



2025

GUÍA PARA EL DISEÑO DE MUESTREO DEL INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD EN PROYECTOS DE RESTAURACIÓN

Versión 1.0
08 de mayo del 2025





CONTENIDO

Introducción	3
I. Principios generales	4
I.1. Representatividad	4
I.2. Replicabilidad	4
I.3. Precisión y exactitud	4
I.4. Transparencia y credibilidad.....	4
II. Planificación del diseño de muestreo	5
II.1. Delimitación de las áreas de muestreo para el inventario de flora y fauna.....	5
II.2. Definición de las unidades de muestreo y tamaño de la muestra	5
III. Metodologías para el inventario de flora y fauna	6
III.1. Inventario de flora	8
III.2. Inventario de fauna por métodos directos	9
III.2.1. Avifauna	9
III.2.2. Reptiles	11
III.2.3. Mamíferos	11
III.3. Inventario de fauna por métodos indirectos	11
III.3.1. Cámaras trampa.....	11
III.3.2. Sensores bioacústicos.....	12



INTRODUCCIÓN

La presente guía establece la metodología para el **diseño de muestreo del inventario de biodiversidad en proyectos de restauración** que generan **Créditos Verificados Basados en la Biodiversidad (VBBC)** en el marco del Ases On-Chain Protocol (aOCP)¹. Esta guía tiene como objetivo garantizar que las actividades de muestreo se realicen de manera estandarizada, permitiendo obtener datos precisos, replicables y representativos que reflejen el impacto positivo de las acciones de restauración sobre la biodiversidad.

Los proyectos de restauración que generan VBBC buscan recuperar áreas degradadas, mejorar la calidad del hábitat y promover la regeneración natural, contribuyendo al mantenimiento y aumento de la diversidad biológica. En este contexto, un adecuado diseño de muestreo es esencial para evaluar los cambios en las condiciones del ecosistema y para garantizar la transparencia y credibilidad de los resultados reportados.

Esta guía está dirigida a Desarrolladores de Proyectos en proceso de certificación que deberán realizar el inventario de biodiversidad en las áreas de restauración como lo estipula el estándar Ases On-Chain Protocol, asegurando que los métodos utilizados sean adecuados y alineados con los lineamientos del programa.

Se incluye una descripción detallada de los principios, metodologías y procedimientos que deben seguirse en el campo, así como los formatos y protocolos de recolección de datos que garantizarán la calidad y confiabilidad del inventario de biodiversidad. Al seguir las directrices aquí establecidas, el desarrollador de proyecto podrá garantizar un inventario completo y preciso que responda a los objetivos de restauración deseados, con el fin de cuantificar los beneficios reales del proyecto.

¹ <https://www.nat5.bio/wp-content/uploads/2023/12/aOCP-Methodology-for-biodiversity-assessment-V2.0.pdf>



I. PRINCIPIOS GENERALES

El diseño de muestreo para proyectos de restauración deberá estar basado en los siguientes principios fundamentales:

I.1. REPRESENTATIVIDAD

El diseño de muestreo debe garantizar que las muestras seleccionadas reflejen adecuadamente las condiciones de la flora y fauna del área de restauración. Esto implica considerar la heterogeneidad del ecosistema y asegurar que todas las unidades de muestreo sean seleccionadas de manera que proporcionen una visión completa de la biodiversidad presente.

I.2. REPLICABILIDAD

El diseño de muestreo debe permitir que los procedimientos puedan ser replicados en futuras evaluaciones del área de restauración. Para ello, se deben documentar claramente las metodologías utilizadas, las ubicaciones de las unidades de muestreo y las condiciones ambientales durante la toma de datos.

I.3. PRECISIÓN Y EXACTITUD

Las técnicas de muestreo deben minimizar los errores de medición y proporcionar datos confiables. La precisión se refiere a la consistencia de los resultados entre diferentes muestras, mientras que la exactitud implica que las mediciones reflejen de manera correcta las características del ecosistema.

I.4. TRANSPARENCIA Y CREDIBILIDAD

Todos los procedimientos de muestreo deben ser transparentes y auditables. Esto incluye una documentación clara de las metodologías empleadas, los criterios de selección de áreas de muestreo y las técnicas de análisis de datos. Garantizar la transparencia permite que los resultados sean verificados por terceros, fortaleciendo la credibilidad del proyecto.

II. PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO DE MUESTREO

II.1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE MUESTREO PARA EL INVENTARIO DE FLORA Y FAUNA

El área de muestreo para el inventario de flora y fauna estará conformada por la zona del polígono de proyecto de restauración y un área de influencia adicional de 200 metros alrededor del proyecto. Esta área de influencia permitirá realizar un análisis comparativo entre las condiciones previas a la intervención del proyecto y las condiciones actuales, proporcionando un contexto ecológico más completo.

El área de influencia de 200 metros será trazada como un polígono que rodee el límite del proyecto, permitiendo diferenciar claramente entre el área de intervención y la zona de referencia.

II.2. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

Las unidades de muestreo para el inventario de flora y fauna en el área de proyecto, así como en el área de influencia, seguirán un diseño rectangular (parcelas) con un trazo de 50 x 20 m (1,000 m²).

Para determinar el tamaño de la muestra en los proyectos aplicables a los VBBC por restauración, se utilizará el método de precisión, confiabilidad e intensidad de muestreo propuesto por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el documento *Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia inicial de las plantaciones forestales comerciales (aspectos técnicos)*², que sugiere las intensidades de muestreo presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Intensidad de muestreo sugerida

Tamaño del estrato o plantación (ha)	Intensidad de muestreo (% del área total)	Número de sitios por hectárea (n)	Distanciamiento entre sitios (m)
1 a 3	2,5	2,5	63
3.1 a 6.0	2	2	71
6.1 a 10.0	1,5	1,5	82
10.1 a 20.0	1	1	100
20.1 a 50.0	0,75	0,75	115
>50.0	0,5	0,5	140

A partir de lo presentado en la Tabla 1 Intensidad de muestreo sugerida, la definición del número de sitios a muestrear se determina utilizando la siguiente ecuación:

²https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121086/Metodologia_para_realizar_y_presentar_informes_ISI.pdf



$$P = \frac{S \cdot \frac{n}{100}}{Q}$$

P = Número de sitios a muestrear

S = Superficie total a muestrear

n= Número de sitios por ha

Q= Superficie del cuadrante de muestreo

Una vez determinada la cantidad de muestras, se generarán los puntos aleatorios dentro de cada zona: polígono de proyecto y área de influencia, proporcionándole al Desarrollador de Proyecto una tabla que indicará la coordenada central de cada parcela o unidad de muestreo y el archivo en formato geográfico (kml), describiendo su clave de identificación y la zona a la que corresponde (zona de proyecto o área de influencia). Dichos datos deberán ser considerados por el Desarrollador de Proyecto durante el inventario para mantener el orden en los datos levantados.

Los puntos establecidos sirven como guía inicial para el desarrollo del inventario. No obstante, el especialista a cargo podrá ajustar la ubicación de un punto si considera que, por razones de accesibilidad u otros factores, es necesario reubicarlo. Estos ajustes deberán realizarse siempre y cuando se mantenga dentro de los límites definidos del área de proyecto o área de influencia. Es fundamental que se registre la nueva coordenada del punto, ya que el muestreo posterior se llevará a cabo en esta ubicación modificada.

III. METODOLOGÍAS PARA EL INVENTARIO DE FLORA Y FAUNA

El inventario de biodiversidad es un elemento esencial para la certificación en el aOCP y para el monitoreo de los proyectos ya que mediante éste el desarrollador de proyecto brindará toda la información y datos necesarios para evaluar y cuantificar los beneficios del proyecto sobre la restauración de la biodiversidad.

La realización de inventarios de flora y fauna para caracterizar adecuadamente un hábitat requiere considerar la variabilidad estacional de las especies y el ecosistema. Cada estación del año, dependiendo de la región donde se localiza el proyecto, presenta condiciones ambientales y patrones de comportamiento específicos que influyen en la presencia, abundancia y visibilidad de las especies (Tabla 2).

Tabla 2. Inventarios en distintas temporalidades

Estación	Patrones de comportamiento	
	Flora	Fauna
Invierno	Muchas plantas se encuentran en estado de latencia, con follaje reducido o ausente, lo que dificulta su identificación. Sin embargo, es una buena época para observar especies leñosas, frutos secos y estructuras reproductivas como conos o flores invernales.	Algunos animales hibernan o migran, reduciendo la diversidad observable. Sin embargo, es una buena época para detectar huellas, madrigueras y otros indicios de presencia de fauna.
Primavera	La primavera es el momento de máxima floración para muchas especies, lo que facilita su identificación y registro. Es una época ideal para observar herbáceas, árboles y arbustos en flor.	La actividad de la fauna aumenta con la llegada de la primavera, lo que permite una mayor observación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Es una buena época para realizar censos auditivos y visuales.
Verano	Cuando la disponibilidad de agua lo permite, la vegetación alcanza su máximo desarrollo en verano, lo que puede dificultar la observación de algunas especies de sotobosque. Sin embargo, es una buena época para observar frutos maduros y semillas.	La actividad de la fauna sigue siendo alta en verano, lo que permite una buena observación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Es una buena época para realizar censos directos y muestreos con trampas.
Otoño	Muchas plantas comienzan a perder sus hojas y frutos, lo que dificulta su identificación. Sin embargo, es una buena época para observar hongos y líquenes.	La actividad de la fauna disminuye con la llegada del otoño, lo que reduce la diversidad observable. Sin embargo, es una buena época para observar aves migratorias y mamíferos en preparación para la hibernación.

El aOCP solicita a los desarrolladores de proyectos inventarios que permitan obtener registros completos de flora y fauna con el objetivo de contar con una base de datos sólida y robusta. Por ello, los inventarios deberán apegarse al calendario establecido en la Figura 1, en proyectos localizados en América Central, sugiriéndose la realización entre los meses de abril a julio dado que es el periodo más favorable que permitirá inventariar de forma general a la flora y la fauna del proyecto.

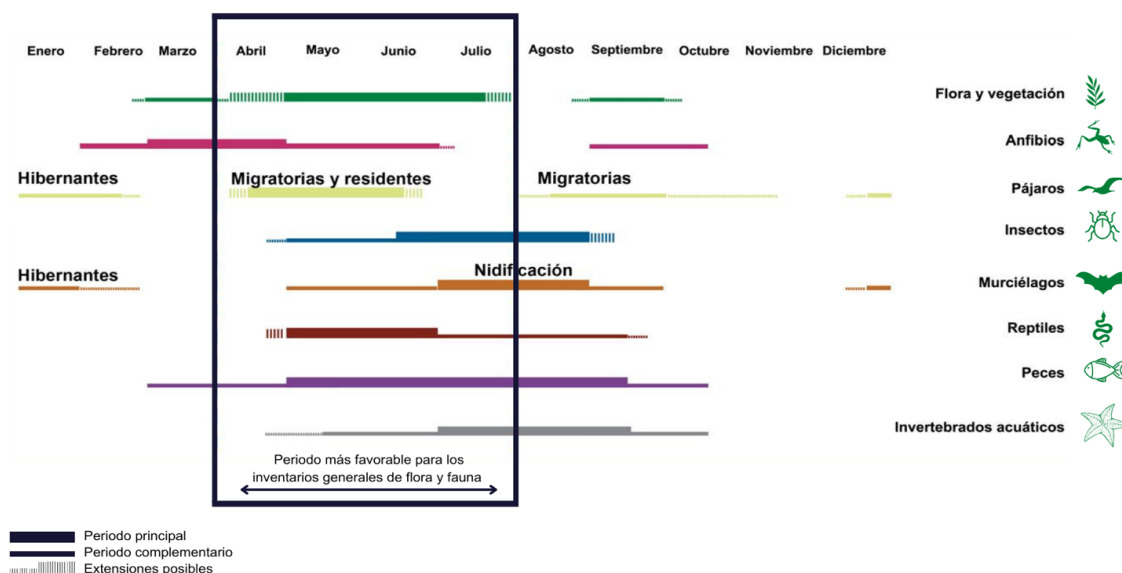


Figura 1. Calendario para la realización de los inventarios en el área de proyecto

III.1. INVENTARIO DE FLORA

En cada unidad de muestreo el desarrollador de proyecto deberá capturar los siguientes datos:

- Clave de la unidad de muestreo
- Coordenadas geográficas
- Fecha de inicio (día/mes/año)
- Responsable del levantamiento de la información
- Fisiografía de la unidad (Valle, terraza, planicie, meseta, ladera, lomerío)
- Uso actual del suelo
- Registro de individuos, debiendo **identificar claramente** los individuos que corresponden a la plantación realizada por el proyecto (IP) de aquellos que ya estaban previamente (INP):



1. **Estrato arbóreo:** Se contabilizará todo el arbolado dentro de la parcela de muestreo, identificando número de individuos por especie (≥ 7.5 cm a 1.30 m sobre la superficie del suelo);
2. **Estrato arbustivo:** Se contabilizará la frecuencia de todos los individuos por especie de arbustos (>25 cm de altura y cuyo diámetro normal sea menor de 7.5 cm a 1.30 m sobre la superficie del suelo);
3. **Estrato herbáceo:** Para su contabilización, se hará 1 sub-parcela de 1 m² distribuida aleatoriamente dentro de la parcela, tomando en cuenta el número de individuos por especie y cobertura de este considerando que el cuadrante equivale al 100%.
 - Fotografía de cada parcela de muestreo, así como de los hallazgos encontrados.

El registro de los datos deberá realizarse utilizando el *Formato de muestreo de flora*: <https://www.nat5.bio/what-is-aocp/#methodologies-and-guidelines>.

III.2. INVENTARIO DE FAUNA POR MÉTODOS DIRECTOS

Para el estudio de fauna silvestre existen numerosos métodos; sin embargo, los criterios para seleccionar uno u otro están determinados en la mayoría de los casos al cumplimiento de los objetivos, a la simplificación del trabajo en campo, el tiempo de muestreo y a la experiencia del personal que lo llevará a cabo.

En la generalidad existen dos maneras de estudiar a la fauna, la primera de ellas por métodos denominados “directos”, en donde los organismos son observados por el personal encargado, o bien cuando los organismos son registrados con alguna herramienta o equipo que permita evidenciar su presencia física como su propio nombre lo indica, de manera directa. Por lo que respecta a la segunda forma y contraria a los métodos directos, los métodos “indirectos” están enfocados a evidenciar la presencia de organismos por medio de rastros o restos de fauna sin la necesidad de tener contacto visual directo con los individuos, como ejemplo de estos últimos pueden tomarse en cuenta las huellas, excrementos, madrigueras, cantos, plumaje, osamentas, entre otros elementos que puedan ser indicativo de su presencia.

Es preciso destacar que los métodos de muestreo para cada grupo de vertebrados son distintos, pues la conducta, horarios de actividad, distribución, nicho ecológico, temporada anual, son completamente distintos entre ellos, incluso dentro de un mismo grupo puede ser necesario efectuar dos o más métodos o técnicas para su muestreo. Razón de lo anterior, la descripción de estos se hace de manera particular en cada apartado correspondiente al grupo en particular.

III.2.1. AVIFAUNA

El mejor horario para llevar a cabo un conteo de avifauna es durante la mañana, inmediato a la salida del sol y durante las siguientes cuatro o cinco horas del día (07:00 a 10:00 horas), ya que



es intervalo de tiempo en el que las aves son mucho más activas. La actividad de las aves es baja al medio día y vuelve a aumentar al atardecer.

De acuerdo con el *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*, se considera el uso de dos métodos principales para el muestreo de avifauna en áreas abiertas (con poca vegetación), siendo estos el conteo en transectos y conteo por puntos fijos. Este último representando el método que se llevó a cabo para el muestreo (Ralph, et., al. 1966).

- **Conteo por puntos fijos de radio fijo**

Consiste en que el observador permanezca en un sitio específico durante un tiempo determinado y contabilice a todos los individuos observados dentro de una circunferencia (imaginaria) de distancia determinada (radio) respecto a la posición del observador, que será el punto central de cada parcela (Tabla 2). El tiempo de observación para cada punto de muestreo será de 15 minutos.

Los transectos de muestreo serán las mismas parcelas delimitadas en la sección anterior. Para evitar duplicidades de individuos en el conteo entre puntos, estos mantuvieron una distancia entre sí de al menos 100 metros. Con esa distancia se podrá asegurar que los muestreos sean independientes. Las observaciones se llevarán a cabo por medio de binoculares y cámaras fotográficas.

- **Muestreo acústico**

Las aves cantan y reproducen diversos sonidos en diferentes periodos del año; sin embargo, la mayor detección de aves por este método se obtiene durante la temporada reproductiva, ya que vocalmente son más activas, de ahí la importancia de reconocer emitidos por las aves. En México, las aves residentes son más activas durante la primavera y otras más en verano.

La identificación de especies mediante la grabación de sonidos es frecuentemente usada paralelamente con la reproducción de sonidos (playback) para atraer aves al observador, de tal manera que puedan ser identificadas visualmente (Figura 6). Hoy día es bien conocido que dicho método se ha mostrado como una alternativa eficiente que puede complementar a otros métodos para la estimación de la riqueza, de tal modo que se este método incrementa el inventario de especies, particularmente aquellas difíciles de observar.

Aunque los sistemas acústicos se han desarrollado e implementado principalmente para el muestreo en zonas templadas, se recomienda llevar a cabo dicha técnica en zonas con alta riqueza de especies (tropicales), ya que registra una porción considerablemente mayor de la avifauna local, dado que la presencia de una buena porción de especies solo se puede documentar mediante la grabación de sus sonidos (bioacústica).

Las especies registradas durante el muestreo deberán ser identificadas mediante la experiencia de los especialistas (observadores), así como por medio de guías (según la región), tales como



Peretrson and Chalif (1990), Howell y Webb (1995), Kauffman (2005), Van Perlo (2006), National Geographic (2011), Sibley (2014) y plataformas virtuales especializadas (EncicloVida y Naturalista). La nomenclatura científica y el arreglo sistemático de las especies están sustentadas en la base de datos de EncicloVida (CONABIO, 2019).

III.2.2. REPTILES

Los reptiles se deberán inventariar mediante búsquedas directas en las parcelas (Tabla 2), haciendo el transecto lineal sobre la superficie delimitada.

El horario recomendado para realizar esta actividad será entre las 9:00 y las 13:00 horas y entre las 16:00 y las 19:00 horas cuando las especies están más activas o sobre las rocas para termorregularse. En caso necesario o si el técnico lo considera oportuno, se pueden contemplar salidas nocturnas.

III.2.3. MAMÍFEROS

Los mamíferos se deberán inventariar mediante búsquedas directas en las parcelas (Tabla 2), haciendo el transecto lineal sobre la superficie delimitada.

Es muy importante conocer la presencia de las especies presentes en el área del proyecto, durante los recorridos de prospección se identificarán las áreas que reúnan las características ideales para hábitat, dependiendo de las especies que se distribuyan en el área. Asimismo, se buscarán sitios potenciales de refugio, volteando rocas y troncos, o bajo la corteza de los árboles, en madrigueras que se vean con actividad, rastros de heces, semillas etc.

La prospección en busca de mamíferos debe realizarse en función de los hábitos de las especies que se buscan, el horario recomendado para realizar esta actividad será entre las 9:00 y las 13:00 horas y entre las 16:00 y las 19:00 horas cuando la mayoría de las especies se encuentran con mayor actividad. En caso necesario o si así lo considera el técnico, se podrán contemplar recorridos nocturnos.

El registro de los datos de fauna por métodos directos deberá realizarse utilizando el *Formato de muestreo de fauna*: <https://www.nat5.bio/what-is-aocp/#methodologies-and-guidelines>.

III.3. INVENTARIO DE FAUNA POR MÉTODOS INDIRECTOS

III.3.1. CÁMARAS TRAMPA

Las cámaras trampa, son una herramienta para conocer la biodiversidad, además, ha permitido detectar especies sigilosas o de hábitos nocturnos, que, mediante otros métodos de muestreo, no habían sido posible conocer si se encontraban en el área. También han sido de gran utilidad para conocer patrones de actividad de las especies, estimar abundancia y densidades poblacionales sobre todo de los grandes carnívoros, que no habían sido realizadas con anterioridad.



Las cámaras trampa son herramientas valiosas para el monitoreo de fauna silvestre, ya que permiten obtener imágenes o videos de animales sin necesidad de intervención humana. La colocación adecuada de las cámaras trampa es crucial para maximizar la eficiencia del monitoreo y obtener datos de alta calidad.

a) Selección del sitio de instalación:

- Identificar áreas con alta probabilidad de presencia de las especies objetivo, considerando factores como disponibilidad de alimento, agua y refugio.
- Elegir un sitio accesible para la instalación y el mantenimiento de las cámaras.
- Seleccionar un sitio con bajo riesgo de robo o vandalismo.
- Obtener los permisos necesarios para la instalación de las cámaras en áreas protegidas o terrenos privados.

b) Colocación de las cámaras:

- Colocar las cámaras a una altura adecuada para capturar imágenes o videos de los animales objetivo.
- Dirigir las cámaras hacia el área donde se espera que se encuentren los animales.
- Asegurarse de ubicar la cámara entre tres o cuatro metros de donde se espera que pase el animal objetivo.
- Ubicar las cámaras sobre árboles rectos y con poco ángulo de engrosamiento del tronco. De no contar con esta condición se pueden utilizar estacas con estas condiciones.
- La separación entre estaciones donde se coloquen las cámaras varía de acuerdo con la especie, recomendándose una distancia de por lo menos 0.5 y 1.0 km entre cámaras para especies menores a los 10 kg. Para el caso de especies mayores a este peso se recomienda una separación de por lo menos 1.5 km entre cámaras trampa.
- Se sugiere considerar el uso de atrayentes como cebos o feromonas para aumentar la probabilidad de detectar animales.

III.3.2. SENSORES BIOACÚSTICOS

Se recomienda la incorporación de sensores bioacústicos en las actividades de inventario, así como en el seguimiento de los proyectos. Estos dispositivos permiten recopilar información continua y no invasiva sobre la actividad de la fauna, ayudando a detectar especies difíciles de observar mediante métodos tradicionales y generando evidencia sólida para la validación y verificación de los beneficios ecológicos del proyecto.

A continuación, se describen los sensores sugeridos y sus aplicaciones específicas:

Tabla 3. Sensores bioacústicos sugeridos

Sensor	Tipo	Aplicación	Uso recomendado
ALISO	Ondas acústicas	Ecoacústica terrestre	El sensor ALISO está diseñado para registrar sonidos del entorno terrestre, incluyendo señales acústicas asociadas al comportamiento de especies terrestres (aves, insectos, pequeños mamíferos) y eventos ecosistémicos cercanos al suelo (lluvia, desplazamiento animal, actividad biológica). Es útil para caracterizar la actividad diaria/nocturna de la fauna terrestre en zonas de vegetación densa o baja visibilidad.
SM4 (Song Meter 4)	Ondas acústicas	Ecoacústica general	El SM4 es un grabador acústico de uso general, ideal para monitorear comunidades de aves, anfibios y mamíferos vocales. Permite registrar cantos, llamados y patrones de presencia y actividad de especies vocales. Gracias a su autonomía y durabilidad, puede dejarse en campo durante semanas.
SMBAT (Song Meter BAT)	Ondas acústicas / Ultrasonido	Ecoacústica especializada en murciélagos	Diseñado para captar frecuencias ultrasónicas, el SMBAT es indispensable para detectar e identificar murciélagos y otras especies que se comunican en rangos no audibles para el ser humano. Permite evaluar la diversidad y actividad nocturna de quirópteros, importantes bioindicadores de salud ecológica.

El registro de los datos de fauna por métodos indirectos deberá realizarse utilizando el *Formato para cámaras trampa*: <https://www.nat5.bio/what-is-aocp/#methodologies-and-guidelines>.



The regenerative
Standard

HISTORIAL DEL DOCUMENTO		
Versión	Fecha	Comentarios
V1.0	08/05/2025	• Versión inicial publicada para su revisión por el Comité Directivo de aOCP bajo aOCP Versión 1.