



Monitoreo de poblaciones de *Abies ziyuanensis*. Crédito: Lin Wuying/FFI.

« El monitoreo es un componente crítico de cualquier proyecto de conservación »,

A. Newton (2007).

Esta guía fue escrita por Dave Gill y la Dra. Jenny Daltry y traducida por Cynthia Gandeborn.



Introducción

El monitoreo debe ser una parte importante de todo proyecto de conservación. Permite medir los cambios en el número o la condición de los árboles amenazados en el lugar del proyecto, rastrear amenazas y evaluar el éxito de las acciones de manejo. No obstante, sin una planificación cuidadosa también puede tomar mucho tiempo y ser difícil de mantener. El objetivo de esta guía es proporcionar orientación sobre cómo desarrollar un plan de monitoreo básico e incluir dos ejemplos breves de planes utilizados en campo por proyectos de conservación de árboles amenazados.

¿Para quién es esta guía?

Para personas, incluso estudiantes, u organizaciones (como ONG, silvicultores, encargados de áreas protegidas, universidades) encargadas de la conservación *in situ* de especies particulares de árboles. En particular, para personas no especializadas con limitada experiencia en el monitoreo de especies arbóreas en sus hábitats naturales.

La Global Trees Campaign es una colaboración entre:



Copyright 2015 Global Trees Campaign.

Esta guía fue producida por Fauna & Flora International, como contribución a la Global Trees Campaign

www.globaltrees.org
twitter.com/globaltrees
www.facebook.com/globaltrees

Antes de comenzar

El monitoreo es una parte esencial de todo programa de conservación. Si está bien definido, puede indicar si el tamaño de la población o la condición de una o más especies arbóreas cambia con el tiempo y la razón de dichos cambios. También permite medir el éxito de las acciones de conservación y proporcionar información de utilidad para orientar mejor el manejo.

Sin embargo, un error frecuente es comenzar a recolectar información sobre la especie o el hábitat sin considerar la razón para hacerlo o cuál es el tipo de información más útil.

Sin una planificación cuidadosa, el monitoreo puede generar una gran cantidad de datos difíciles de analizar y utilizar en el corto plazo, y podría ser muy difícil y caro de reproducir en el largo plazo. Como los efectos deseados de las acciones de conservación de especies arbóreas pueden llevar muchos años en notarse, es importante desarrollar programas de monitoreo **simples, reproducibles y económicamente eficientes**.

Antes de recolectar datos en el campo, vale la pena dedicar tiempo a la preparación de un **plan de monitoreo**. Esto puede ayudar a: (a) definir objetivos de monitoreo claros que el equipo y otros interesados puedan comprender, (b) identificar los datos necesarios para alcanzar esos objetivos e (c) indicar dónde se llevará a cabo el monitoreo, con qué frecuencia y quién será el responsable de recolectar, analizar y presentar los datos.

La tarea de escribir un plan de monitoreo puede ser abrumadora. No es fácil saber por dónde comenzar, decidir qué datos recolectar o qué métodos utilizar. Por ello, **antes de comenzar**, recomendamos unas etapas preparatorias para hacer que la redacción de un plan de monitoreo sea una tarea más fácil a largo plazo. Estas etapas incluyen:

- 1) Conocer la especie objetivo (véase la página 3).** Es posible utilizar la información existente de la ecología, las amenazas y la conservación de la especie para identificar los sitios, los métodos y las preguntas de investigación adecuados para el monitoreo.
- 2) Comprender por qué se recolectan los datos (véase la página 4).** Para quién se recolectan datos y por qué, debe ser la guía para elegir lo que se va a monitorear y la manera de presentar los datos. ¿Cómo pueden esos datos contribuir a un mejor manejo de la especie?
- 3) Desarrollar preguntas de investigación (véase la página 4).** Las buenas preguntas de investigación ayudarán a centrar la recolección de datos en las áreas y cuestiones más relevantes para la conservación de la especie objetivo.

¿Cuál es la diferencia entre estudiar y monitorear árboles?

Los estudios se utilizan generalmente para registrar la presencia, la distribución o la abundancia de una o más especies arbóreas dentro de un área en un momento determinado (ofrecemos más información sobre cómo estudiar un área en busca de especies amenazadas en la [Guía GTC 1](#)).



Estudios en Vietnam para identificar la ubicación de especies raras de magnolias. Crédito: Hieu Nguyen.

El monitoreo es una serie repetida de estudios. El monitoreo regular ayuda a identificar si las condiciones o la población de la especie objetivo cambian con el tiempo y a investigar las razones de este cambio.



En China, el monitoreo regular revela cómo cambian con el tiempo las amenazas enfrentadas por el *Abies ziyuanensis*. Crédito Lin Wuying/FFI.

CONSEJO IMPORTANTE:

Invita al equipo de proyecto y a otros interesados a participar en el proceso de la planificación mediante reuniones, talleres o la revisión del borrador de los planes. Esto puede mejorar la viabilidad, la comprensión y la propiedad del régimen de monitoreo. Pero para mantener felices a todos, ¡no permitas que el programa se vuelva demasiado ambicioso o complicado!

ETAPA 1: Conocer la especie por adelantado

Cuanto más aprendas por adelantado sobre la especie objetivo, más fácil será desarrollar objetivos adecuados para el plan de monitoreo (véase la etapa 3). Pero no te desanimes si no encuentras mucha información - no todas las especies arbóreas han sido estudiadas anteriormente.

Para comenzar, intenta averiguar dónde y cómo vive y se reproduce la especie objetivo en su hábitat natural (véase «Ecología»); y qué factores influyen en su supervivencia en la naturaleza (véase «Amenazas y conservación»).

Es posible que obtengas esta información de literatura publicada, listas rojas nacionales o regionales, guías de campo e informes de estudios, visitas a herbarios (lugares donde se almacenan los especímenes) o mediante consultas a botánicos, silvicultores, habitantes locales y grupos de conservación que conozcan la especie objetivo o la utilicen.

Es posible encontrar información general disponible en línea. Intenta ingresar el nombre de las especies en las bases de datos administradas por la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés) (<http://www.gbif.es/>) o la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (www.iucnredlist.org).

También debes llevar a cabo un estudio de reconocimiento inicial antes de comenzar con cualquier monitoreo regular para familiarizarte con la especie y los sitios del campo (véase la [Guía GTC 1](#) para obtener más orientación sobre el estudio de árboles). Esta visita preliminar de estudio puede proporcionar datos de referencia, identificar problemas logísticos y ayudar a refinar las preguntas de investigación que se espera que responda el programa de monitoreo.



ECOLOGÍA

La historia natural de la especie arbórea puede incidir sobre el tipo de información que te propones recolectar durante el monitoreo. Las áreas útiles para la investigación preliminar incluyen:

- **Taxonomía e identificación.** ¿Existe alguna otra especie arbórea en el área que pueda confundirse con esta especie? ¿Cómo las puedes diferenciar?
- **Área de distribución, tipo de hábitat, elevación y clima de preferencia conocidos.**
- **Fenología.** ¿En qué época del año florece, da frutos o deja caer sus hojas?
- **Modos de reproducción.** ¿Cómo se poliniza y cómo se dispersan sus semillas?



AMENAZAS Y CONSERVACIÓN

La comprensión de las amenazas y las medidas de conservación existentes puede ayudarte a desarrollar preguntas de investigación útiles. Considera el estudio de:

- **Amenazas conocidas o sospechadas que tengan un efecto inmediato sobre la especie objetivo, como las operaciones de tala, conversión de bosques, cosecha de cortezas, cambios climáticos.**
- **Factores que impulsan o influyen a estas amenazas, como la creciente demanda de madera, nuevas políticas, desarrollo de carreteras.**
- **Acciones de conservación realizadas hasta ahora para la especie o su hábitat (si las hay), como por ejemplo, patrullas anti-tala, manejo del pastoreo, plantación de árboles.**

CONSEJO IMPORTANTE:

Ponte en contacto con grupos que hayan estudiado la especie objetivo o especies similares, especialmente en el lugar de estudio. Pueden estar dispuestos a compartir los informes de sus estudios, la información sobre los métodos que utilizaron o los datos que recolectaron.

STEP 2: Comprender por qué se recolectan los datos

Antes de desarrollar un plan de monitoreo completo, identifica a quién quieres comunicar los resultados (puede tratarse simplemente del equipo de proyecto) y qué han de saber.

En muchos casos, la razón del monitoreo será informar el manejo adaptativo de la especie arbórea o del área donde se encuentra. Estos pueden ser miembros del equipo de proyecto propio u otras personas que trabajan para un área protegida, departamento gubernamental u ONG. Los resultados del monitoreo pueden informar la toma de decisiones en campo. Por ejemplo, los guardas locales pueden beneficiarse de la información sobre la gravedad, la ubicación y la frecuencia de amenazas particulares. Otros pueden requerir información sobre el éxito de las acciones de manejo, tales como las tasas de crecimiento y supervivencia de las plántulas sembradas.

Otras audiencias incluyen a los donantes u otros colaboradores del proyecto que requieran evidencia del progreso hacia los objetivos del mismo.

Los participantes, incluidos los grupos comunitarios locales o dueños de las tierras, pueden simplemente apreciar actualizaciones regulares.

No trates de adivinar qué audiencias están interesadas y qué información pueden utilizar: ¡pregunta! Quienesquiera que sean, comprender qué deben saber puede servir de orientación para el tipo y nivel de monitoreo que se espera realizar.

ETAPA 3: Desarrollar preguntas de investigación

El desarrollo de una o dos preguntas de investigación puede ayudar al equipo a expresar el propósito del programa de monitoreo. ¿Cuál es la principal pregunta o preguntas que se pretende responder con el programa de monitoreo?

Las preguntas de investigación pueden ayudar a (a) articular exactamente qué se espera averiguar y (b) orientar la selección del diseño y el método de muestreo (véanse las páginas 5 a 9).

Una buena pregunta abordará, en último término, algo que se pueda medir y por ello deberá ser relativamente directa y específica. Las preguntas de investigación de los programas de monitoreo suelen caer en uno de tres tipos:

● Seguimiento de los cambios que se producen con el tiempo

– *Por ejemplo: El número de araucarias del parque nacional, ¿aumentará, disminuirá o permanecerá igual en los próximos 10 años?*

● Comparación de las diferencias

– *Por ejemplo: Las plántulas de caoba, ¿muestran tasas mayores de crecimiento y supervivencia en bosques de cobertura abierta (Tratamiento A) o de cobertura cerrada (Tratamiento B)?*

● Investigación de causas y efectos

– *Por ejemplo: La nueva carretera, ¿aumentará la presión sobre la tala en el área protegida?*

Para desarrollar las preguntas de investigación, consulta la información recolectada en las etapas 1 y 2. Las preguntas de investigación principales pueden ser obvias. Si no es así, consulta a colegas y otros interesados que puedan ayudarte a identificar y dar prioridad a las preguntas para el plan.

Métodos de monitoreo

Luego de definir las preguntas de investigación, el plan de monitoreo deberá describir (a) los factores o variables que se medirán y (b) las técnicas que se utilizarán.

Lo que decidas medir dependerá de las preguntas de investigación, el contexto local y los recursos disponibles (costo, tiempo y capacidad técnica). Proporcionamos a continuación una breve introducción a los factores más comúnmente medidos en los árboles.

Para obtener más detalles sobre estas técnicas u otros métodos utilizados para monitorear factores relevantes (como insectos polinizadores importantes) o acciones de conservación de árboles (como patrullas de guardas) véase Newton (2007) y otras referencias adicionales proporcionadas en la página 16.

**CONSEJO
IMPORTANTE**

¡No intentes medir todo! La mayoría de programas monitorean sólo uno o dos factores y requieren sólo una o dos técnicas simples.

Factor	Técnicas comunes
Tamaño y crecimiento de árboles individuales	<p>Mide el DAP (Diámetro a la Altura de Pecho) o la altura de los árboles individuales y regresa luego de un período de tiempo para medir los cambios.</p> <p>Para tomar la medida del DAP de los árboles más grandes rodea el tronco del árbol con una cinta de diámetro (a una altura de 1,3 m sobre el suelo) o utiliza una cinta de medir y divide la circunferencia por Pi (3,14). Para medir el DAP de árboles jóvenes y árboles pequeños generalmente se puede usar un calibrador.</p> <p>La altura de los árboles altos se puede medir utilizando un hipsómetro o clinómetro y los árboles más pequeños se pueden medir con una varilla de medición.</p>
Abundancia (Número de individuos dentro de un área)	<p>Cuenta el número de árboles en las áreas pequeñas (parcelas de área fija de 100 m x 100 m) y extrapola los resultados a toda el área. Para medir la abundancia de árboles, la práctica habitual es excluir los árboles por debajo de cierta altura o diámetro (por ejemplo: 5 cm de DAP) o contar separadamente las plántulas, los árboles jóvenes y las demás clases de tamaños.</p>
Densidad (número de individuos por unidad de superficie)	<p>Al igual que para la abundancia, esto requiere contar los árboles dentro de áreas definidas o parcelas de dimensiones conocidas. Divide el número total de árboles registrados por el tamaño de la superficie en hectáreas o kilómetros cuadrados (por ejemplo: «97 árboles por hectárea»).</p>
Riqueza o diversidad de especies (Número de especies presentes)	<p>Identifica las especies dentro de un número de parcelas de área fija (estos datos pueden formar una «curva de descubrimiento de especies» para estimar cuántas especies más pueden quedar por descubrir) o recorre toda el área para registrar cada especie que encuentres. La identificación de especies requiere conocimientos botánicos y se puede respaldar recolectando especímenes voucher (para obtener más orientación véase la guía GTC 2).</p>
Tasa de supervivencia o mortalidad	<p>Registra la ubicación de los árboles individuales y regresa luego de un período de tiempo para registrar si siguen vivos. La tasa general de supervivencia de la población muestreada es el número de árboles vivos al final del censo dividido por el número de árboles vivos al inicio.</p>

Factor	Técnicas comunes
Estructura de tamaño del rodal (frecuencia de clases de tamaño diferente en la población)	Mide el DAP de los árboles individuales de cada especie dentro de una parcela y asignales una clase de tamaño (por ejemplo, desde 1 para el árbol más pequeño hasta 10 para el más grande). Calcula la frecuencia de los tamaños diferentes de árboles dentro de un área para indicar la estructura de la población.
Condición del dosel (ramas superiores) (un indicador útil de la salud del árbol)	Evaluado para cada árbol según el siguiente puntaje: 0 («Muerto»), 1 («Muy pobre: en proceso de degeneración, muy dañado y probablemente incapaz de crecer»), 2 («Pobre»: extensamente marchito y con fuerte asimetría, pero probablemente capaz de sobrevivir), 3 («Tolerable»: claramente asimétrico o ralo), 4 («Bueno»: con defectos menores de simetría o pocas hojas muertas) y 5 («Perfecto»: amplio, circular y simétrico).
Otros indicadores de enfermedad o daño	Registra el porcentaje de árboles que presentan daños o enfermedades, o crea un sistema de calificación propio para medir la intensidad. Los factores que se pueden registrar incluyen las cavidades en el tronco, los rastros de termitas, los canchales, el crecimiento de hongos y la condición de las hojas.
Efectos de la tala de la madera	Toma medidas 1 cuando regreses a los árboles marcados para registrar las incidencias de tala o 2 compara la densidad, la estructura de tamaño del rodal u otras características de las poblaciones arbóreas de las parcelas en campo antes y después de la tala, dentro y fuera de las áreas sujetas a la tala.
Efectos de la cosecha de productos forestales no madereros (PFNM)	Monitorea el impacto de la cosecha de PFNM (por ejemplo, la recolección de corteza, látex, raíces, hojas o frutos) mediante la evaluación de la tasa de crecimiento, la condición o la tasa de mortalidad de los árboles conocidos antes y después de la cosecha o compara los árboles dentro y fuera de las áreas sujetas a la cosecha.
Regeneración natural	Establece parcelas pequeñas (por ejemplo, de 5 m x 5 m); etiqueta y mide individualmente las plántulas, los brotes y los árboles jóvenes de una o más especies; luego regresa para evaluar su crecimiento y supervivencia. Esto se puede complementar con evaluaciones cualitativas de la salud o la condición de cada plántula: 0 («Muerta»), 1 («Condición pobre» con hojas descoloridas y daños causados por insectos), 2 («Algún indicio de daños», pero el follaje es saludable) y 3 («Salud casi perfecta o perfecta»).
Efectos de la presión del pastoreo	Compara las diferencias entre la frecuencia del daño o la mortalidad de plántulas o árboles en las áreas de pastoreo y las libres de pastoreo (es posible excluir a los animales de pastoreo mediante el cercado de algunas parcelas y luego monitorearlas con el tiempo). También es posible evaluar las medidas cualitativas de la intensidad del pastoreo con el siguiente sistema de puntuación: 0 («Ninguno»: capa de arbustos bien desarrollada, muy pocos espacios para árboles jóvenes, sin estiércol ni huellas de herbívoros, sin desprendimientos de cortezas), 1 («Leve»: capa de arbustos bien desarrollada, 30 a 50 % del suelo cubierto por sotobosque, presencia común de árboles jóvenes en los espacios, estiércol o huellas de animales de pastoreo difíciles de encontrar), 2 («Moderado»: arbustos irregulares con evidencia de poda, sotobosque de altura variable <30 cm de alto, pocos parches de suelo expuesto e infrecuentes, algunos árboles jóvenes superan al sotobosque, algo de estiércol, ningún desprendimiento de corteza), 3 («Intenso»: arbustos moribundos o ausentes, sotobosque de <20 cm de altura, pocos parches de suelo expuesto, plántulas sin superar al sotobosque, abundante estiércol de animales de pastoreo y desprendimiento ocasional de cortezas) o 4 («Muy intenso»: sin arbustos, sotobosque de <3 cm de altura, muchos parches de suelo expuesto, ausencia de plántulas de árboles, estiércol de animales de pastoreo muy abundante y desprendimiento de corteza de árboles jóvenes).

Factor	Técnicas comunes
Microclima	Es posible utilizar diferentes tipos de equipo para medir la luz (fotómetros), la temperatura (termopares), la humedad relativa (higrómetros) y la humedad del suelo (tensiómetros) en el sitio de estudio.
Condición reproductiva (información de utilidad para la recolección de semillas)	Registra la presencia de flores, frutos inmaduros y frutos maduros o conos. Las trampas de semillas o frutos (como las redes de malla fina suspendidas bajo los árboles) también se pueden utilizar para cuantificar la productividad de los árboles, pero se deben revisar al menos semanalmente (porque tienden a cubrirse de hojas y otros residuos, ser saqueadas por animales o sacudidas por tormentas).

**CONSEJO
IMPORTANTE:**

Registra la ubicación de los árboles y los sitios mediante un GPS o un mapa, pero evita marcarlos físicamente *si estudias los impactos de las actividades humanas*. Las marcas pueden atraer más atención o disuadir a la gente de continuar con sus actividades usuales, especialmente si infringen la ley. Si esta no es la preocupación del estudio, puedes marcar las parcelas y árboles estudiados con cinta marcadora y pintura en aerosol o, para estudios más largos, con postes metálicos y etiquetas de aluminio para árboles para poder localizarlos de nuevo con facilidad.

Plan de muestreo

La decisión de dónde y cómo llevar a cabo el monitoreo de las especies arbóreas de poblaciones diminutas puede ser muy simple. El monitoreo puede consistir simplemente en recolectar datos periódicos de cada árbol individual en un sitio particular, con equipos de campo que sigan un camino establecido entre todos los árboles conocidos.

Sin embargo, en la mayoría de los casos no es posible visitar y estudiar la población entera de árboles. Por esta razón, el monitoreo a menudo consiste en la recolección de datos de una muestra representativa de la población. **El plan de muestreo es muy importante.** Un buen plan de muestreo es necesario para asegurar que los hallazgos del estudio sean representativos de una población más grande. El plan de muestreo se refiere a:

- 1) El tipo de unidad de muestreo elegido para monitorear (para árboles, suelen ser parcelas o transectos).
- 2) El tamaño de cada unidad de muestreo (es decir, las dimensiones de cada parcela o transecto).
- 3) El número de muestras (cuantas más muestras se examinen, mayor será la probabilidad de representar a una población más amplia).
- 4) Los sitios elegidos para el muestreo (por ejemplo, al azar, en base a qué tan fácil sea el acceso a los mimos u otros criterios).
- 5) Cuándo y con qué frecuencia se realizará el monitoreo de los árboles (y si se tiene intención de re-examinar las mismas parcelas o transectos o realizar otros nuevos).

1) ¿Qué tipo de unidad de muestreo debes utilizar?

Los principales tipos de unidades de muestreo utilizados para los árboles son las parcelas de área fija o los transectos.

Las **parcelas** son límites cuadrados, rectangulares o circulares utilizados para delimitar áreas dentro de las cuales se registra todo árbol que supera cierto umbral de tamaño. Varían en tamaño, pero muchos programas de monitoreo seleccionan parcelas de alrededor de 1 hectárea (100 x 100 m) o menos.

En los programas de monitoreo se suele utilizar **parcelas de área fija** para medir las diferencias de abundancia, la riqueza de especies, la condición de los árboles individuales o los factores que afectan al crecimiento o la supervivencia en el tiempo o entre las diferentes parcelas.

Ventajas

- Es fácil contar los árboles dentro de cada parcela y calcular su densidad y abundancia.
- Siendo un método comúnmente utilizado, es fácil comparar los resultados con otros estudios.
- Límites claros: poco riesgo de incluir o excluir árboles erróneamente.

Desventajas

- Construir una parcela grande en un bosque denso toma mucho tiempo.
- Es casi imposible crear y estudiar parcelas grandes en terrenos accidentados.
- Aun en parcelas grandes, es posible pasar por alto especies con distribución irregular o agrupada

Los **transectos** son parcelas generalmente rectas, pero pueden seguir un curso natural como un sendero o un río existente. Pueden tratarse como a una parcela larga y estrecha, como de 1 km de longitud por 20 m de ancho, y sólo contar y medir los árboles dentro de los límites del transecto. Un método más complejo, el **muestreo de distancia**, consiste en (a) medir la distancia de los árboles observados en una línea recta del transecto. Para calcular la densidad, se utilizan fórmulas o el programa informático DISTANCE™. El muestreo de distancia se utiliza más comúnmente para poblaciones de animales, pero puede utilizarse para árboles, especialmente en hábitats abiertos.

Ventajas

- Cubren el campo más rápidamente.
- Son mejores que las parcelas para detectar árboles de distribución escasa o irregular.
- Son fáciles de hacer - se pueden establecer a lo largo de senderos y arroyos existentes.

Desventajas

- Los resultados que se obtienen de la utilización de los senderos y los cauces de agua existentes pueden no ser representativos de todo el sitio de estudio.
- Es posible que no se pueda medir la distancia entre árboles de especies escasamente distribuidas o en terrenos escarpados o en hábitats de bosques densos.

2) ¿Qué tan grandes deben ser las parcelas o transectos?

El tamaño de la unidad de muestreo debe decidirse en función de los objetivos del monitoreo, del tamaño y la densidad de la especie, y de la viabilidad del campo.

Los métodos de parcelas estandarizados incluyen el método de 1 ha (un censo de todos los tallos de ≥ 10 cm de DAP en una parcela de 100 x 100 m) o el método de 0,1 ha (un censo de todos los tallos de $\geq 2,5$ cm de DAP en una parcela rectangular de 20 x 50 m). Dentro de cada parcela, puede ser útil establecer subparcelas más pequeñas para medir las plántulas o los arbustos más pequeños. Estos métodos de parcela estandarizados pueden funcionar bien para especies relativamente abundantes o de amplia distribución.

Sin embargo, las especies naturalmente escasas o de distribución agrupada pueden estar ausentes en estas parcelas. El uso de transectos (de por ejemplo, 2 m x 500 m o 20 m x 1000 m) puede aumentar las probabilidades de detectar tales especies. Cuanto más largo es el transecto, mayor es la probabilidad de detectar especies irregulares.

Los transectos también permiten la toma de muestras de un número de condiciones y hábitats diferentes en una sola operación. No obstante, las parcelas pueden ser más adecuadas para la comparación explícita del estado de una especie en dos hábitats diferentes. Para realizar esto, cada unidad de muestreo debe ser suficientemente pequeña como para caber en un hábitat particular.

Recuerda: las dimensiones de la parcela o del transecto afectarán los resultados. Por consiguiente, asegúrate de que todas las unidades de muestreo tengan un tamaño y una forma **uniformes** para permitir comparaciones significativas entre ellas.

3) ¿Cuántas parcelas o transectos necesitas?

Esto dependerá de los recursos (y de la información que requiera la audiencia), pero cuantas más muestras tengas, mejor representarán al sitio de estudio más amplio.

Si deseas datos representativos de la variabilidad natural de la especie (por ejemplo, de las tasas de crecimiento), es preferible tener múltiples unidades de muestreo de todo el sitio, que sólo una o dos unidades de muestreo grandes.

Si comparas muestras de dos condiciones (por ejemplo, dos áreas bajo acciones de manejo diferentes), el objetivo será tener al menos 6 muestras (por ejemplo, 6 parcelas) representativas de cada condición. Esto es particularmente necesario si deseas realizar pruebas estadísticas y presentar los hallazgos a una audiencia científica.

4) ¿Dónde debes establecer las parcelas o los transectos?

Las parcelas o los transectos pueden colocarse de manera **aleatoria** o **sistemática**.

El **muestreo aleatorio** es la selección imparcial de sitios sin preferencias personales. Existen varias formas de elegir sitios aleatoriamente en un mapa, pero ten en cuenta que encontrarlos en el campo requiere gran habilidad de navegación y, en la mayoría de los casos, un GPS.

- El **muestreo aleatorio simple** ofrece la misma oportunidad de muestreo en la totalidad del área de estudio, pero este enfoque puede excluir hábitats escasos aunque importantes para las especies amenazadas del sitio.
- El **muestreo aleatorio estratificado** consiste en dividir el área en zonas (usualmente según el tipo de hábitat o la cobertura del terreno) y colocar las muestras aleatoriamente en cada zona. Este suele considerarse el mejor enfoque cuando se estudian áreas con diferentes tipos de hábitats.

El **muestreo no aleatorio** selecciona los sitios según las preferencias personales, por ejemplo, porque parecen típicos del área general de estudio o porque son sitios seguros y de fácil acceso, como próximos a un camino o sendero. Esta manera de seleccionar sitios puede conducir a resultados parciales no representativos de toda el área: se puede excluir algunos hábitats al tiempo que otros pueden estar sobrerrepresentados. Este enfoque se considera menos científico y los datos suelen ser menos adecuados para análisis estadísticos, pero a veces es inevitable.

5) Con qué frecuencia y cuándo debes tomar muestras?

La frecuencia con la que tomas muestras depende de la pregunta del estudio, la tasa de variación y los recursos disponibles. Si requieres datos para informar una toma de decisión inmediata (como para enfrentar la tala ilegal), entonces debes recolectarlos con más frecuencia que para medir el crecimiento de los árboles adultos. Por consiguiente, el intervalo entre visitas puede variar entre unas pocas semanas y cinco o diez años.

Para todos los programas de monitoreo, es absolutamente vital que el plan de muestreo sea **consistente**, aunque surjan cambios en el personal que recolecta los datos. Por ejemplo, si el objetivo es comparar datos entre diferentes años, planea regresar a los mismos sitios, utilizar las mismas unidades de muestreo y recolectar datos **durante la misma época del año**.

Manejo de datos, análisis y representación

Un error frecuente es no pensar en el manejo de datos antes de iniciar el monitoreo. No obstante, la manera de almacenar, analizar y presentar los datos es esencial para responder las preguntas de la investigación y comunicar los hallazgos a otros. Para prepararte para el análisis y la presentación de datos, piensa en las preguntas siguientes:

1) ¿Necesito hojas de recolección de datos y bases de datos?

La mayoría de los investigadores encuentra útil crear un formulario para registrar la información en campo para asegurarse de que no pasan nada por alto. Para facilitar el análisis, por lo general, se necesita transferir los datos manuscritos de las hojas a una computadora. Las hojas de cálculo computarizadas (como MS Excel) suelen ser suficientes, pero si reúnes muchas variables de muchos sitios descubrirás que el uso de un programa de manejo de datos más sofisticado (como MS Access) puede ser de gran ayuda. Ingresa regularmente los datos en la computadora, idealmente, en cuanto regreses del campo. Esto impedirá que te retrases y te dará suficiente tiempo para detectar cualquier error o espacio incompleto en los formularios de datos.

2) ¿Cuándo se debe realizar el análisis y la presentación?

¿Debes suministrar información a responsables de conservación para que tomen decisiones de urgencia (por ejemplo, en respuesta a incendios o a un incremento repentino de tala ilegal) o tienes la obligación de suministrar resultados a colaboradores o donantes del proyecto para cierta fecha? Dedica suficiente tiempo a analizar el plan de trabajo para evitar el incumplimiento de plazos importantes.

3) ¿Cuál es la técnica adecuada para el análisis de datos?

La pregunta de investigación que abordan influenciará la manera en que analizarás los datos. Si examinas tendencias básicas (como las incidencias de tala ilegal), es posible que sólo requieras estadísticas o gráficos simples para mostrar cómo cambian las variables particulares con el tiempo. Estas se pueden representar a mano o con ayuda de una computadora.

Para algunas preguntas, las pruebas estadísticas pueden ser útiles para examinar y demostrar la fiabilidad de los resultados. Por ejemplo, si te propones identificar la existencia de diferencias reales entre diferentes tratamientos (como las diferencias en las tasas de crecimiento de árboles entre hábitats diferentes) o si existe una relación entre la condición de los árboles y su medioambiente, las amenazas o las acciones de conservación. Entre las pruebas más frecuentemente utilizadas, se encuentran la prueba t de Student, la prueba chi-cuadrado de Pearson, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba U de Mann-Whitney. Es buena idea buscar pruebas estadísticas adecuadas (véanse las lecturas recomendadas en la página 16) antes de comenzar a recolectar datos para asegurarse de que el plan de estudio es el adecuado.

4) ¿Cómo se deben presentar y difundir los datos?

Adapta la presentación de datos a audiencias específicas. Vuelve a considerar la audiencia objetivo (véase la página 4) y recuerda (a) ¿quiénes son (el equipo de proyecto, los donantes, los diseñadores de las políticas, los científicos, los responsables del manejo forestal, los guardas o las comunidades locales con las que trabajas)?, (b) ¿qué quieren o qué deben saber? y (c) ¿cuál es la mejor manera de hacerles llegar la información? Las reuniones de presentación y debate de hallazgos suelen ser más efectivas que el simple envío de un informe técnico.

La planificación anticipada de cómo presentar los datos también te ayudará a asegurarte de contar con las personas y el equipo correcto antes de comenzar con el monitoreo. Por ejemplo, si deseas presentar datos utilizando mapas, es posible que debas conseguir algún programa informático de mapeo y asegurarte de contar con expertos en el tema.

Incluimos la descripción de cuatro tipos de hallazgos en la página 12. Puedes incluirlos en un informe técnico, un documento científico, una presentación de PowerPoint u otro medio para difundir información, dependiendo de la audiencia objetivo. No obstante, en el caso de árboles escasos o valiosos debes tener cuidado de no revelar su ubicación a las personas que puedan causarles daño, tales como los madereros ilegales.

Hallazgos	Comentarios
Resultados de pruebas estadísticas	<ul style="list-style-type: none"> – Aportan credibilidad científica a los resultados (y suelen ser necesarios si quieres que los incluyan en una revista científica). – Pueden ser confusos o de poco interés para personas que carecen de conocimientos sobre pruebas estadísticas.
Gráficos y tablas	<ul style="list-style-type: none"> – Una manera efectiva de presentar tendencias, diferencias entre tratamientos o relaciones entre factores. – Más fáciles de comprender que las pruebas estadísticas. – Pueden ser difíciles de comprender para grupos de alfabetización o educación limitada.
Fotografías e imágenes de video	<ul style="list-style-type: none"> – Una manera visualmente impactante de mostrar los resultados. – Las fotografías de punto fijo muestran los cambios en la vegetación o la estructura del hábitat para áreas específicas (como los resultados de los proyectos de plantación de árboles o los impactos de las carreteras). – Fáciles de comprender por todas las audiencias y pueden darle vida a los resultados del proyecto.
Mapas e imágenes satelitales	<ul style="list-style-type: none"> – Una manera extremadamente efectiva de demostrar los cambios más importantes en el hábitat o la distribución de la especie. – Visualmente atractivos y de fácil comprensión para la mayoría de audiencias.

Lista de verificación del plan de monitoreo

Estas casi a punto de desarrollar un plan de monitoreo básico. Pero primero debes verificar doblemente si:

- ✓ Has realizado una visita de reconocimiento al área de estudio.
- ✓ Has desarrollado una o dos preguntas de investigación prioritarias en base al motivo del monitoreo y el conocimiento de la especie objetivo.
- ✓ Has identificado qué datos deseas recolectar y elegido los métodos adecuados que en la medida de lo posible sean precisos, fiables, económicamente eficientes, viables y apropiados a las circunstancias locales.
- ✓ Has revisado y elegido un plan de muestreo adecuado para las preguntas de investigación e identificado el tipo, el número y el tamaño de unidad de muestreo, su ubicación y el momento en el que llevarás a cabo la recolección de datos.
- ✓ Has planeado cómo analizarás y presentarás los datos.

Como parte del plan de monitoreo también debes asignar responsabilidades a diferentes miembros del equipo y calcular el tiempo y el costo financiero requeridos para cada actividad de monitoreo. En esta fase, es importante asegurarte de tener, o que tendrás, los recursos para realizar el trabajo de campo por la duración de todo el programa de monitoreo.

Para ayudarte a visualizar los diferentes tipos de planes de monitoreo, proporcionamos dos ejemplos breves de planes de monitoreo desde el campo en las páginas 12 a 15.

Ejemplos de planes de monitoreo

1) Monitoreo de las poblaciones de la manzana Niedzwetsky en la reserva natural Sary-Chelek, en Kirguistán

Resumen informativo: La Reserva Natural Sary-Chelek de Kirguistán alberga poblaciones importantes de varias especies arbóreas amenazadas, incluida la manzana Niedzwetsky *Malus niedzwetzkyana*- una variedad silvestre extremadamente escasa del árbol de la manzana de consumo doméstico. Quedan menos de 120 árboles adultos de la manzana Niedzwetsky en la reserva y la especie se encuentra amenazada por la pérdida de hábitat y el pastoreo excesivo (que daña los árboles adultos y provoca la mortalidad elevada de los árboles jóvenes). La reserva ha desarrollado un plan de monitoreo con el fin de registrar la condición de los árboles adultos de la manzana Niedzwetsky dentro del área central y la zona de amortiguamiento de la reserva. El plan de monitoreo también registra la presión del pastoreo y la condición del hábitat alrededor de los árboles.



Audiencia objetivo:

El personal de la Reserva Natural Sary-Chelek
Los pastores locales
Los patrocinadores de proyectos

Encargados de la implementación:

La Reserva Natural Sary-Chelek
Fauna & Flora International

Pregunta de investigación: ¿Cambia el número y la condición de los árboles de la manzana Niedzwetsky de la reserva con el tiempo?

Plan de recopilación de datos y muestreo

- **Realiza estudios de reconocimiento** para identificar en qué lugar de la reserva se encuentran los árboles de la manzana Niedzwetsky. Utiliza un GPS para registrar la ubicación de cada árbol o grupo de árboles que observes y marca su posición con cinta adhesiva para ayudar a que los trabajadores de campo los encuentren a su regreso.
- Luego de ingresar los datos del estudio, **marca las posiciones de los árboles en un mapa.**
- Selecciona 20 árboles o grupos de árboles (donde varios árboles de la misma especie se encuentren muy próximos entre sí) para los **sitios de monitoreo a largo plazo.** Para asegurar que los sitios sean representativos de la reserva, selecciona 10 sitios dentro del área principal y 10 en la zona de amortiguamiento. Lo ideal es seleccionar los árboles al azar, pero dado que la patrulla posee recursos limitados para cubrir toda la reserva, es posible que los sitios de monitoreo deban posicionarse cerca de las rutas de patrullaje.
- Marca una parcela cuadrada (20 x 20 m) con estacas largas o postes alrededor cada árbol o grupo de árboles incluidos en el programa de monitoreo.
- En cada parcela de 20 x 20 m, **registra para cada árbol individual:** su tamaño (altura y DAP), su condición (si la presencia de ramas muertas es común, poco frecuente o nula) y cualquier evidencia de daños ocasionados por el ganado (inexistente, leve o severo).

Plan de recopilación de datos y muestreo (cont.)

- En cada parcela de 20 x 20 m, **estima el nivel general de presión del pastoreo** (ninguno, bajo, mediano, alto o muy alto), registra el número, el tamaño y la condición de toda plántula o árbol joven presente y toma notas sobre la condición general del sitio (incluido el porcentaje de cobertura de pastos, sotobosque, arbustos y árboles).
- Finalmente, toma fotografías de punto fijo desde cada esquina de la parcela hacia el centro.
- **Regresa a los sitios de monitoreo anualmente** (en la misma época del año) y vuelve a medir (a) el tamaño, la condición y el daño ocasionado por el ganado de cada árbol adulto, y (b) el nivel de presión del pastoreo, el número, el tamaño y la condición de cada plántula en cada parcela. Vuelve a tomar fotografías desde las mismas esquinas de cada parcela.

Personal y equipo requerido

PERSONAL:

- Investigador senior de la Reserva, responsable de la supervisión de la recolección y el análisis de los datos.
- Dos técnicos o estudiantes para asistir con la recolección de datos.

EQUIPO:

- Transporte hasta el sitio de monitoreo.
- Cinta de diámetro (para medir el DAP).
- Cinta de medición, estacas o postes para marcar las parcelas.
- Una brújula y un mapa.
- GPS (registro y mapa de la ubicación de los árboles).
- Baterías.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Hojas de datos (ingreso de datos en campo).
- Cámara digital (documentación de métodos y la condición de los árboles).
- Computadora y programa informático para el ingreso y análisis de datos (como MS Excel).

Análisis y presentación de datos

ANÁLISIS:

- Estadísticas descriptivas y gráficos simples utilizados para (a) demostrar las tendencias de la supervivencia, el crecimiento y la presión del pastoreo en los árboles de la reserva y (b) las diferencias entre estas variables en el área principal y las zonas de amortiguamiento de la reserva.

PLAN DE DIFUSIÓN:

- Informe técnico que contenga detalles completos de los métodos y los resultados, incluidos los mapas (que muestran la ubicación de los sitios de estudio y los árboles), los gráficos y las fotografías de punto fijo.
- Reuniones con pastores locales, funcionarios del Departamento Forestal y otros interesados para presentar los hallazgos, utilizando PowerPoint o fotografías que demuestren los cambios fundamentales en la reserva y en el árbol de la manzana Niedzwetsky. Debate ideas para soluciones durante las reuniones.

Notas: Este estudio de caso representa un componente de un plan de monitoreo mayor que se encuentra bajo implementación en la Reserva Natural de Sary-Chelek. Con el apoyo de Fauna & Flora International, el equipo de la reserva también monitorea poblaciones de otros árboles amenazados (como el peral de Bujará *Pyrus korshinskyi* y el serbal persa *Sorbus persica*), además de la condición general del bosque. Los resultados se utilizan para identificar las áreas más amenazadas de la reserva.

En el futuro, la reserva espera monitorear la eficacia de las acciones de manejo. Colocarán ramas de espino secas alrededor de 20 árboles de la manzana Niedzwetsky - para que actúen como un cerco vivo que mantenga alejado al ganado - y dejarán otros 20 árboles intactos para que sirvan de «control». La comparación de la presión del pastoreo y los niveles de regeneración entre los dos grupos ayudará a la reserva a juzgar el éxito de las acciones de conservación.

2) Monitoreo de los efectos de la extracción de resina en la salud y la supervivencia de una especie arbórea mundialmente amenazada

Resumen informativo: El árbol *Protium attenuatum* de las Indias Orientales produce resina «lansan», un recurso económico y culturalmente importante cuya aplicación principal es el incienso para fines religiosos. Se dice que la población de este árbol ha disminuido en toda su gama debido a su sobreexplotación y que ahora está amenazado mundialmente. Como parte de un proyecto para diseñar un método sustentable de extracción de resina, se realizó un monitoreo para comprender los efectos de las prácticas actuales de extracción en la condición y supervivencia de los árboles de resina lansan en Santa Lucía.



Audiencia objetivo:

Extractores de resina
Departamento Forestal
Gobierno de Santa Lucía
Consumidores (iglesias, público)
Otros conservacionistas y científicos
Patrocinadores

Encargados de la implementación:

Departamento Forestal de Santa Lucía
Fauna & Flora International

Pregunta de investigación: ¿Tienen los métodos actuales de extracción algún efecto significativo en la salud y la supervivencia de los árboles lansan?

Plan de recopilación de datos y muestreo

- **Identifica un sitio de estudio** donde los extractores recolecten activamente resina de árboles.
- En este sitio, **selecciona al azar** 40 árboles lansan que no presenten evidencia de extracción de savia (**muestra de control**). Estos árboles se distribuyen uniformemente entre cuatro clases de tamaños diferentes: árboles pequeños (15,0-19,9 cm de DAP); árboles medianos (20,0-24,9 cm de DAP); árboles grandes (25,0-29,9 cm de DAP) y árboles muy grandes ($\geq 30,0$ cm de DAP).
- Selecciona al azar 40 árboles lansan explotados por extractores locales (**muestra explotada**), asegurándote de que estén uniformemente distribuidos entre las cuatro clases de tamaño.
- No marques los árboles para que los extractores no noten que se encuentran bajo observación.
- Al principio del estudio, **mide el tamaño** (DAP) de cada árbol explotado y controlado y registra indicadores de su **condición**: la forma del dosel del árbol, el número de rastros de termitas, canchros y cavidades en el tronco.
- **Repite** las mediciones de tamaño y condiciones dos veces al año por dos años y medio.
- Inspecciona los árboles cada dos semanas para **verificar** que los árboles explotados siguen siendo utilizados por los extractores locales y que los árboles de control siguen sin ser explotados. Toma nota de cualquier árbol roto o muerto.
- Un número de miembros del personal realizará las inspecciones cada dos semanas, pero asegúrate de que **los dos observadores** que registran semestralmente los DAP y los indicadores **sean los mismos**.

Personal y equipo requerido
PERSONAL:

Ocho miembros del personal, en rotación, inspeccionarán los árboles e ingresarán los datos cada dos semanas.

Dos de estos miembros también se responsabilizarán de registrar el DAP y la condición del árbol cada seis meses. Una persona realizará el análisis de los datos.

EQUIPO:

- Transporte hasta el sitio de monitoreo cada 2 semanas.
- Cinta de diámetro (para medir el DAP).
- Una brújula y un mapa.
- GPS (registro y mapa de la ubicación de los árboles).
- Hojas de datos (ingreso de datos en campo).
- Cámara digital (documentación de los métodos y la condición de los árboles).
- Botiquín de primeros auxilios.
- Polainas contra serpientes (protegen las piernas contra mordeduras de serpientes).
- Computadora con programa informático (ingreso de datos en Excel, análisis mediante gráficos y pruebas estadísticas).

Análisis y difusión de datos
ANÁLISIS:

- Ingreso de los datos de campo en hojas de cálculo de MS Excel.
- Estadísticas descriptivas y gráficos simples utilizados para comparar medias tales como crecimiento promedio, indicadores de condición y tasas de mortalidad de cada tratamiento y clase de tamaño. Uso de MS Excel.
- Pruebas estadísticas para comparar el crecimiento, los indicadores de condición y las tasas de mortalidad de los árboles explotados y de control, de cada clase de tamaño. Las pruebas incluyen la prueba U de Mann-Whitney, la prueba de rangos con signos de Wilcoxon y la de Pearson. El análisis se realizará utilizando el paquete estadístico XLSTAT.

PLAN DE DIFUSIÓN:

- Informe técnico que contenga detalles completos de los métodos y los resultados, incluidos los mapas (que muestran la ubicación de los sitios de estudio y los árboles), los gráficos y las fotografías de punto fijo.
- Reuniones con extractores, funcionarios del Departamento Forestal y otros interesados para presentar los hallazgos, utilizando PowerPoint y fotografías. Debate ideas para soluciones durante las reuniones.
- Presentación del documento científico a una revista científica de revisión paritaria para difundir los métodos y hallazgos a otros científicos.

Notas: Este programa de monitoreo, llevado a cabo en Santa Lucía entre 2010 y 2013, reveló que los métodos habituales o tradicionales de extracción de resina son altamente destructivos, afectan seriamente el crecimiento y la condición de los árboles y matan anualmente a más del 6% de los árboles. Además, el estudio obtuvo evidencia de que en áreas de árboles muy explotados los árboles no explotados también son más propensos al deterioro, lo que sugiere la propagación de agentes patógenos de los árboles dañados a los no explotados. Los extractores locales ahora están aprendiendo métodos alternativos que no parecen dañar a los árboles y aún producen cantidades muy rentables de lansen.

CONSEJOS IMPORTANTES:

Cuando pongas un plan propio en práctica, es conveniente recordar algunos principios para un buen programa de monitoreo.

- 1) **Sé coherente.** Utiliza exactamente los mismos métodos para recolectar información. Intenta utilizar el mismo equipo, las mismas personas, las mismas ubicaciones, las mismas épocas del año, etc.
- 2) **Simplifica las cosas.** Cuanto menos complicado sea el método de monitoreo y menos tiempo demande, más fácil será continuarlo fielmente.
- 3) **Aprende de los demás.** Si sabes que otras personas están monitoreando la misma especie o problemas, trata de implementar los mismos métodos. Esto hará que los datos de ambos sean más fáciles de comparar.
- 4) **Registra los métodos meticulosamente.** Anota todos los detalles que permitan que otras personas repitan los métodos a la perfección.
- 5) **Sé honesto.** Nunca adaptes los resultados a lo crees que deben ser. Si los resultados fluctúan o muestran lo opuesto de lo que esperabas, registra exactamente eso.
- 6) **Utiliza la información.** El monitoreo puede ayudarte a aprender sobre el desarrollo del proyecto. Utiliza la información que obtengas para adaptarlo y reaccionar a lo que muestra.

Referencias seleccionadas y orientación adicional

Orientación general sobre el monitoreo

Bibby, C.J. y Alder, C. (eds.) (2003). *The Conservation Project Manual*. Sección 6: Monitoring and Evaluation. BP Conservation Programme. Cambridge, UK. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3a

Orientación sobre las técnicas de monitoreo y los planes de muestreo para bosques y árboles

Coe, R. (2008). *Designing ecological and biodiversity sampling strategies*. Working Paper no. 66, World Agroforestry Centre. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3c

Newton, A.C. (2007). *Forest Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. UK: Oxford University Press. Disponible por pedido en: http://bit.ly/gtc_ref_3d

Reimoser, F., Armstrong, H. y Suchant, E. (1999). Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management*: 20 (1-3), 47-58. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3e

Synott, T.J. (1979). *A Manual of Permanent Plot Procedures for Tropical Rainforests*. Tropical Forestry Paper No. 14, p.67. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, UK: University of Oxford.

United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service (2003). *Multiparty Monitoring and Assessment Guidelines for Community-based Forest Restoration in Southwestern Ponderosa Pine Forests*. Capítulo 5: Ecological Monitoring Tools and Methods. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3f

Orientación sobre la efectividad del monitoreo de las acciones de conservación

Elliot, S., Blakesley, D. and Hardwick, K. (2013). *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK. p.344. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3i

Introduction to SMART Conservation Software. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3h

The Conservation Measures Partnership (2013). *The Open Standards for the Practice of Conservation*. Version 3.0. Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_3g

Orientación sobre el análisis estadístico básico

Kindt, R. y Coe, R. (2005). *Tree Diversity Analysis. A Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies*. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre (ICRAF). Disponible en: http://bit.ly/gtc_ref_1h

Para obtener más información o para descargar las otras guías de esta serie, visita nuestro sitio web: www.globaltrees.org/resources/practical-guidance

Reconocimientos

Extendemos nuestro agradecimiento a Aseng Tan y Katie Lee Brooks (Fauna & Flora International), Pablo Hoffmann (Sociedade Chauá) y Steven Brewer por sus comentarios sobre este escrito.