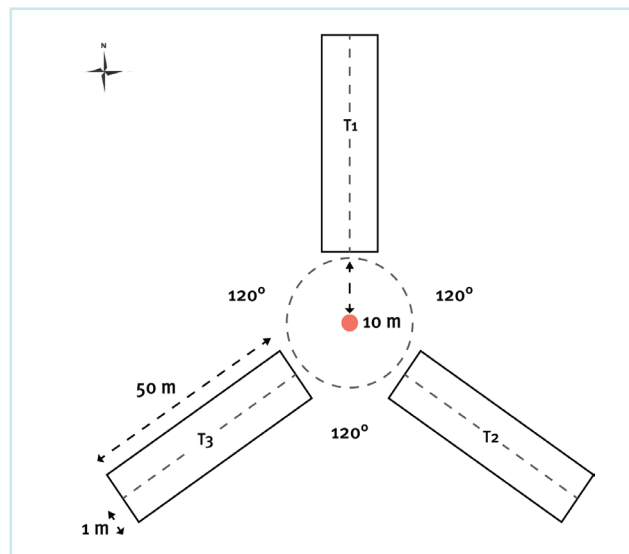
En el caso de formaciones xerofíticas se utilizan dos diseños diferentes: el primero para aquellas de tipo zonal, dominadas por especies leñosas, suculentas o herbáceas, y el segundo, para aquellas de tipos azonal, caracterizadas por áreas particulares de suelo, como vegas o bofedales, que están dominadas generalmente por especies herbáceas.

Protocolo para formaciones zonales

En cada parcela de muestreo se registrará la abundancia, cobertura (diámetro mayor y menor de la copa) y altura de todos los individuos de las especies pertenecientes al estrato superior dominante, de forma adicional se registrará la abundancia de las especies herbáceas presentes en el estrato inferior mediante un transecto de línea de 50 m que cruzará la parcela por su parte media. Se realizarán 100 conteos a intervalos de 50 cm. La cobertura total y específica de cada punto de muestreo se obtendrá promediando los valores registrados en cada una de las tres parcelas (Figura 3).

Figura 3: Diagrama de la unidad muestral definida para las formaciones xerofíticas. Cada conglomerado está conformado por tres transectos en fajas de 200 m² cada una y separadas por 120°, respectivamente

El diseño de muestreo está establecido a partir de tres parcelas rectangulares de 50 x 2 m, que abarca una superficie total de 300 m², ubicadas en un radio de 10 m desde el punto de muestreo. La parcela 1 (P₁) se localiza en sentido norte (0°), y las consiguientes P₂ y P₃ a 120° y 240° en sentido de las agujas del reloj, respectivamente (Figura 3). En cada parcela será registrada la pendiente dominante en grados para corrección de superficie horizontal.



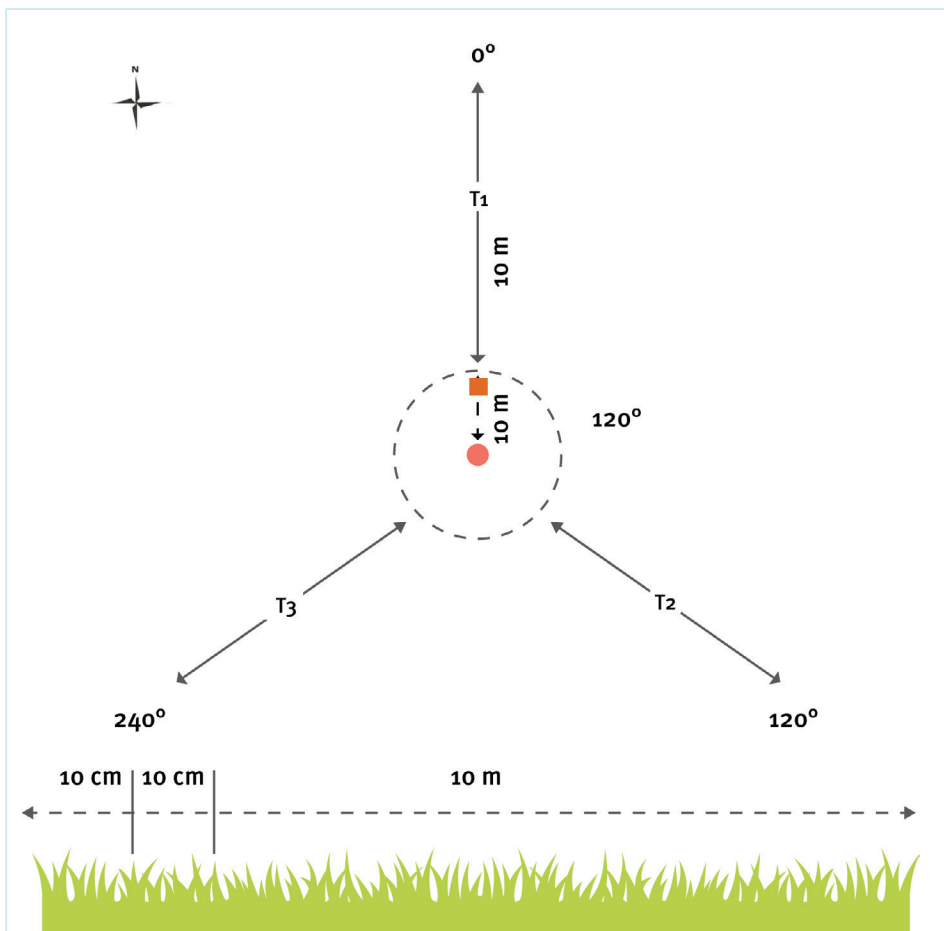
Fuente: INFOR, 2019.

Protocolo para formaciones azonales

El diseño de muestreo para formaciones azonales, como vegas y bofedales, se establece a partir de tres transectos lineales (técnica de observación y registro de datos) de 10 m de largo (Figura 4). Utilizando el método Point Quadrat, se realiza una medición cada 10 cm del individuo que intersecte con la línea de 10 m, identificándose a nivel de especie y obteniendo la altura total y vegetativa de cada una.

El diseño espacial definido para plantear la unidad de muestreo se detalla en Figura 4 a continuación:

Figura 4: Distribución y tamaño de los transectos de muestreo y esquema demostrativo de aplicación del método Point Quadrat



Fuente: INFOR, 2019.

La intersección con el suelo abierto o desnudo también debe ser registrada. En total se obtendrán 100 mediciones en cada transecto. La cobertura total y específica de cada punto de muestreo se obtendrá promediando los valores registrados en cada uno de los tres transectos.

De acuerdo con los diseños antes descritos (particularmente el de especies leñosas y columnares), se indican las variables que se deben medir o registrar de cada individuo seleccionado (Cuadro 2).

Cuadro 2: Variables para registrar en cada una de las parcelas o transectos de línea

Variables	Descripción
Especie	Se deberá registrar la especie a la que pertenece el individuo
Diámetro de copa	Se refiere al diámetro de la copa en los ejes mayor y menor (especies leñosas)
Altura total	Medición de la altura total del árbol hasta el ápice de la copa

Fuente: INFOR, 2019.

Cuadro 3: Variables que se deben registrar de las especies dominantes con problemas sanitarios

Variables	Descripción
Especie	Nombre científico de las especies afectadas
Estado	Enfermo o dañado
Agente causante	Pastoreo; Insectos herbívoros; Insectos taladradores; Hongos; Viento; Incendio; otros no especificados
Intensidad	Baja; Media; Alta; Severa

Fuente: INFOR, 2019.

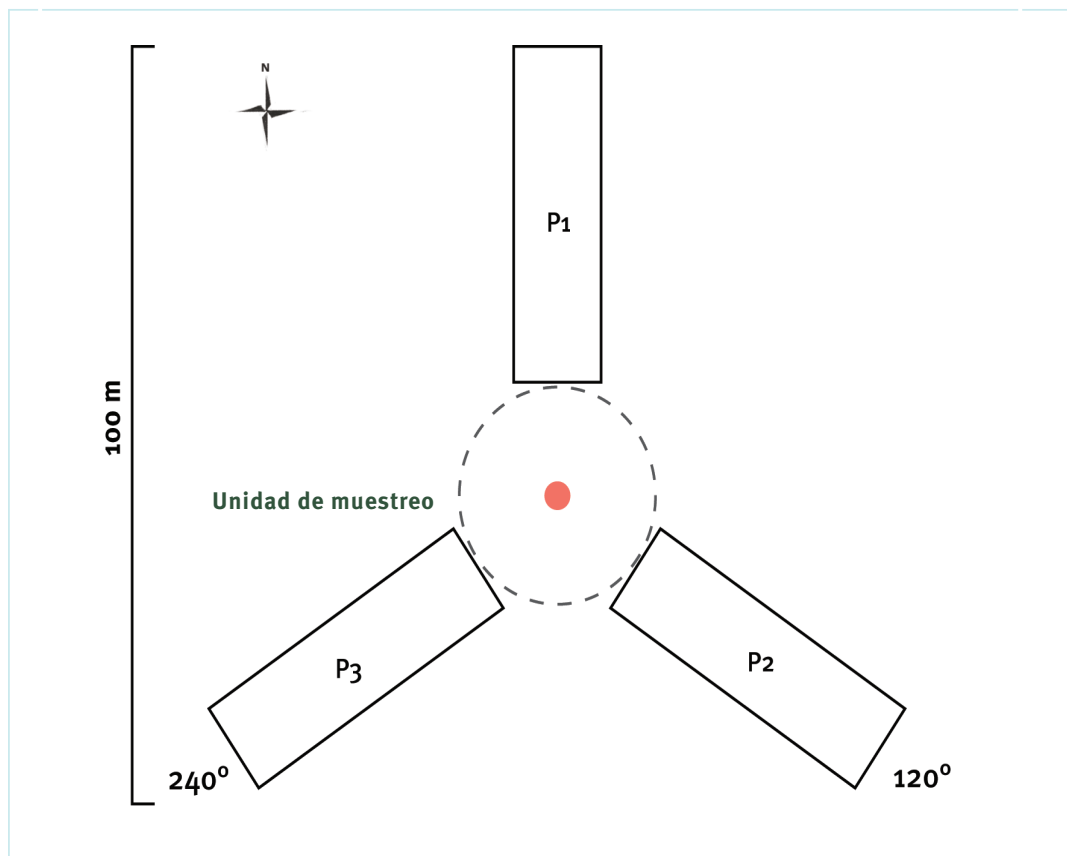


Protocolo para flora

El registro de la flora de cada unidad de muestreo se realizará tanto dentro como fuera de las parcelas y transectos de muestreo, teniendo como límite máximo de búsqueda una superficie de una hectárea (ha) restringida a un cuadrado de 100 m de lado y utilizando como centro el punto de muestreo de campo (Figura 5).

Adicional a ello, se registrará la flora amenazada, categorizada en el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente¹, en un rango aproximado de 1 km². Las muestras recolectadas serán inmediatamente dispuestas en una prensa con un identificador y su potencial nombre científico.

Figura 5: Distribución del área de búsqueda de flora por punto de muestreo



Fuente: INFOR, 2019.

¹ Lista de especies clasificadas desde el 1º al 12º Proceso de Clasificación RCE (actualizado a noviembre de 2016).

Protocolo para suelos

El componente suelo será analizado dentro de las tres parcelas o transectos de cada unidad de muestreo. Se hará una calicata (excavación realizada para apreciar el perfil del suelo) en condiciones desprovistas de vegetación en la parcela 1, con un máximo de profundidad de 50 cm, y se describirá el perfil del suelo por estratos, caracterizándose la textura, estructura, color y pH. En el mismo punto, previo a la calicata, se utilizará un penetrómetro para medir la compactación. De cada conglomerado se obtendrá una muestra compuesta de seis submuestras (dos de cada parcela) en cada condición (suelo abierto y bajo la especie dominante). Las muestras serán guardadas en bolsas para análisis físicos y en envases plásticos para análisis químicos posteriores. Adicional a ello, se obtendrá una muestra compuesta de hojarasca de la especie dominante.



A continuación, se detallan las variables que se utilizarán para el componente suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4: Variables que se deben registrar del componente suelo

Variables	Descripción
pH o reacción del suelo	Mide la acidez o alcalinidad del suelo a través de la medición de la concentración del ion hidrógeno.
Color	Como aproximación a las características del suelo, su origen y madurez, el color se clasificará por medio del Cuadro de Colores Munsell, y se realiza según 3 variables básicas: matiz, brillo y croma.
Textura	Se clasificará la textura en las siguientes clases: arenosa, limosa, arcillosa, franca y combinaciones.
Estructura	Sin estructura, laminar, prismática, en bloques y granular.
Compactación	Dato obtenido a través de un penetrómetro.
Pedregosidad	Proporción de piedras > 10 cm sobre el suelo (pedregosidad en porcentaje).
Rocosidad	Proporción de afloramientos rocosos (rocosidad en porcentaje).
Condición de humedad	Se aplicarán tres condiciones básicas para esta variable: 1. Seco, 2. Húmedo y 3. Saturado dependiendo de las condiciones iniciales de medición.

Muestreo de vertebrados

Aves

El objetivo del inventario de aves es proveer datos confiables acerca de su estatus y, en el futuro, sobre el cambio en la distribución y la frecuencia relativa de un gran número de aves terrestres. El método seleccionado para el inventario de aves corresponde al de “puntos de conteo”. En este caso se consideraron 5 estaciones de 50 m de diámetro (Figura 6).

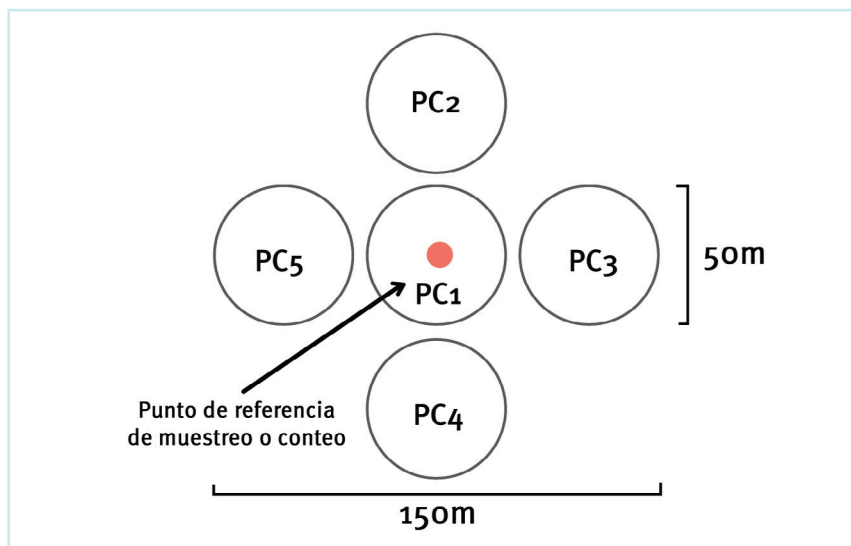


Los recuentos de aves se realizarán durante las primeras horas de la mañana (8:00 - 10:00 h) y al atardecer (17:00 - 19:00 h) en cinco estaciones puntuales de acuerdo con lo descrito por Ralph (1995) y Tellería (1986).

Cada estación tendrá un radio de 25 m y se contarán todas las aves vistas y escuchadas en cada una de ellas durante 10 min. Para la identificación y taxonomía de las especies se seguirá lo informado por Barros *et al.* (2015), Jaramillo (2005) y Muñoz *et al.* (2004).



Figura 6: Esquema de diseño de muestreo para aves



Fuente: INFOR, 2019.

Micromamíferos

Para los registros de micromamíferos se utilizarán trampas Sherman modelo estándar (75 x 85 x 240 mm), separadas cada 25 m (Figura 7).

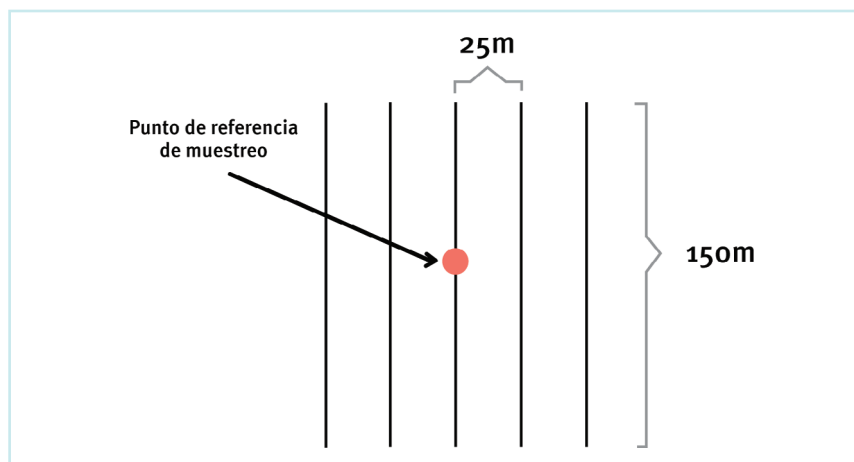
Se privilegiará el uso de este tipo de trampas porque en ellas se utiliza una técnica efectiva, eficiente y benigna para detectar tanto la presencia como la abundancia de la mayoría de las especies pequeñas de mamíferos.

Procedimiento:

- a. Las trampas se ubicarán en una grilla de 150 m, con un total de 29 de ellas en el área de muestreo.
- b. Las capturas se realizarán durante tres noches por sitio, utilizando avena machacada como cebo. Las trampas serán revisadas en la mañana y en la tarde.
- c. Los animales capturados se identificarán a nivel de especie de acuerdo con lo informado por Iriarte (2008), y Muñoz y Yáñez (2009). Además se obtendrán registros del sexo y peso corporal de los especímenes capturados.
- d. Para los registros de algunos micromamíferos (marsupiales, roedores) difíciles de observar se utilizará la metodología de reconocimiento de fecas, madrigueras, huesos en las fecas de carnívoros (*Lycalopex griseus*) y el análisis de egagrópilas de rapaces nocturnas.



Figura 7: Esquema de diseño de muestreo para micromamíferos



Fuente: INFOR, 2019.

Meso- y macromamíferos

Las prospecciones de meso- y macromamíferos se efectuarán mediante avistamientos directos e indirectos (presencia de huellas, fecas y entrevista a lugareños) y fotografías obtenidas a partir de dos cámaras-trampa (Foresman y Pearson, 1998), identificadas como CT1 y CT2, localizadas a 212 m de distancia sobre vértices contrarios en el área de muestreo (Figuras 8 y 9).

Debido a que los animales no serán marcados, solo se trabajará sobre la base de información de presencia/ausencia. Para la identificación taxonómica se seguirá lo informado por Iriarte (2008) Iriarte y Jaksic (2012), y Muñoz y Yáñez (2009). En el caso de los macromamíferos domesticados, se procederá a identificar y registrar el número de individuos presentes en los sitios de estudio.

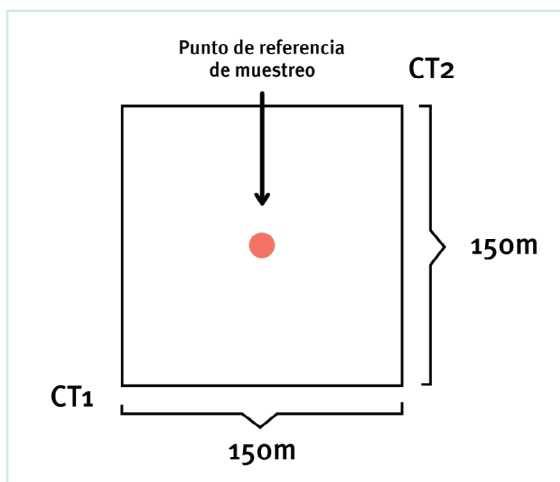


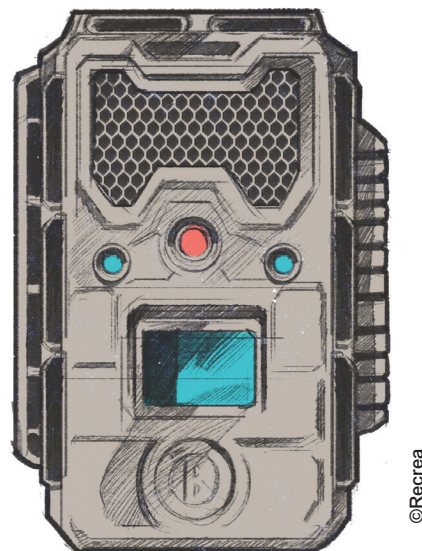
Figura 8: Esquema de diseño de muestreo para meso- y macromamíferos

Fuente: INFOR, 2019.

En total se ubicarán dos cámaras trampa a 212 m de distancia cada una, sobre los vértices opuestos del área de muestreo, como se indica en la figura adjunta. Las cámaras-trampa que se mantienen en el punto de muestreo por un período de siete días durante los meses de primavera o verano, utilizan cebo olfatorio y trampa de huellas, además de rastreo de muestras biológicas (fecas, pelo, etc.).

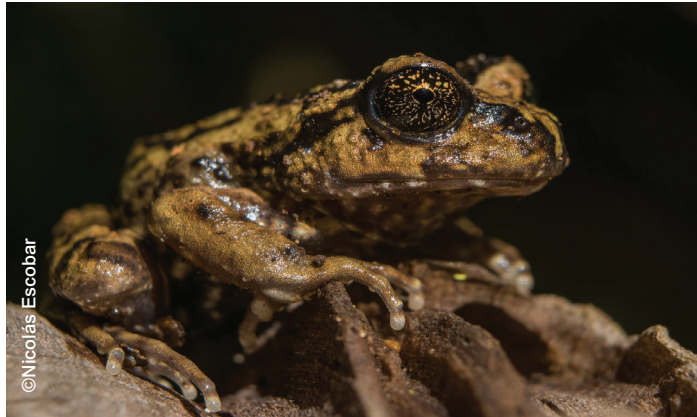
Figura 9: Ejemplo de cámara-trampa empleada en área piloto

Fuente: INFOR, 2019.



Anfibios y reptiles

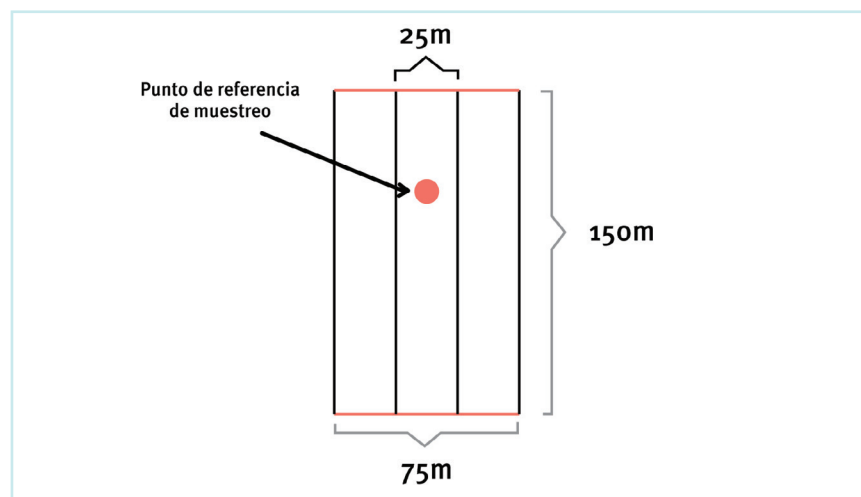
Existen múltiples técnicas para inventariar y monitorear anfibios y reptiles, sin embargo, se empleará la técnica de Relevamientos de Encuentros Visuales (REV) (Campbell y Christman, 1982; Heyer *et al.*, 1994) por su amplia utilidad en cuanto a eficacia en todas las condiciones de hábitat y por su facilidad de implementación (Crosswhite *et al.*, 1999).



En los sitios de estudio se recorrerán cuatro transectos de 150 m de largo, separados cada 25 m, en dirección norte-sur (Figura 10).

La búsqueda se realizará entre las 10:00 y las 14:00 horas, y se utilizará el número máximo de individuos registrados por especie. La determinación de los reptiles seguirá lo informado por Veloso y Navarro (1988), Núñez (1992), Vidal y Labra (2008) y Demangel (2016), y la de anfibios, por Veloso y Navarro (1988) y Vidal y Labra (2008).

Figura 10: Esquema de diseño de muestreo para anfibios y reptiles



Fuente: INFOR, 2019.

Muestreo de artrópodos

El inventario de artrópodos está destinado principalmente a identificar (presencia/ausencia) y a determinar la abundancia relativa de especies pertenecientes a las clases *Insecta* y *Arachnida*, incluyendo además a los subfilos *Myriapoda* y *Crustacea* en ambientes terrestres.

Se identifica a continuación una lista de los principales métodos de muestreo que se utilizarán para el inventario de artrópodos:

Trampas de luz

Consisten en una sábana o pieza de tela blanca dispuesta verticalmente, junto a la cual se coloca una fuente de luz que atrae a los insectos. Normalmente se usan tres puntos de luz, uno a cada lado de la sábana y un tercero más alto, que se utiliza para atraer a larga distancia. Este método de muestreo es más bien cualitativo, y en él, la cantidad de trampas por sitio o el número de horas permiten lograr un diseño semicuantitativo con fines comparativos (Ramírez, 2010).

Trampa de caída *Pitfall* o Barber

Esta trampa se usa para hacer el muestreo de los insectos que se encuentran en la superficie del suelo (ej.: hormigas, coleópteros y microhimenópteros ápteros) y está principalmente dirigida al ensamble de artrópodos caminadores (Cepeda Pizarro *et al.*, 2005, 2005b). Sin embargo, se ha documentado que en ecosistemas desérticos pueden realizar capturas representativas de especies de insectos voladores y fitófagos (Pietruszka, 1980; Cepeda Pizarro *et al.*, 2005a, 2005b).

Figura 11: Esquema de trampa de caída *pitfall*



©Recrea

Fuente: INFOR, 2019.

Cada trampa consiste en un dispositivo formado por dos vasos plásticos dispuestos uno dentro del otro, con fácil remoción del vaso interior. Las dimensiones de ambos vasos son 7,4 y 7,6 cm de diámetro x 10,2 y 12,0 cm de alto, respectivamente (Figura 11). En el vaso interior se vierte una mezcla de formalina (3%), glicerina y agua con detergente doméstico (30%), en una proporción de 3:1:6, respectivamente, hasta los dos tercios de su capacidad. Las trampas operan durante tres días.

Siguiendo la propuesta de Chely y Corley (2010), se instalarán además cuatro trampas *pitfall* a 50 m de distancia desde el punto de referencia de muestreo de acuerdo con la figura anterior.

Red o manga entomológica

La red entomológica será utilizada principalmente para capturar insectos voladores (Figura 12).

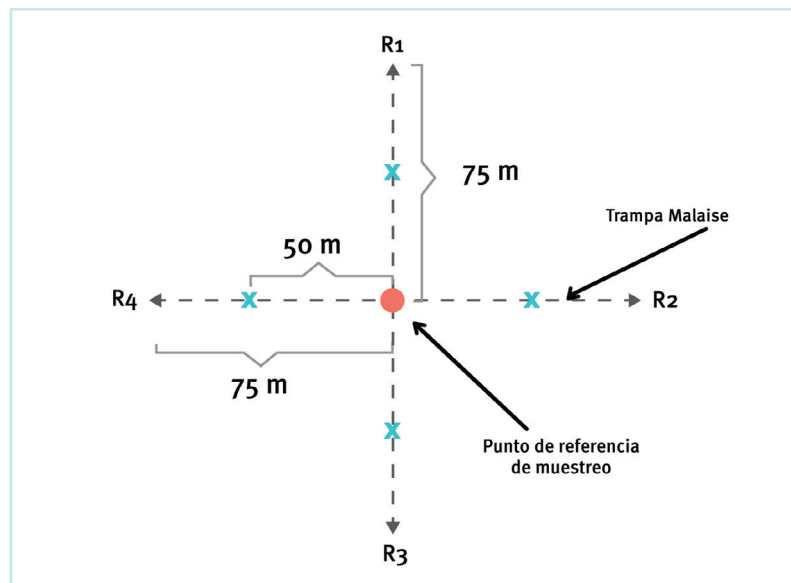
Figura 12: Ejemplo de red entomológica



Fuente: INFOR, 2019.

El muestreo de artrópodos se realizará de acuerdo con el siguiente diagrama, ubicando una trampa Malaise en el punto de referencia de muestreo (Figura 13).

Figura 13: Esquema de diseño de muestreo para artrópodos



Fuente: INFOR, 2019.



Referencias

- Arroyo, M.T.K., Castor, C., Marticorena, C., Muñoz, M., Cavieres, L., Matthei, O., Squeo, F.A., Grosjean, M., y Rodríguez, R. 1998. *The flora of Lullailaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the Northern Chilean Andes*. Gayana Botánica 55: 93-110.
- Barros, R., Jaramillo, A., y Schmitt, F. 2015. *Lista de Aves de Chile 2014*. La Chiricoca 20: 80-100.
- Bassett, S., y Edwards, T. 2003. *Effect of different sampling schemes on the spatial placement of conservation reserves in Utah, USA*. Biological Conservation 113: 141-151.
- Caldas, A., y Robbins, R.K. 2003. *Modified Pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity*. Biological Conservation 110: 211-219.
- Campbell, H.W., y Christman, S.P. 1982. *Field techniques for herpetofaunal community analysis*. In: Scott, N.J., Jr., ed. Herpetological communities. Wildlife Research Report 13. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service: 193-200.
- Cepeda-Pizarro, J., Pizarro-Araya, J., y Vásquez, H. 2005a. *Composición y abundancia de artrópodos epigeos del Parque Nacional Llanos de Challe: impactos del ENOS de 1997 y efectos del hábitat pedológico*. Revista Chilena de Historia Natural 78: 635- 650.
- Cepeda-Pizarro, J., Pizarro-Araya, J., y Vásquez, H. 2005b. *Variación en la abundancia de Arthropoda en un transecto latitudinal del desierto costero transicional de Chile, con énfasis en los tenebriónidos epigeos*. Revista Chilena de Historia Natural 78: 651-663.
- Cheli, G.H., y Corley, J.C. 2010. *Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pit-fall traps in arid steppes*. Neotropical Entomology 39 (6): 912-917.
- Christaller, W. 1933. *Central Places in Southern Germany*. PrenticeHall, New Jersey. EnglewoodCliffs.
- Crosswhite, D.L., Fox, S.F., y Thill, R.E. 1999. *Comparison of methods for monitoring reptiles and amphibians in upland forests of the Ouachita Mountains*. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science 79: 45-50.

- Demangel, D. 2016. *Reptiles en Chile*. Santiago de Chile. Fauna Nativa. Ediciones.
- Foresman, K.R., y Pearson, D.E. 1998. *Test of proposed survey methods for the detection of wolverine, lynx, fisher, and American marten in the Bitterroot National Forest*. Journal of Wildlife Management 62: 1217-1226.
- Haila, Y., y Margules, C.R. 1996. *Survey research in conservation biology*. Ecography. 19: 323-331.
- Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W. et al., eds. 1994. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. 364.
- Hill, D., Fasham, M., Tucker G., Shewry, M., y Shaw, P. 2005. *Handbook of biodiversity methods: survey, evaluation and monitoring*. Cambridge University Press.
- Jaramillo, A. 2005. *Aves de Chile*. Barcelona, España. Lynx Ediciones.
- Jurasinski, G., y Beierkuhnlein, C. 2006. *Spatial patterns of biodiversity-assessing vegetation using hexagonal grids*. Biol. Environ. Proc. R. Irish Acad., 106B: 401-411.
- Iriarte, A. 2008. *Mamíferos de Chile*. Barcelona, España. Lynx Ediciones.
- Iriarte, A., y Jaksic, F. 2012. *Los carnívoros de Chile*. Ediciones Flora y Fauna, Caseb. Santiago de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Manley, P.N., Van Horne, B., Roth, J.K., Zielinski, W.J., McKenzie, M.M., Weller, T.J., Weckerly, F.W., y Vojta, C. 2006. *Multiple species inventory and monitoring technical guide*. Gen. Tech. Rep. WO-73. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office. 204.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2019. *Clasificación de especies*. (Disponible en: <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/>) Acceso: 5 de enero de 2020.
- Muñoz, A., y Yáñez, J. 2009. *Mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile. Ediciones CEA.
- Muñoz, A., Rau, J., y Yáñez, J. 2004. *Aves Rapaces de Chile*. Valdivia, Chile. Ediciones CEA.
- Núñez, H. 1992. *Geographical data of Chilean lizards and snakes in Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile*. Smithsonian Herpetological Information Service N.o 91.
- Pietruszka, R.D. 1980. *Observations on seasonal variation in desert arthropods in central Nevada*. Great Basin Naturalist 40: 292-297.
- Polasky, S., Camm, J.D., Solow, A.R., Csuti, B., White, D., y Ding, R. 2000. *Choosing reserve networks with incomplete species information*. Biological Conservation 94: 1-10.
- Ramírez, A. 2010. *Métodos de recolección*. Revista de Biología Tropical 58: 41-50.
- Sahr, K., White, D., y Kimerling, A.J. 2003. *Geodesic discrete global grid systems*. Cartography and Geographic Information Science 30: 121-134.
- Spence, M., y White, D. 1992. *EMAP sampling grid technical report*. Corvallis, OR: ManTech Environmental Technology, Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory. 64.
- Turner, W.R, Brandon, K., Brooks, T.M, Gascon, C., Gibbs, H.K., Lawrence, K., Mittermeier, R.A., y Selig, E.R. 2012. *The potential, realised and essential ecosystem service benefits of biodiversity conservation*. Biodiversity Conservation and Poverty Alleviation: Exploring the Evidence for a Link, 2012: 21-35.
- White, D., Kimerling, A.J., y Overton, W.S. 1992. *Cartographic and geometric components of a global sampling design for environmental monitoring*. Cartography and Geographic Information Systems 19 (1): 5-21.

Este documento forma parte de una serie de 21 publicaciones técnicas y refleja algunas de las actividades y resultados alcanzados durante cinco años de trabajo del proyecto Sistema Integrado de Monitoreo y Evaluación de los Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF), una iniciativa del Gobierno de Chile, con apoyo técnico de la FAO y financiamiento del Fondo para el Medioambiente Mundial (FMAM). La iniciativa ha implementado un inventario nacional incorporando las dimensiones biofísicas, socioeconómicas, biodiversidad y el cambio de uso de la tierra, consolidando finalmente un sistema de monitoreo y la evaluación del stock de carbono de los bosques chilenos.

Estas publicaciones se agrupan en protocolos técnicos, que sistematizan las diversas modalidades de inventario de los ecosistemas forestales nativos; informes técnicos con presentación de los resultados producto de la aplicación de estos protocolos y también se entrega un conjunto de manuales técnicos útiles para profesionales y propietarios en su trabajo de campo.

ISBN 978-92-5-133274-0



9 789251 332740

CB0868ES/1/02.21