

# Monitoreo de la biodiversidad para la gestión de recursos naturales

Un manual de introducción

**Publicado por**

GADeR-ALC - Red Sectorial Gestión Ambiental y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad  
Bonn y Eschborn, Alemania

**Dirección**

Secretariado de la Red Sectorial GADeR-ALC  
SCN Quadra 1 – Bloco C Sala 1401  
Ed Brasília Trade Center  
70.711-902 - Brasília/DF – Brasil

E gader-alc@giz.de  
I <http://www.giz.de>

**Autores**

Florian A. Werner y Umberto Gallo-Orsi

**Responsable**

Gesa Burchards, GIZ México

**Título original**

Biodiversity Monitoring For Natural Resource Management — An Introductory Manual.  
DOI: 10.13140/RG.2.1.3141.8488/1

**Traducción al español**

Traducciones Profesionales, Cancún, México

**Editado por**

Regina Sánchez Sosa y Hernández, Gesa Burchards, Florian A. Werner

**Diseño gráfico y concepto de diseño**

RedOrange Ltd., Dhaka, Bangladesh (original)  
Sakbe – Comunicación para el Cambio Social, Ciudad de México, México (adaptación al español)

**Cita recomendada**

Werner&Gallo-Orsi\_GIZ\_2018\_Monitoreo de la biodiversidad para la gestión de recursos naturales — Un manual de introducción.

Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

**Derechos de autor de fotografías**

P.1: NASA/Norman Kuring (Baja California desde el espacio); p. 1 (cangrejo de barro), 15, 21, 28: GIZ/Ranak Martin; p. 5: NASA/Jeff Schmaltz; p. 8: GIZ/Laos; p. 12: GIZ/Jörg Böthling; p. 13: USAID/Drik/Wahid Adnan; p. 19: NASA/Robert Simmon; p. 27: Nikolay Petkov; otras imágenes por Florian Werner.

**Referencias a URL**

Los contenidos de las páginas externas a las que se remite en la presente publicación son responsabilidad exclusiva del respectivo proveedor. La GIZ se distancia expresamente de estos contenidos.

**Por encargo de**

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ)  
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania (BMUB)

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

**Fecha de publicación:** abril de 2018

# ÍNDICE

<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
1.1. Alcance de este documento	6
1.2. Definiendo el monitoreo de la biodiversidad	6
1.3. ¿Por qué y cuándo monitorear la biodiversidad?	7
1.4. Compromisos internacionales del monitoreo de la biodiversidad	7
<b>2. SELECCIÓN DE INDICADORES ADECUADOS</b>	<b>9</b>
2.1. Considerando diferentes categorías de indicadores	9
<b>Recuadro 1.</b> Categorías de indicadores para la gestión adaptativa	11
2.2. ¿Qué es lo que hace que sea un buen indicador?	12
<b>3. COLABORADORES PARTICIPANTES</b>	<b>13</b>
3.1. Compromiso de las partes interesadas	13
3.2. Oportunidades y desafíos en el monitoreo participativo de la biodiversidad	13
Oportunidades en el monitoreo participativo	13
Desafíos y limitaciones del monitoreo participativo	14
3.3. ¿Más colaboradores?	15
Ciencia ciudadana	15
Ámbito académico	15
Sector privado	15
<b>4. PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MONITOREO</b>	<b>16</b>
4.1. Tipos de monitoreo	16
4.2. Formas de adquisición de datos	17
4.3. Diseño del estudio y metodología de muestreo	17
<b>Recuadro 2.</b> Lista de verificación para el monitoreo de la biodiversidad	18
4.4. Manejo de datos crudos	19
4.5. Análisis e interpretación de datos	20
4.6. ¿Cómo utilizar los resultados de la mejor manera posible?	21
Asegurar y compartir datos	21
La retroalimentación de resultados para la gestión	22
Compartir resultados a través de la publicación	22
<b>5. REFERENCIAS CITADAS</b>	<b>23</b>
<b>6. RECURSOS ADICIONALES</b>	<b>25</b>
6.1. Gestión adaptativa y monitoreo oportunista	25
6.2. Monitoreo participativo	25
6.3. Referencias generales acerca del monitoreo	25
6.4. Selección de indicadores de monitoreo	27
6.5. Diseño del estudio y análisis de datos	27
6.6. Metodologías de muestreo para grupos específicos de organismos	28
6.7. Software para la gestión y el análisis de datos	28
<b>APPENDICES</b>	<b>30</b>
Apéndice 1. Diseño del estudio para monitoreo de campo	30
Apéndice 2. Abordando la variabilidad en el muestreo aleatorio	31
Apéndice 3. Organismos como indicadores	33

# LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ANSAB</b>	<i>Asia Network for Sustainable Agriculture and Bioresources</i> Red de Asia para la Agricultura Sustentable y los Recursos Biológicos
<b>BBOP</b>	<i>Business and Biodiversity Offsets Programme</i> Programa de Negocios y Compensaciones para la Biodiversidad
<b>CDB</b>	Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD por sus siglas en inglés)
<b>CITES</b>	<i>Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora</i> Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés)
<b>CMS</b>	<i>Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals</i> Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres
<b>COP</b>	<i>Conference of Parties</i> Conferencia de las Partes
<b>ENV</b>	<i>Education for Nature Vietnam</i> Educación para la Naturaleza Vietnam
<b>FAO</b>	<i>The Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>GBIF</b>	<i>Global Biodiversity Information Facility</i> Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad
<b>GIZ</b>	<i>Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable
<b>GPS</b>	Global Positioning System Sistema de Posicionamiento Global
<b>ITPGRFA</b>	<i>International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture</i> Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
<b>LIDAR</b>	<i>Light Detection And Ranging</i> Detección y Localización por Luz
<b>M&amp;E</b>	Monitoreo y evaluación
<b>METT</b>	<i>Management Effectiveness Tracking Tool</i> Herramienta de monitoreo de la efectividad de manejo
<b>ONG</b>	Organización no gubernamental
<b>NBSAP</b>	<i>National Biodiversity Strategy and Actions Plan</i> Estrategias de la biodiversidad nacional y planes de acciones
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés)

<b>PFNM</b>	Productos forestales no madereros
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés)
<b>PPP</b>	<i>Public-Private Partnerships</i> Asociaciones público-privadas
<b>PSR</b>	<i>Pressure-State-Response</i> Presión-Estado-Respuesta
<b>PSBR</b>	<i>Pressure-State-Benefit-Response</i> Presión-Estado-Beneficio-Respuesta
<b>REDD+</b>	<i>Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries</i> La Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la Deforestación y Degradación de los bosques, la conservación y el incremento de las capturas de CO <sub>2</sub> en países en desarrollo
<b>SBIA</b>	<i>Social and Biodiversity Impact Assessment</i> Evaluación del impacto social y de la biodiversidad
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SMART</b>	<i>Sensitive, Specific, Measurable, Achievable, Time-bound</i> Sensible, específico, medible, alcanzable, relevante y de duración definida
<b>SMART</b>	<i>Spatial Monitoring and Reporting Tool</i>
<b>SNRD</b>	<i>Sector Network Rural Development</i> Red Sectorial de Desarrollo Rural de la GIZ
<b>TEEB</b>	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i> La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad
<b>TRA</b>	<i>Threat Reduction Assessment</i> Evaluación de la Reducción de Amenazas
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés)
<b>WHC</b>	<i>World Heritage Convention</i> Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial

## AGRADECIMIENTOS

Este manual ha sido producido en inglés por la Red Sectorial Desarrollo Rural (Sector Network Rural Development — SNRD) Asia y adaptado al español por la Red Sectorial Gestión Ambiental y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe (GADeR-ALC), ambos redes formando parte de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable - GIZ). El apoyo se proporcionó a través del proyecto de la GIZ 'Fomento del Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático' y el grupo de trabajo de biodiversidad de la SNRD. Stefan Bepler, Urs Hintermann, Ismet Khaeruddin, Mirjam de Koning, Yannick Kühl, Isabel Renner, Klaus Schmitt y Edgar Camacho Castillo proporcionaron comentarios valiosos. En caso de que tenga algún comentario o pregunta, póngase en contacto con Florian Werner (florian.werner@giz.de)



# 1. INTRODUCCION

## 1.1. Alcance de este documento

El monitoreo de la diversidad biológica (biodiversidad) se encuentra en demanda creciente en el sector del desarrollo internacional; esto es debido al papel clave que juega la biodiversidad en el aseguramiento de los medios de vida a través del suministro de bienes básicos y servicios ambientales, que es cada vez más reconocido. Mientras tanto, el rápido crecimiento global de los planes de conservación diseñados para incentivar a comunidades y a otros participantes locales a preservar de manera efectiva sus recursos naturales, ha dado nueva importancia al papel del monitoreo de la biodiversidad, el cual evalúa si se está cumpliendo con los acuerdos y los objetivos vinculados con los pagos (Danielsen et al. 2014).

Los practicantes en los sectores de silvicultura, agricultura, pesca y conservación sustentables que se enfrentan con la tarea del monitoreo de la biodiversidad, frecuentemente no cuentan con una afinidad de fondo con las ciencias de la biodiversidad. La internet les ofrece una cantidad abrumadora de información, cuyo filtrado y búsqueda pueden representar una forma ineficiente para comprender el tema. Esta breve introducción al monitoreo de la biodiversidad tiene el objetivo de proporcionar una guía práctica para los profesionales que trabajan en pro de la gestión sustentable de los recursos naturales, especialmente en los países en vías de desarrollo. Ésta aborda algunas de las principales preguntas, problemas y dificultades en el monitoreo de la biodiversidad y ofrece referencias cuidadosamente seleccionadas para la lectura complementaria.

## 1.2. Definiendo el monitoreo de la biodiversidad

La palabra biodiversidad ha sido durante mucho tiempo una palabra de moda en toda una gama de campos, y las nociones de lo que realmente significa biodiversidad divergen ampliamente. Mientras que algunas personas utilizan el término específicamente para referirse a especies individuales o grupos de especies por las que existe una preocupación prominente en lo referente a su conservación o importancia económica, otros (incluyendo a la mayoría de los ecólogos) relacionan la biodiversidad con un contexto mucho más general e integral. Esto es relevante, ya que las definiciones divergentes a menudo dan lugar a conceptos erróneos y malentendidos. Establecer definiciones claras de la biodiversidad, así como de los términos clave que se relacionan con ésta, es, por consiguiente, un primer paso importante para garantizar que las partes interesadas encuentren intereses comunes de manera eficiente en lo que respecta a los objetivos y conceptos de su monitoreo de la biodiversidad. Hasta este momento, la biodiversidad comúnmente se define en términos generales para incluir tres dimensiones: '*diversidad en las especies (genes), entre las especies y de los ecosistemas*' (CDB, Art. 2), incluyendo las plantas y los animales domésticos.

El monitoreo, definido como la recolección y el análisis de observaciones o mediciones repetidas con el fin de evaluar los cambios en las condiciones y progresar hacia el cumplimiento de un objetivo de gestión (Elzinga et al. 2001), puede aplicarse a las tres dimensiones de la biodiversidad. No obstante, el monitoreo de genes en particular, tiene algunas limitaciones prácticas. Por ejemplo, la medición de los alelos (formas alternativas de genes) requiere de sistemas de detección sofisticados y costosos. Asimismo, en este momento se reconoce ampliamente que no se trata



simplemente de conocer el número de alelos, sino cómo se combinan para formar genotipos multi-locus que determinan la diversidad genética efectiva. Los ecosistemas naturales, a menudo, son no discreto (con zonas transicionales continuas, 'ecotonos'); por lo tanto, su definición, número y área son subjetivos en cierta medida (Boyle 2001). **Las especies biológicas** son algo más palpables: son unidades naturales e intuitivas (en su mayoría) que constituyen los bloques de construcción elementales de los ecosistemas y pueden ser evaluadas de una manera relativamente fácil en el campo. Tradicionalmente, las mediciones de la diversidad de las especies y de la estructura del ecosistema son las principales dimensiones de la biodiversidad, evaluadas como tales ('estado' de biodiversidad) a través de múltiples proyectos de monitoreo de la biodiversidad, y también se mencionan aquí con más profundidad. No obstante, como se describe a continuación, los programas de monitoreo no solo deben considerar la cuantificación del estado de la biodiversidad, sino que también deben incluir factores determinantes, presiones y también respuestas sobre la gestión, la gobernanza y las políticas.

### 1.3. ¿Por qué y cuándo monitorear la biodiversidad?

Además de los servicios de aprovisionamiento que son obvios (p. ej. alimentos, medicamentos), la biodiversidad proporciona una gran cantidad de servicios de regulación (p. ej., regulación del clima, polinización de cultivos),

culturales, y de apoyo (mantenimiento del funcionamiento del ecosistema; Kumar 2010). Aunque muchos de estos servicios del ecosistema no están vinculados con especies individuales, y muchos ecosistemas pueden parecer más ricos en especies de lo que es necesario para mantener su funcionamiento, las especies individuales sí cuentan. Los ecosistemas ricos en especies tienen una mayor productividad y estabilidad, son más resistentes a las especies invasoras y más resilientes ante el cambio climático global y los desastres naturales (p. ej. Peterson et al. 1998, Gamfeldt et al. 2013). Es importante destacar que tienen un mayor potencial para una adaptación al cambio climático basada en ecosistemas, que puede mitigar inmensas pérdidas económicas. Adicionalmente, se cree que el impacto de la pérdida de la biodiversidad es gradual únicamente hasta cierto umbral crítico del estrés de los ecosistemas (el 'punto crítico') en el que colapsan funciones y servicios del ecosistema.

Las medidas de monitoreo de la biodiversidad y los parámetros relacionados permiten la detección, cuantificación y el pronóstico de las tendencias en el estado de la biodiversidad, así como medir el cumplimiento con las normas y la efectividad de la gestión. También permite el mejoramiento de la comprensión de las relaciones causales entre las acciones de los seres humanos y la biodiversidad. Al **permitir la toma de decisiones informadas**, el monitoreo proporciona una base fundamental para la gestión efectiva y la gobernanza de la biodiversidad.

### 1.4. Compromisos internacionales del monitoreo de la biodiversidad

El **Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)** ha establecido un número de objetivos aprobados por los estados que han firmado el Convenio (Partes Contratantes). P. ej., en la 11ª Conferencia de las Partes (COP) del CDB en Hyderabad (2012), los países donantes acordaron duplicar los flujos totales de los recursos financieros internacionales relacionados con la biodiversidad para el 2015 y se comprometieron a mantener o aumentar estos niveles hasta el 2020. El Art. 6 del CDB requiere que los estados desarrollen Estrategias Nacionales de Biodiversidad y Planes de Acción (NBSAPs) que indiquen su intención para cumplir con los objetivos del Convenio a la luz de las circunstancias nacionales específicas. Con fundamento en el Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 del CDB, que incluye a las así llamadas 20 Metas de la Biodiversidad de Aichi, cada una de las Partes Contratantes se compromete a monitorear y revisar la implementación de sus NBSAP, haciendo uso del conjunto de indicadores creados para las Metas de la Biodiversidad de Aichi, así como a presentar informes de ello a la COP. Por consiguiente, cualquier NBSAP debe incluir acciones destinadas a medir el progreso hacia las Metas de Aichi.



Los compromisos acordados en otros convenios internacionales, también exigen o sugieren un monitoreo de la biodiversidad a nivel nacional, incluyendo:

- **Convención sobre los Humedales** ([Convención Ramsar](#)): identificación y monitoreo de los humedales con relevancia internacional en base a un criterio claro;
- **Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres** ([CITES](#)): monitoreo del comercio internacional con vida silvestre;
- **Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres** ([CMS](#) o 'Convención de Bonn'): monitoreo de poblaciones y tendencias de especies migratorias seleccionadas.
- **Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura** ([ITPGRFA](#)): monitoreo de la depauperación genética en plantas agrícolas (respaldado por una base de datos internacional: [Sistema Mundial de Información](#));
- **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** ([CMNUCC](#)): de una manera más notable en lo referente a los beneficios colaterales de la biodiversidad forestal en conformidad con REDD+;
- **Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial** ([WHC](#)): identificación y monitoreo de sitios con un valor cultural y natural excepcional.

La mayoría de estas convenciones han creado directrices y protocolos de monitoreo específicos (p. ej. [humedales Ramsar](#)). Para mayor información, consultar [sitio web del CDB](#) or Latham et al. (2014).

Los regímenes de control de la biodiversidad, frecuentemente desarrollados siguiendo los compromisos que se realizan a nivel internacional, son, en última instancia, obligaciones de los gobiernos nacionales. Esto se debe a que el monitoreo de la biodiversidad tiene como objetivo informar para la toma de decisiones por parte de las agencias gubernamentales nacionales y locales. La recopilación de datos es coordinada frecuentemente por el organismo de estadísticas nacionales, con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente y las opiniones de otros organismos oficiales (silvicultura, pesca, agricultura, ordenamiento territorial, etc.). Junto con los organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONGs) e instituciones académicas nacionales e internacionales, con frecuencia producen indicadores o recolectan datos. Por consiguiente, desarrollar un plan de monitoreo de la biodiversidad a menudo requiere de un buen conocimiento de un gran número de partes interesadas ('*stakeholders*'), así como de la capacidad de participar y cooperar con ellas.



## 2. SELECCIÓN DE INDICADORES ADECUADOS

Un indicador se define comúnmente como una medición que se basa en datos verificables y que transmite información más allá de sí misma. En términos muy generales, el atractivo de los indicadores de la biodiversidad es, por lo tanto, proporcionar información de mayor relevancia para la biodiversidad de una manera técnica y financieramente factible. Los indicadores están vinculados de manera rutinaria a criterios específicos, especialmente en lo que se refiere a la administración forestal ('criterios e indicadores'). Los criterios definen el alcance de los objetivos de la gestión y los elementos o principios esenciales de ésta. Por lo tanto, cada criterio se relaciona con un elemento clave del éxito de la gestión, y vincular los indicadores a criterios específicos ayuda a establecer un conjunto de indicadores completo y eficiente (dirigido).

Cualquier discusión sobre el monitoreo de la biodiversidad necesita iniciar con la pregunta **¿Cuáles son los objetivos**

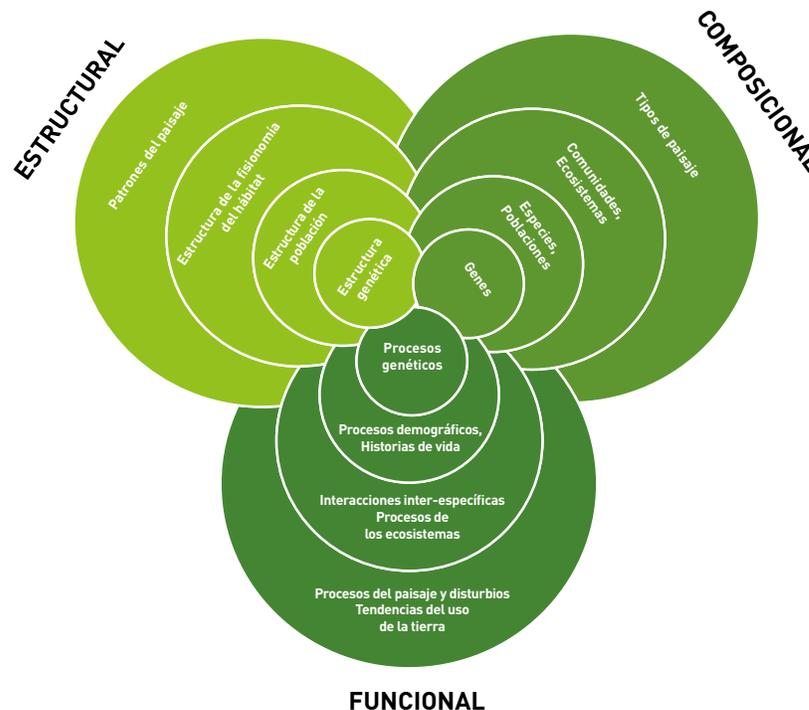
**finales de nuestro monitoreo?'** La elección de indicadores adecuados se realiza únicamente después de que los principales interesados se pongan de acuerdo en lo referente a objetivos de monitoreo claros y específicos.

### 2.1. Considerando diferentes categorías de indicadores

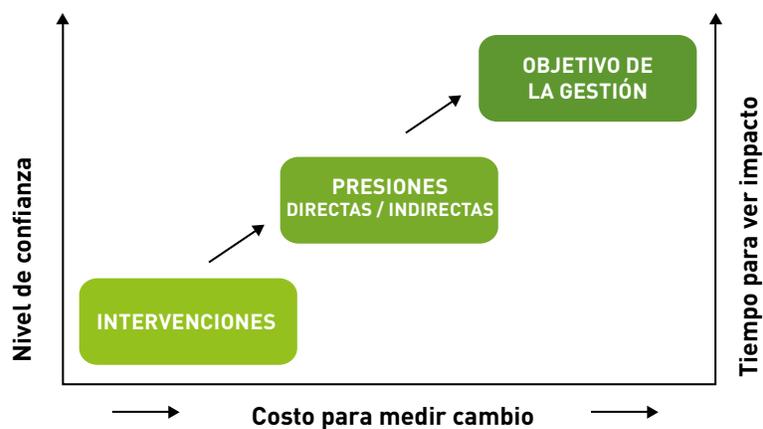
Los indicadores del estado de la biodiversidad se pueden categorizar de manera útil como funcionales, estructurales o composicionales, así como de acuerdo a sus niveles organizacionales (**Fig. 1**). No obstante, el enfoque clásico para controlar la biodiversidad en sí misma (su estado, p. ej., abundancia o composición de especies, calidad o cantidad del hábitat) de manera independiente, raramente es suficiente para informar las decisiones sobre la gestión o las políticas. Esto se debe, en parte, a que dichos indicadores de estado, aunque documentan los cambios en la biodiversidad, rara vez arrojan información útil sobre los factores que generan estas tendencias. Monitorear el estado de la biodiversidad es también una tarea costosa y a largo plazo. Dada la relación causal supuesta entre los objetivos de gestión, las presiones específicas (o amenazas, factores de estrés) y las respuestas de gestión (intervenciones) diseñadas para mitigar dichas presiones, el monitoreo de las presiones y respuestas permite medir el progreso hacia los objetivos de la gestión en períodos más cortos, aunque con menor confianza (Rao et al. 2009; **Fig. 2**).

Un marco conceptual útil y ampliamente aplicado para seleccionar indicadores de biodiversidad que considera las deficiencias de estos enfoques es el modelo Presión-Estado-Respuesta (PSR, por sus siglas en inglés) (OCDE 1994). El mensaje central del marco PSR es que iniciativas de monitoreo nunca deben monitorear los objetivos de conservación en forma aislada, sino que siempre deben

incluir las influencias positivas y negativas sobre dichos objetivos (Richards & Panfil 2011), de tal manera que combinen indicadores de presiones, estado y respuestas siempre que esto sea factible. Una categoría adicional de indicadores de biodiversidad que vale la pena considerar son los indicadores de beneficios (CDB 2011; **Recuadro 1**).



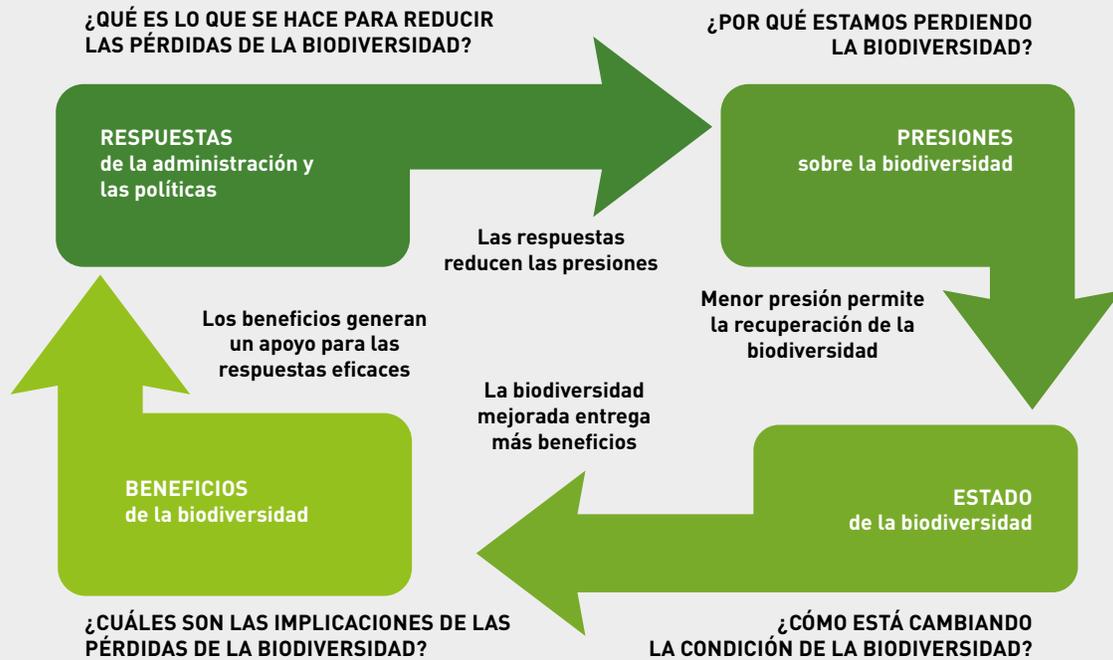
**Fig.1.** Cada uno de los componentes composicionales, estructurales y funcionales del estado de la biodiversidad, abarca múltiples niveles de organización. Este marco conceptual facilita la selección de los indicadores de estado. Los parámetros estructurales con frecuencia pueden ser eficientes con respecto a los recursos; p. ej. la cantidad de madera muerta de un bosque es fácil de medir, tiende a estar bien correlacionada con muchas medidas de biodiversidad y, por tanto, puede servir como buen proxy sencillo para la salud del ecosistema. Los aspectos funcionales tienden a ser más importantes para un entendimiento de los procesos y las relaciones causa-efecto, y juegan un papel importante en la investigación básica y el monitoreo de validación, pero mucho menor en la implementación y el monitoreo de la efectividad de gestión. Fuente: redibujado después de Noss 1990.



**Fig. 2.** Los compromisos ('trade-offs') en costos, tiempo y nivel de confianza al monitorear las intervenciones del proyecto (es decir, respuestas de la gestión), presiones u objetivos de gestión (estado de la biodiversidad) en sí mismos. Las presiones indirectas aquí se refieren a los principales controladores socioeconómicos (p. ej., el crecimiento de la población) detrás de las presiones directas (próximas) (p. ej., la sobrepesca). Fuente: modificada después de Rao et al. 2009.

## Recuadro 1: Categorías de indicadores para la gestión adaptativa

Las estrategias y planes de gestión se basan invariablemente en supuestos (riesgos, amenazas, oportunidades, relaciones causa-efecto) que pueden o no, ser correctos en determinadas circunstancias y que cambian con el tiempo. La gestión adaptativa facilita el hacer frente a estas incertidumbres inherentes a través de un proceso iterativo de cuestionamiento informado y reajuste de estrategias de gestión que se basa en los resultados del monitoreo. El concepto directo de la gestión adaptativa es, por lo tanto, un ciclo regular de planificación, implementación y monitoreo, que garantiza la mejora continua y efectiva de la gestión mediante el aprendizaje. Estrechamente ligado a este concepto está el marco PSR/PSBR, que ayuda a maximizar el valor práctico de los conjuntos de indicadores (Fig. 3).



**Fig.3.** Modelo conceptual Presión-Estado-Beneficio-Respuesta (PSBR, por sus siglas en inglés) de los tipos de indicadores de biodiversidad (modificado después de Sparks et al. 2011). Los indicadores incluyen, p. ej., **presiones**: controladores socio-económicos del cambio en el uso de la tierra y las presiones directas resultantes (conversión, degradación, fragmentación del hábitat), especies invasivas, actividades extractivas, cambio climático, contaminación, incluyendo también presiones potenciales (comparar Fig. 4); **estado**: tamaños/hábitats de poblaciones de especies, riqueza de especies, composición de la comunidad, reservas de carbono forestal, extensión y condición del hábitat, etc.; **beneficios (servicios ambientales)**: aprovisionamiento (p. ej., alimentos, materias primas, energía, medicamentos), regulación (p. ej., regulación del clima, purificación del agua, polinización de cultivos), respaldo (mantenimiento del funcionamiento del ecosistema, p. ej., el ciclo de nutrientes), servicios culturales del ecosistema (p. ej., espiritual, recreativo) como un nivel de servicios prestados (p. ej., volumen de agua o madera), un valor monetario o derivado (p. ej., trabajos en el sector forestal), etc.; **respuestas**: p. ej., inversión de recursos en la sustentabilidad, esfuerzos de aplicación/administración de la ley, legislación y políticas.

Vale considerar que los indicadores individuales pueden coincidir con más de una categoría; p. ej. la cubierta forestal puede ser indicativa de presión, estado, respuesta y beneficios. Debido a que son difíciles de evaluar, los indicadores de presión, beneficio y respuesta frecuentemente se basan en información existente (p. ej., en las oficinas de estadísticas nacionales). Los indicadores de beneficios ayudan a resaltar y comunicar el valor de la biodiversidad y tienen un uso práctico creciente en los planes de incentivos. Sin embargo, tienden a ser más desafiantes que los indicadores de las demás categorías. Una variante aún más compleja del concepto PSBR es el modelo Controlador-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), por sus siglas en inglés).

## 2.2. ¿Qué es lo que hace que sea un buen indicador?

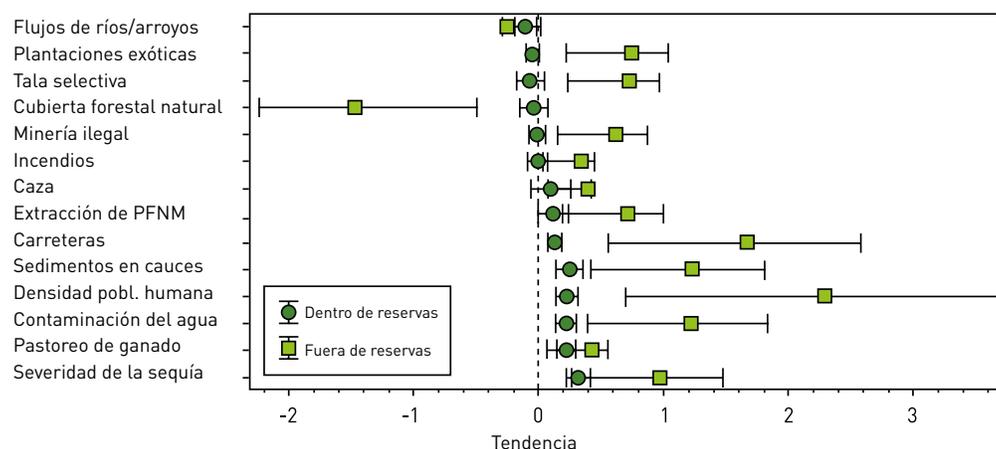
Con la finalidad de entregar resultados útiles, el monitoreo de la biodiversidad necesita ser adaptado para objetivos específicos. Por lo tanto, es fundamental definir claramente los objetivos de monitoreo en una etapa de planificación temprana.

Los criterios SMART son cruciales en la selección de indicadores. Un buen indicador de la biodiversidad debe ser:

- **Sensible y Específico** para la condición (estado) del medio ambiente, presión o respuesta en cuestión. La sensibilidad se refiere a la detección rápida de cambios finos;
- **Medible**, de ser posible cuantitativamente, de manera que permita una medida confiable en los resultados;
- **Alcanzable** con los recursos económicos al alcance de la mano (costo-eficiente); consultar también el [Apéndice 3](#) específicamente para el monitoreo de especies respectivas;
- **Relevante** para estar de acuerdo con los objetivos de monitoreo, la gestión de los recursos naturales y las políticas; cualquier régimen de control debe proporcionar vínculos claros con las NBSAP y sus objetivos (ver ejemplo en la **Fig. 4**);
- **Tiempo definido**. De duración limitada, ya que los resultados deben ser accesibles dentro de un marco de tiempo definido y proporcionar información sobre los cambios en el transcurso del tiempo.

Otras consideraciones prácticas incluyen:

- La elección de **indicadores que respondan tanto a los cambios positivos como a los negativos**;
- La elección de **varios indicadores** en la medida de lo posible. Los sistemas naturales son complejos e incluso un indicador cuidadosamente elegido puede fluctuar impredeciblemente; p. ej. una población de una especie debido a enfermedades o eventos climáticos extremos (Richards y Panfil 2011) o puede verse afectada por factores fuera del área de monitoreo (p. ej., especies migratorias, calidad del agua en una cuenca compartida);
- **Intuitividad**. ¿Es el indicador lo suficientemente fácil de entender como para ser comunicado de manera efectiva a las partes interesadas locales, así como a los encargados de tomar decisiones? ¿Se relaciona con algo que las personas pueden utilizar o tiene un valor emocional?
- **Disponibilidad de información**. Los datos históricos pueden servir como una referencia valiosa (por ejemplo, cambio en el uso de la tierra, distribución o abundancia de especies), mientras que los datos actuales (p. ej., índices socio-económicos de las estadísticas nacionales) pueden complementar muchos regímenes de monitoreo;
- **Sustentabilidad**. ¿Puede el sistema de monitoreo ser institucionalizado (es decir, incluido en las tareas de los organismos gubernamentales) con la finalidad de garantizar su implementación a largo plazo?



**Fig.4.** Presiones comunes sobre la biodiversidad de bosque tropical. Esta figura muestra las tendencias temporales (medias e intervalos de confianza del 95%) en presiones seleccionadas dentro (círculos verdes) y fuera (cuadrados verdes) de 59 reservas forestales alrededor del mundo. Las tendencias se muestran como un índice relativo que se basa en un cuestionario semi-cuantitativo (Laurance et al. 2012). La evaluación de reducción de amenazas (TRA, por sus siglas en inglés; Margoluis y Salafsky 2001) ofrece una herramienta bien establecida para diseñar estudios que involucran a los indicadores de la presión; la herramienta de seguimiento de la efectividad de la gestión (Management Effectiveness Tracking Tool (METT); Stolton et al. 2007), proporciona otra herramienta, aún más amplia, para realizar una evaluación de los indicadores relevantes para la gestión de la conservación a través de cuestionarios.

# 3. COLABORADORES PARTICIPANTES

## 3.1. Compromiso de las partes interesadas

La identificación temprana y la consultación exhaustiva de las partes interesadas pertinentes desde el nivel internacional hasta el nivel local son fundamentales para garantizar el éxito de las iniciativas de monitoreo. Esto ayuda a garantizar que se eviten malentendidos y que se maximice el apoyo, permite que se definan metas y objetivos comunes del monitoreo, así como los indicadores idóneos que se seleccionarán posteriormente. La participación de las partes interesadas también es vital para asegurar la sustentabilidad de las condiciones de monitoreo (p. ej., financiación a largo plazo, institucionalización). Las partes interesadas relevantes incluyen a todas las entidades y personas que puedan proporcionar la capacidad, los datos y la experiencia técnica necesarios, así como a aquellas afectadas por, o que se benefician de, las actividades y los resultados del monitoreo.

Los objetivos e indicadores necesitan adaptarse a las necesidades de las partes interesadas. No obstante, en la práctica, las partes interesadas tienden a pedir demasiado. Consecuentemente, es importante cuestionar las ideas y los deseos iniciales, p. ej., *¿Qué es lo que va a hacer con esta información? ¿Sería suficiente tener solo...?* Elaborar modelos de resultados y matrices de productos ayuda a identificar las necesidades reales y a limitar los costos. La utilización de pocos parámetros, pero significativos y con una valoración acurada, podrán brindar más información que la utilización de un gran número de indicadores mal valorados. El asesoramiento de las partes interesadas es un proceso iterativo que a menudo puede requerir de mucha mediación para encontrar compromisos prácticos.

## 3.2. Oportunidades y desafíos en el monitoreo participativo de la biodiversidad

El término 'monitoreo participativo' generalmente se aplica a las actividades de monitoreo que involucran a la población local (Evans y Guariguata 2008). Si bien la participación de expertos locales de instituciones gubernamentales u ONGs para el monitoreo de la biodiversidad ya es una práctica común, la participación de las comunidades locales sigue siendo muy poco utilizada.



## Oportunidades en el monitoreo participativo

Independientemente de su formación académica, las personas locales comprometidas pueden recopilar datos de alta calidad a bajo costo (Danielsen et al. 2014). La inclusión de comunidades locales, residentes e instituciones en el monitoreo de la biodiversidad puede generar una serie de beneficios importantes, tales como:

- Elevar la conciencia, la reflexión y el sentido de propiedad de su biodiversidad entre las comunidades locales y otras partes interesadas locales;
- Aumentar el apoyo para la conservación entre las comunidades locales y otras partes interesadas locales;
- Mejorar los medios de vida locales a través de ingresos adicionales;
- Llegar a fusionar el extenso conocimiento indígena tradicional con el rigor científico;
- Promover las capacidades humanas locales;



- Hacer que el monitoreo intensivo de la mano de obra sea factible y asequible (p. ej., cuando se requiere la recopilación continua de datos de campo). Los enfoques de monitoreo participativo pueden reducir los costos en gran medida (consultar, p. ej., Holck 2008);
- Mejorar la sustentabilidad de sistemas de monitoreo a través de bajos costos de operación y estructuras locales permanentes.

### Desafíos y limitaciones del monitoreo participativo

- Muchos indicadores y protocolos de muestreo requieren de profesionales ampliamente capacitados, así como de equipos costosos y delicados; la capacitación de los locales para tales tareas puede no ser realista;
- Mayor probabilidad de que la calidad de datos sea limitada, variable (entre personas) o incierta en comparación con los datos recopilados de una manera profesional; una medida para verificar la calidad de los datos en el monitoreo participativo de la biodiversidad es permitir que, ocasionalmente, diferentes equipos o individuos repitan la colección de datos de los compañeros.

- Identificar de manera confiable al personal adecuadamente preparado, auto-motivado y responsable es crucial, y puede ser un desafío;
- Las inversiones iniciales para capacitación pueden ser altas y pueden generar dependencia sobre el compromiso del personal a largo plazo;
- Los resultados obtenidos pueden verse más fácilmente influenciados por las expectativas o los resultados deseados;
- Pueden surgir tensiones cuando solo unos pocos miembros de la comunidad se benefician del empleo. Por otro lado, rotación y división del tiempo de trabajo del personal local pueden ser perjudiciales para la calidad de resultados de monitoreo.

Cuánta participación local es factible o ideal depende en gran medida de los contextos del proyecto. No obstante, mientras los locales no especializados y bien capacitados a menudo pueden ser una buena opción para recopilar datos, es aconsejable contar con al menos un científico que supervise el monitoreo (Pitman 2011).

### 3.3. ¿Más colaboradores?

#### Ciencia ciudadana

La 'ciencia ciudadana', la participación en la investigación de voluntarios provenientes del público en general, es un enfoque participativo para la recopilación de datos que ofrece muchas oportunidades nuevas a través de herramientas basadas en la web (Bonney et al. 2014). Las contribuciones voluntarias hechas por los miembros del público pueden abarcar desde el reporte oportunisto ocasional hasta el voluntariado de tiempo completo, y con frecuencia también involucran a personas que no son locales.

Además de proporcionar información valiosa al menor costo posible, la participación de los ciudadanos también es una herramienta de divulgación y formación eficaz. Algunos buenos ejemplos incluyen, p. ej., [eBird](#), una base de datos en línea que aprovecha la inmensa experiencia y actividades de la comunidad de observación de aves (véase también [iNaturalist](#)); la ONG vietnamita ENV emplea un [sistema de informes basado en la web](#) que facilita los informes provenientes de los ciudadanos sobre delitos contra la vida silvestre a través de teléfonos inteligentes; El Parque Nacional Great Barrier Reef de Australia pide a los visitantes que ayuden subiendo y cargando imágenes tomadas desde puntos fijos que después sirven para [monitorear los manglares](#). Para mayor información sobre el tema consulte también [Cornell Lab](#).

#### Ámbito académico

La vinculación con científicos individuales y/o universidades u otras instituciones de investigación es una oportunidad poco aprovechada para aumentar la rentabilidad, los resultados y el impacto de un programa de monitoreo.

Suponiendo una buena calidad y documentación del material vegetal y animal recolectado, mucho **expertos taxonómicos** internacionales están dispuestos a identificar los especímenes (muestras de plantas o animales recolectadas para su identificación y referencia); muchos de ellos estarían encantados de asesorar aún más sobre la preparación y documentación de especímenes o sobre el reconocimiento preliminar de especies en el campo.

**Científicos investigadores en ecología, teledetección o campos relacionados** nacionales e internacionales, frecuentemente pueden estar disponibles para ayudar a diseñar y proporcionar asesoría durante el estudio, o para reclutar y supervisar estudiantes de tesis de su propia institución o de cualquier otra universidad. Su participación puede aumentar considerablemente el impacto a través de la planificación profesional, el análisis y la publicación de los resultados en revistas científicas. Frecuentemente están interesados en las series de larga duración y pueden ayudar a asegurar una mayor sustentabilidad al ofrecer dinamismo y recursos para continuar con el monitoreo.

Los **estudiantes de tesis** bien supervisados pueden proporcionar ayuda sustancial con lo que se refiere a la coordinación, la recolección y el análisis de datos a costos comparativamente bajos (la cobertura de gastos comúnmente es suficiente para tesis de licenciatura o maestría). Los estudiantes de tesis nacionales ofrecen excelentes oportunidades para desarrollar la capacidad profesional en el país. Cuidadosamente seleccionados, ayudarán a asegurar el éxito a través de una alta motivación y habilidades, así como con un interés muy personal en obtener resultados de alta calidad.

Los científicos empleados por instituciones de investigación con frecuencia cobrarán honorarios comparativamente bajos, si los hubiere, dada la posibilidad de llegar a analizar y publicar resultados interesantes. La desventaja es que, planificar e implementar una colaboración con socios académicos a menudo requerirá más tiempo de preparación que la consultoría clásica (p. ej., requisitos de permisos para el envío de muestras, disponibilidad de estudiantes de tesis). La identificación de posibles socios académicos en una etapa temprana de la planificación es, por consiguiente, vital para lograr una coordinación exitosa.

#### Sector privado

Las empresas privadas están cada vez más interesadas en contribuir con la conservación y el monitoreo de la biodiversidad. Esto es el resultado de una creciente apreciación de tres razones principales: el valor económico de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; requisitos más estrictos de la legislación nacional en la planificación del desarrollo económico; y una apreciación más prominente y generalizada de la biodiversidad en la sociedad.

Como resultado, las **Asociaciones Público-Privadas (PPP)** ofrecen atractivas oportunidades para el financiamiento sustentable del monitoreo de la biodiversidad. En particular, el Programa de Negocios y Compensaciones para la Biodiversidad (**BBOP**) ofrece una oportunidad tanto para el monitoreo de la biodiversidad como para la conservación en el contexto de proyectos de desarrollo económico. Proporciona un marco útil ('jerarquía de mitigación') así como directrices y normas detalladas de las mejores prácticas para proyectos de desarrollo económico amigables con la biodiversidad.

El establecimiento de fondos fiduciarios para la conservación, frecuentemente creados mediante la cooperación entre contribuciones gubernamentales y privadas, también es cada vez más popular y eficaz en la entrega de recursos importantes para la conservación y el monitoreo de la biodiversidad en todas partes del mundo (consultar, p. ej., World Bank 2013). Consulte también la [Plataforma Mundial sobre las Empresas y la Biodiversidad del CDB](#) para obtener una variedad de planteamientos y buenas prácticas



## 4. PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MONITOREO

### 4.1. Tipos de monitoreo

Conceptualmente, es útil distinguir entre cuatro categorías diferentes de monitoreo de la biodiversidad, de acuerdo con sus objetivos:

- **Monitoreo de vigilancia ('monitoreo de línea base')**: se enfoca en detectar cambios de la biodiversidad a largo plazo (número de especies, composición de especies, etc.). Los programas de monitoreo de vigilancia deben ser representativos para el área en consideración (hábitat, paisaje, región o país únicos) y tienden a abarcar una amplia gama de especies o grupos de especies y tipos funcionales (p. ej. tanto especies móviles como sésiles, tanto herbívoros como carnívoros). En general, el monitoreo de vigilancia tiene como objetivo detectar cambios en los parámetros del estado, pero no está conducido por la hipótesis ni orientado a la gestión, es deficiente para resolver las relaciones de causa y efecto y es relativamente costoso. A veces se denomina como monitoreo '*omnibus*' para la gran (y vaga) variedad de aplicaciones posibles, como:
  - proporcionar datos para estrategias de planificación, reporte de información en conformidad con la legislación o los acuerdos internacionales (p. ej., CDB); alerta temprana genérica (p. ej., respuesta al cambio climático); documentar y/o modelar los efectos del cambio global sobre la biodiversidad (p. ej., para la adaptación al cambio climático, la planificación de la conservación); recopilar información de referencia (p. ej., para proyectar tendencias). El [Programa Suizo de Monitoreo de la Biodiversidad](#) es un ejemplo clásico de monitoreo de vigilancia;
- **Monitoreo de implementación ('monitoreo operacional')**: se utiliza para evaluar el cumplimiento de las actividades de gestión en relación con un plan de gestión, directrices y normas establecidas (p. ej., después de los procedimientos de participación de las partes interesadas para la certificación de REDD+; reportar a las agencias de línea, los donantes o los organismos de certificación);
- **Monitoreo de efectividad ('monitoreo de impacto')**: se centra en la medición de los efectos de las intervenciones sobre los objetivos de gestión (p. ej., el impacto de la construcción de una autopista, los efectos de los incentivos para los agricultores, los efectos de la gestión del agua subterránea). Las aplicaciones típicas incluyen el monitoreo de la efectividad de la gestión (p. ej., la aplicación de la ley o la sostenibilidad de la extracción de recursos en áreas bajo manejo) o los planes de incentivos relacionados con el cumplimiento o los resultados (p. ej., a través de la evaluación y recompensando al personal o a las comunidades; verificación REDD+);

- **Monitoreo de validación:** utilizado para determinar si el logro de objetivos específicos fue en realidad una consecuencia de las actividades de la gestión. Esta es la categoría más desafiante de monitoreo, ya que implica establecer relaciones causales entre algunas acciones administrativas, así como una respuesta ambiental (Lindenmayer y Franklin 2002). Por lo tanto, el monitoreo de validación necesita incluir una gama más amplia de indicadores y puede que esto no siempre sea factible.

De manera importante, las tres últimas categorías de monitoreo son **tipos de monitoreo complementarios, aplicados ('dirigidos')** que, de preferencia, deben **combinarse para el manejo adaptativo**. Aunque la combinación del monitoreo de vigilancia con estos tipos aplicados de monitoreo es teóricamente posible, generalmente se excluyen entre sí por razones metodológicas y financieras.

Las evaluaciones *únicas* de la biodiversidad no se consideran monitoreo por la misma falta de seguimiento a través del tiempo, no obstante comparten muchas similitudes y desafíos metodológicos. Dichas evaluaciones únicas pueden proporcionar información de referencia valiosa para futuros programas de monitoreo, p. ej. recopilar información sobre patrones de biodiversidad para la evaluación del impacto ambiental, el uso de la tierra y la planificación de la conservación.

## 4.2. Formas de adquisición de datos

Se pueden distinguir tres categorías de datos de acuerdo con el método de su recopilación:

- **Datos recopilados sistemáticamente:** a) **detectados remotamente** (fotografías aéreas, imágenes satelitales, radar, LIDAR, etc.) o b) **datos recolectados en el campo** (p. ej. parcelas de muestreo, cuestionarios) recopilados sistemáticamente siguiendo un diseño de estudio rígido con la finalidad de maximizar su valor. Para mayor información, consultar la sección 4.3.
- **Datos recolectados aprovechando la ocasión ('monitoreo oportunista')**: el registro consiguiente de observaciones que se realiza durante trabajo rutinario puede crear información valiosa en situaciones en las que el personal o los colaboradores del proyecto realizan inspecciones o patrullas extensas (p. ej., en la gestión de silvicultura o de áreas protegidas), especialmente en lo que respecta a parámetros difíciles o tediosos de registrar de manera sistemática (p. ej. registros de animales raros, presencia de humanos, trampas u otras actividades ilegales). Los datos se procesan de manera habitual en índices simples para compensar la falta de sistematización en los esfuerzos de muestreo (p. ej., incidentes por persona por día o por km patrullado). Esta es una opción rentable con alto potencial para la sustentabilidad, y es a menudo una adición muy valiosa, o quizás, un punto de partida para programas de monitoreo.



- **Datos provenientes de terceros:** proporcionados por agencias estatales (p. ej., las oficinas de estadísticas nacionales), organismos internacionales (p. ej., FAO, UICN), iniciativas (p. ej., [globalforestwatch](http://globalforestwatch.org)), ONGs u otros, y que pueden ser utilizados tal cual o procesados para servir como indicadores.

## 4.3. Diseño del estudio y metodología de muestreo

Las condiciones del proyecto son invariablemente demasiado únicas para permitir que los diseños de estudio existentes puedan ser adoptados sin considerar ajustes substanciales. Por consiguiente, la planificación sólida del estudio es una inversión importante para lograr la eficiencia de los recursos y ultimadamente el éxito de un programa de monitoreo (consultar también el **Recuadro 2**). Por evidente que parezca, innumerables iniciativas de monitoreo de la biodiversidad no han tenido éxito o han fracasado como consecuencia de diseños de estudio mal adaptados o defectuosos. Cambiar una estrategia de muestreo después del inicio de las actividades de monitoreo tiene un costo alto (comparabilidad de los datos, recursos). Adicionalmente, muchos inconvenientes del diseño del estudio, como la pseudoreplicación, el sesgo de muestreo o el submuestreo pasarán desapercibidos hasta que sea demasiado tarde

## Recuadro 2. Lista de verificación para el monitoreo de la biodiversidad

Lista de verificación para la planificación de un ciclo de monitoreo de la biodiversidad (no es estrictamente secuencial, y existen varios pasos que vale la pena repetir).

1. Identificar e involucrar a las partes interesadas, definir términos claves, intereses y necesidades comunes;
2. Conceptualizar el contexto del proyecto en términos de cadenas de resultados/modelos de impacto de la respuesta del sistema a las presiones y la gestión;
3. Acordar con las partes interesadas principales, lo referente a los objetivos y prioridades de monitoreo comunes y específicos; definir el alcance espacial y temporal de las actividades;
4. Definir hipótesis a priori que son comprobables y orientadas a la gestión siempre que sea posible, para garantizar el uso eficaz y eficiente de los recursos (consultar, p. ej., Nichols y Williams 2006);
5. Considerar la implicación de socios locales y externos (p. ej., académicos), así como las rutas para la institucionalización del programa de monitoreo;
6. Evaluar la disponibilidad de datos ya existentes, así como indicadores que pueden ser tomados como punto de partida;
7. Decidir acerca de los indicadores adecuados y priorizarlos y considerar las ventajas y desventajas inherentes a la amplitud, precisión, confianza y costo con la finalidad de establecer prioridades. El centrarse en un número menor de parámetros puede arrojar resultados más valiosos;
8. Elegir una metodología que, basada en estudios previos y en la experiencia, garantice un nivel adecuado de precisión, exactitud y eficiencia. Tener en cuenta el tamaño de las muestras particulares utilizado, así como la variabilidad en los resultados como una guía para elegir la replicación adecuada (Coe 2008). Considerar también los factores de confusión y, en particular, los factores ambientales que pueden agregar una variabilidad sustancial y cómo esto se puede minimizar o estimar;
9. Evaluar cómo y en qué medida se pueden incluir planteamientos participativos;
10. Para el proyecto de diseño de muestreo y la estrategia de análisis, habrá que considerar un muestreo piloto para comprobar la viabilidad. Si la metodología se basa en un muestreo aleatorio, asegúrese de tener suficiente poder estadístico para garantizar que la metodología de muestreo sea práctica y efectiva (considerar el análisis de poder estadístico);
11. Desarrollar los sistemas de M&E y reporte;
12. Costos aproximados versus presupuesto: aclarar las responsabilidades financieras, logísticas y técnicas a lo largo de la duración prevista del monitoreo. Esto con frecuencia es desafiante debido a la baja prioridad otorgada al monitoreo, así como a la necesidad de que éste se extienda más allá de los ciclos presupuestarios característicos. Evaluar si los objetivos son alcanzables realísticamente o si el alcance del régimen de control propuesto debe reducirse. Desarrollar un plan de monitoreo detallado que incluya una descripción detallada e ilustrada de los métodos para que sirva y se preserve como un manual;
13. Recopilar, archivar, analizar e interpretar los datos periódicamente, ingresar y verificar la calidad de los datos a la brevedad posible;
14. Trabajar hacia la institucionalización del programa;
15. Personalizar los resultados y canalizarlos hacia públicos específicos;
16. Evaluar la estrategia de muestreo y el rendimiento de los indicadores, así como considerar el refinamiento (volver al principio).



para solucionarlos – esto sucede normalmente durante el análisis de los datos. Esto es particularmente complicado cuando solo es posible el muestreo aleatorio de submuestras pequeñas (monitoreo de campo típico, p. ej., encuestas basadas en parcelas o entrevistas) en lugar de un monitoreo *completo* (p. ej., a través de detección remota). Algunas consideraciones relevantes se resumen en el [Apéndice 1 \(Diseño del estudio para monitoreo de campo\)](#). Además, la mayoría de los ecosistemas y condiciones marco de proyectos son bastante complejos, y fuerte ruido de datos (dispersión) debido a la variabilidad natural en el espacio y el tiempo, plantea desafíos para el monitoreo de la biodiversidad. Las opciones para mitigar dicha variabilidad se discuten en [Apéndice 2 \(Abordando la variabilidad en el muestreo aleatorio\)](#).

**Protocolos de muestreo** ampliamente utilizados (que describen una metodología exacta utilizada para recopilar datos) tienen muchos beneficios. Están suficientemente probados, es probable que permitan el análisis de datos fiables y aumenten el valor de los datos al facilitar la comparación con otros estudios. No obstante, el consenso limitado sobre metodologías de muestreo para muchos tipos de indicadores de la biodiversidad también muestra que un método único no será satisfactorio para cualquier situación, y que modificaciones de protocolos existentes a menudo pueden ser aconsejables o necesarias.

En términos generales, la probabilidad de éxito será mayor para programas de monitoreo *sencillos*, que, a pesar de que a menudo son complejos y complicados de diseñar, serán sólidos y requerirán únicamente recursos y capacidades técnicas limitados para recopilar y analizar datos. P. ej., un índice aproximado obtenido con un método fácilmente replicable que no depende en gran medida de las habilidades individuales del observador frecuentemente puede superar las evaluaciones elaboradas.

Referencias acerca de metodologías para tipos y grupos de indicadores específicos se proporcionan en 6. [Recursos adicionales](#).

Para lograr el éxito sostenido es crucial elaborar y mantener disponible una **documentación de los protocolos de muestreo** detallada e inequívoca con la finalidad de garantizar que los métodos sigan siendo verdaderamente replicables y tan independientes de la continuidad del personal como sea posible.

La carga de trabajo que sigue a la recolección de datos se subestima fácilmente. El tiempo y los recursos requeridos para el ingreso, la gestión y el análisis de datos generalmente igualan o exceden a aquellos involucrados en la recolección de datos de campo (Gibbs et al. 1999).

#### 4.4. Manejo de datos crudos

El manejo de datos fiables es mucho más costoso de lo que se suele reconocer. P. ej., Lindenmayer y Franklin (2002) recomiendan que hasta el 20-25% del presupuesto se destine para iniciativas de monitoreo a largo plazo se asigne a la gestión de datos.

Las **hojas de cálculo** tipo Excel son herramientas familiares y útiles para manejar datos tabulados. No obstante, los datos de la biodiversidad tienden a ser complejos y, para el análisis, con frecuencia requieren ser recopilados en hojas que rápidamente se vuelven excesivamente grandes e incómodas en su manejo. Lo que es más importante, los datos de la **hoja de cálculo** pueden corromperse por completo con un solo error de reordenamiento, y tales errores a menudo pasan desapercibidos. Tal accidente es aún más probable cuando los datos son ingresados o manejados por varios miembros del personal o por personal inexperto, un peligro que se puede evitar mediante el uso de un **software de base de datos**. El acceso fácil

por parte de varios miembros del personal del proyecto es una razón importante para que la facilidad de uso sea una característica clave del software de base de datos. No obstante, el ingreso de datos manual puede convertirse fácilmente en un cuello de botella. La reducción de la carga de trabajo del ingreso de datos suele lograrse mediante una personalización sólida, a la medida, de la base de datos (p. ej., máscara de entrada intuitiva, listas predefinidas desplegadas para un ingreso rápido y sin errores) o, en la medida de lo posible, al sustituir el registro de datos en formularios de campo de papel por tabletas, teléfonos inteligentes o unidades de GPS de los cuales los datos sólo necesitan ser importados a la base de datos (consultar 6.7 '[Software para la gestión y el análisis de datos](#)').

Los primeros pasos importantes en el manejo de datos son un riguroso **control de calidad** (detección y corrección de puntos de datos erróneos, hacer frente a los datos faltantes) y documentación completa (cuándo / dónde / cómo exactamente se registraron los datos y por quién). La experiencia del programa BDM de Suiza sugiere que se destine hasta el 10% del presupuesto para el control de calidad.

Las **fotos** digitales de organismos, signos o hábitats pueden ser de gran valor para la documentación e identificación, asumiendo que están bien etiquetadas (codificadas) y, por lo tanto, son fácilmente localizables. La codificación breve de imágenes puede incluir información sobre la taxonomía, el número de recopilación de muestras y/o la referencia de la unidad de muestreo (p. ej., identidad de la gráfica). Software como [Phototeca](#) facilita el uso de bases de datos de imágenes con opciones de búsqueda rápida, así como vistas en miniatura personalizadas.

## 4.5. Análisis e interpretación de datos

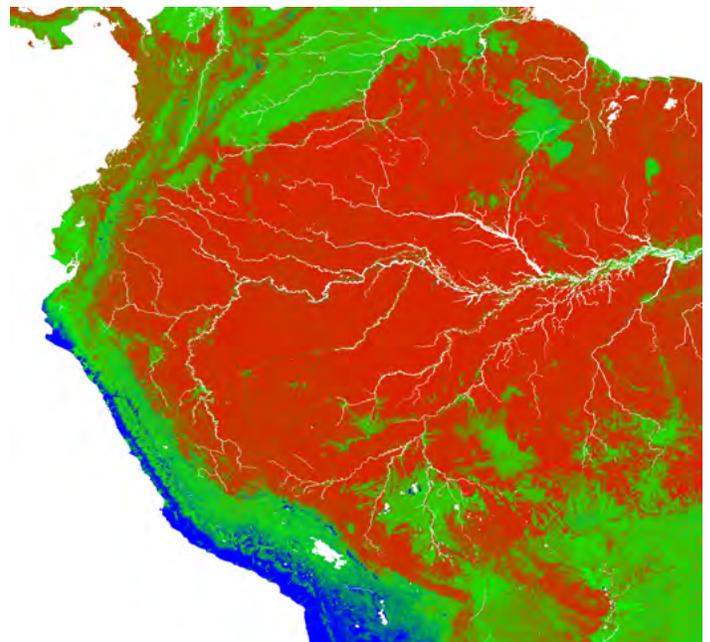
El análisis de datos necesita ser ya considerado durante la planificación del estudio y previamente al inicio del muestreo con la finalidad de evitar defectos de diseño y maximizar la eficiencia de los recursos. Las preguntas cruciales incluyen:

- ¿Cuáles son los métodos de análisis adecuados para obtener resultados significativos y confiables con el menor esfuerzo posible?
- ¿Cuántas unidades de muestreo necesitan ser monitoreadas y dónde, con cuál frecuencia de muestreo?
- ¿Quién es la persona que lleva a cabo el análisis, interpreta y redacta resultados?
- ¿Cómo se comparten los resultados (p. ej., públicamente a través de informes internos o siguiendo las normas científicas)?

El uso de **métodos estadísticos** merece una consideración

cuidadosa, ya que la estadística proporciona una serie de ventajas importantes, tales como:

- **proporcionar una estimación confiable de la probabilidad de error** ('significancia' estadística; determinando la probabilidad de que una tendencia sea real o solo coincidente). Para los indicadores que se basan en muestras aleatorias (es decir, pequeñas sub-áreas o sub-poblaciones muestreadas en lugar de extremo a extremo como en la teledetección), la significancia estadística puede proporcionar evidencia de patrones o tendencias (p. ej., en las poblaciones animales a lo largo de transectos), así como una base verdaderamente sólida y objetiva para la toma de decisiones;
- **permitir la detección de tendencias sutiles** o tendencias que de otra manera permanecerían enmascaradas (ocultas) por otros factores;
- ayudar a garantizar que las decisiones de la gestión se fundamenten en **conclusiones correctas**;
- **proporcionar evidencia** sobre las tendencias de conservación para la incentivación, certificación o para tomar medidas legales;
- **ayudar a convencer a los tomadores de decisiones y al público en general**;
- **permitir el intercambio de resultados ampliamente aceptables** con las comunidades de científicos y practicantes;
- a fin de cuentas, **optimizar la utilidad y la eficiencia de los recursos limitados** para el monitoreo.





El mensaje principal de esta sección es que **el diseño del estudio y el análisis de datos tienen una gran influencia sobre el éxito** de cualquier proyecto de monitoreo de la biodiversidad y no deben descuidarse. El diseño sólido del estudio y el análisis de datos son las mejores inversiones posibles, tanto para la eficiencia de los recursos como para la calidad de los resultados. Debido a que el tema es complejo, será ventajoso el buscar asesoría por parte de un científico de investigación capacitado para la planificación de esquemas de monitoreo, la supervisión de la recopilación y el ingreso de datos, la ayuda con el análisis de datos, así como para la interpretación y presentación de resultados. No obstante, debe tenerse en cuenta que los científicos profesionales a menudo aportan sus propios sesgos a los proyectos de monitoreo. Los ornitólogos favorecerán a las aves, mientras que los expertos en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) preferirán la teledetección (Pitman 2011). Uno de los desafíos más importantes para los coordinadores de proyectos es considerar y mediar en estos sesgos entre los actores y el personal técnico, así como minimizar sus efectos en el diseño del proyecto.

#### 4.6. ¿Cómo utilizar los resultados de la mejor manera posible?

##### Asegurar y compartir datos

Los datos sistemáticos de la biodiversidad en forma cruda tienen un valor duradero y deben proporcionarse abiertamente y estar disponibles de manera permanente en la medida de lo posible. Estos permiten una gran cantidad de análisis futuros y sirven como una base de referencia histórica invaluable para los esfuerzos de monitoreo futuros (Magurran et al. 2010). Las copias de seguridad de datos periódicas y los sistemas de bases de datos (p. ej. [BIOTA](#)) permiten la gestión y el análisis de datos profesionales, no obstante, con frecuencia no pueden garantizar la permanencia de los datos más allá de la duración del ciclo del proyecto ni su distribución entre usuarios potenciales. Las bases de datos internacionales de la biodiversidad que se basan en la web ofrecen el almacenamiento de datos permanente, gratuito, localizable y confiable para los registros de especies (registros de una especie en el tiempo y el espacio) o para registros sencillos de monitoreo, vea en

particular [GBIF para datos biológicos](#). Los datos ecológicos más complejos (p. ej., datos sin procesar de encuestas sobre la diversidad de las aves, ordenados por unidades de muestreo y fechas) se pueden almacenar de manera permanente y estar visiblemente disponibles a través de la base de datos [PREDICTS](#), el repositorio de datos [DataOne](#) u [otros servicios similares](#). El agregar metadatos detallados (información que ayuda a comprender y utilizar los datos, p. ej., información sobre la configuración del proyecto, los métodos utilizados) es clave para preservar el valor de los datos.

## La retroalimentación de resultados para la gestión

La revisión periódica de las tendencias de los indicadores es esencial para el manejo adaptativo. Los desafíos a menudo residen en los recursos limitados disponibles para resumir y revisar los resultados de manera regular (p. ej., mensual, anual) en el reporte. Visualizar los resultados a través de gráficas o mapas accesibles y sencillos (p. ej., gráficas de barras, diagramas de dispersión) facilita la interpretación puntual y eficiente hecha por los responsables de la toma de decisiones, mientras que las limitaciones en la mano de obra y la capacidad técnica para producir dichos resúmenes periódicos con frecuencia pueden compensarse mediante la automatización. La plataforma de software [R](#) cuenta con un potencial notable para automatizar el análisis y el reporte. La herramienta de software para monitoreo espacial y reporte [SMART](#) también puede ser un programa de software útil para muchas aplicaciones prácticas.

El monitoreo en sí mismo también necesita estar sujeto al enfoque de la gestión adaptativa. Por lo tanto, su progreso, los métodos y el sistema implementado deben evaluarse de una manera crítica y periódica a través del monitoreo

y la evaluación para garantizar que los datos brinden información útil y confiable de manera eficiente.

## Compartir resultados a través de la publicación

Los resultados del monitoreo deben de compartirse regularmente con las principales partes interesadas. El peso, la circulación y el impacto sostenido de los informes se pueden potenciar en gran medida mediante la **adhesión a normativas mínimas de la publicación científica**, permitiendo que los resultados sean considerados y citados por otros, entre ellas en particular: la especificación clara de los autores, el año de publicación y el cuerpo editorial, la descripción detallada de los métodos utilizados (para replicabilidad), la disponibilidad amplia y permanente. En este punto, una vez más, la participación de científicos puede valer la pena para proyectos de monitoreo más ambiciosos a través de la difusión de los principales resultados en revistas científicas revisadas por pares (*'peer-reviewed'*). Hacer esto aumentará la aceptabilidad y utilidad de los resultados del monitoreo, y de esa manera, expandirá y perpetuará el impacto de un proyecto de monitoreo de la biodiversidad.

Debido a que las publicaciones científicas son muy técnicas, invariablemente representan materiales de divulgación deficientes. **El refinar los resultados para los responsables de la toma de decisiones y el público en general** es un proceso distinto para el que las personas que no son científicos tienden a ser las más adecuadas. Asimismo, es necesario que los resultados se comuniquen a estos grupos objetivo a través de canales completamente diferentes (p. ej., informes impresos y ejecutivos, folletos, materiales educativos, notas de prensa, reuniones públicas, sitios web).



# 5. REFERENCIAS CITADAS

- Beatty J.M., McDonald L.E., Westcott F.M. & Perrin C.J. 2006. Guidelines for Sampling Benthic Invertebrates in British Columbia Streams. Ministry of Environment, Victoria. Disponible [aquí](#).
- Bonney R., Shirk J.L., Phillips T.B., Wiggins A., Ballard H.L., Miller-Rushing A.J. & Parrish J.K. 2014. Next steps for citizen science. *Science* 343: 1436-1437. Disponible [aquí](#).
- Boyle T.J.B. 2001. Interventions to enhance the conservation of biodiversity. Pp. 82–101 in Evans K. (ed.): *The Forests Handbook, Volume 2: Applying Forest Science for Sustainable Management*. Blackwell, Oxford.
- CBD. 2011. Recommendation adopted by the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice at its fifteenth meeting XV/1. Indicator framework for the Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Biodiversity Targets. UNEP/CBD, Montreal. Disponible [aquí](#).
- Coe R. 2008. Designing ecological and biodiversity sampling strategies. Working paper no. 66, World Agroforestry Centre, Nairobi. Disponible [aquí](#).
- Danielsen F., Jensen P.M., Burgess N.D., Altamirano R., Alviola P.A., Andrianandrasana H., Brashares J.S., Burton A.C., Coronado I., Corpuz N., Enghoff M., Fjeldså J., Funder M., Holt S., Hübertz H., Jensen A.E., Lewis R., Massao J., Mendoza M.M., Ngaga Y., Pipper C.B., Poulsen M.K., Rueda R.M., Sam M.K., Skielboe T., Sørensen M. & Young R. 2014. Multicountry assessment of tropical resource monitoring by local communities. *Bioscience* 64: 236–251. Disponible [aquí](#).
- Evans K. & Guariguata M.R. 2008. Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. CIFOR, Bogor. Disponible [aquí](#).
- Elzinga C.L., Salzer D.W., Willoughby J.W. & Gibbs J.P. 2001. Monitoring plant and animal populations. A handbook for field biologists. Blackwell, Malden. Disponible [aquí](#).
- Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M.C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C.D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J. & Bengtsson J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*. DOI: 10.1038/ncomms2328. Disponible [aquí](#).
- Gardner T.A., Barlow J., Araujo I.S., Ávila-Pires T.C., Bonaldo A.B., Costa J.E., Esposito M.C., Ferreira, L.V., Hawes J., Hernandez M.M., Hoogmoed M.S., Leite R.N., Lo-Man-Hung N.F., Malcolm J.R., Martins M.B., Mestre L.A.M., Miranda-Santos R., Overal W.L., Parry L., Peters S.L., Ribeiro-Junior M.A., da Silva M.N.F., da Silva Motta S. & Peres C.A. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters* 11: 139–150. Disponible [aquí](#).
- Gibbs J.P., Snell H.L. & Causton C.E. 1999. Effective monitoring for adaptive wildlife management: lessons from the Galápagos islands. *Journal of Wildlife Management* 63: 1055–1065. Disponible [aquí](#).
- Holck M.H. 2008. Participatory forest monitoring: an assessment of the accuracy of simple cost-effective methods. *Biodiversity Conservation* 17: 2023–2036. Disponible [aquí](#).
- Imai N., Tanaka A., Samejima H., Sugau J.P., Pereira J.T., Titin J., Kurniawan Y. & Kitayama K. 2014. Tree community composition as an indicator in biodiversity monitoring of REDD+. *Forest Ecology and Management* 313: 169–179. Disponible [aquí](#).
- Kessler M., Abrahamczyk S., Bos M., Buchori D., Putra D.D., Gradstein S.R., Höhn P., Kluge J., Orend F., Pitopang R., Saleh S., Schulze C.H., Sporn S.G., Steffan-Dewenter I., Tjitrosoedirdjo S.S. & Tschardt T. 2011. Cost-effectiveness of plant and animal biodiversity indicators in tropical forest and agroforest habitats. *Journal of Applied Ecology* 48: 330–339. Disponible [aquí](#).
- Kindt R. & Coe R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF). Disponible [aquí](#).
- Kumar P. (ed.). 2010. La economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB). Ecological and Economic Foundations. Earthscan, London. Disponible [aquí](#).
- Latham J., Trivedi M., Amin R. & D'Arcy L. (eds.). 2014. Manual de referencia: Monitoreo de la biodiversidad para REDD+. ZSL, London. Disponible [aquí](#).
- Laurance W.F., Camargo J.L.C., Luizão R.C.C., Laurance S.G., Pimm S.L., Bruna E.M., Stouffer P.C., Williamson G.B., Benítez-Malvido J., Vasconcelos H.L., Van Houtan K.S., Zartman C.E., Boyle S.A., Didham R.K., Andrade A. & Lovejoy T.E. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation* 144: 56–67. Disponible [aquí](#).

- Laurance W.F., Useche D.C., Rendeiro J., Kalka M., Bradshaw C.J.A., Sloan S.P., Laurance S.G., Campbell M. et al. 2012. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* 489: 290–294. Disponible [aquí](#).
- Lindenmayer D.B. & Franklin J.F. 2002. *Conserving Forest Biodiversity - A Comprehensive Multiscaled Approach*. Island Press, Washington. Disponible [aquí](#).
- Magurran A.E. Baillie S.R., Buckland S.T., Dick J.M., Elston D.A., Scott E.M., Smith R.I., Somerfield P.J. & Watt A.D. 2010. Long-term datasets in biodiversity research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 574–582. Disponible [aquí](#).
- Margoluis R. & Salafsky N. 2001. *Is our project succeeding? A guide to threat reduction assessment for conservation*. Biodiversity Support Program, Washington, DC. Disponible [aquí](#).
- Mellin C., Delean S., Caley J., Edgar G., Meekan M., Meekan M., Pitcher R., Przeslawski R., Williams A. & Bradshaw C. 2011. Effectiveness of biological surrogates for predicting patterns of marine biodiversity: a global meta-analysis. *PLoS ONE*: e20141. Disponible [aquí](#).
- Nichols J.D. & Williams B.K. 2006. Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 668–673. Disponible [aquí](#).
- Noss R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 354–364. Disponible [aquí](#).
- OECD. 1994. *Environmental indicators. OECD core sets*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris. Disponible [aquí](#).
- Peterson G., Allen C.R. & Holling C.S. 1998. Ecological resilience, biodiversity and scale. *Ecosystems* 1: 6–18. Disponible [aquí](#).
- Pitman N. 2011. *Social and Biodiversity Impact Assessment (SBIA) manual for REDD+ projects: Part 3 – Biodiversity impact assessment toolbox*. Forest Trends, Climate, Community & Biodiversity Alliance, Rainforest Alliance and Fauna & Flora International, Washington, DC. Disponible [aquí](#).
- Rao M., Stokes E.J. & Johnson A. 2009. *Monitoring for management of protected areas – an overview*. WCS and NUL, Vientiane. Disponible [aquí](#).
- Richards M. & Panfil S.N. 2011. *Manual para la Evaluación de Impacto Social y sobre la Biodiversidad (EISB) de los Proyectos REDD+ Parte 1 — Guía básica para los proponentes de proyectos*. Version 2. Climate, Community & Biodiversity Alliance, Forest Trends, Fauna & Flora International, and Rainforest Alliance. Washington, DC. Disponible [aquí](#).
- Sparks T.H. Butchard S.H.M., Balmford A., Bennun L., Stanwell-Smith D., Walpole M., Bates N.R., Bomhard B., Buchanan G.M., Chenery A.M., Collen B., Csirke J., Diaz R.J., Dulvy N.K., Fitzgerald C., Kapos V., Mayaux P., Tierney M., Waycott M, Wood L. & Green R.E. 2011. Linked indicator sets for addressing biodiversity loss. *Oryx* 45: 411–419. Disponible [aquí](#).
- Stolton S., Hockings M., Dudley N., MacKinnon K., Whitten T. & Leverington F. 2007. *Reporting progress in protected areas. A site-level Management Effectiveness Tracking Tool: Second edition*. WWF, Gland. Disponible [aquí](#).
- Ward D.F. & Larivière M.-C. 2004. Terrestrial invertebrate surveys and rapid biodiversity assessment in New Zealand: lessons from Australia. *New Zealand Journal of Ecology* 28: 151–159. Disponible [aquí](#).
- World Bank. 2013. *Expanding financing for biodiversity conservation. Experiences from Latin America and the Caribbean*. World Bank, Washington, DC. Disponible [aquí](#).

# 6. RECURSOS ADICIONALES

## 6.1. Gestión adaptativa y monitoreo oportunista

Conservation Measures Partnership. 2013. *Estándares abiertos para la práctica de la conservación. Manual con autoridad y compacto que describe los estándares abiertos para manejo adaptativo en la conservación.* Disponible [aquí](#).

Margoluis R., Stern C., Swaminathan V., Brown M., Johnson A., Placci G., Salafsky N. & Tilders I. 2013. Results chains: a tool for conservation action design, management, and evaluation. *Ecology and Society* 18: 22. *Documento conceptual que describe las cadenas de resultados como una herramienta importante para ayudar a los equipos a especificar claramente su teoría del cambio en la gestión adaptativa.* Disponible [aquí](#).

Nyberg B. 1999. An Introductory guide to adaptive management. British Columbia Forest Service, Victoria. *Manual compacto y disfrutable sobre la gestión adaptativa.* Disponible [aquí](#).

Schmitt K. 2006. Ranger-based data collection. A reference guide and training manual for protected area staff in Cambodia. Ministry of Environment, Phnom Penh. *Introducción práctica a la recopilación de datos oportunistas en el manejo de áreas protegidas.* Disponible [aquí](#).

Stokes E.J. 2010. Improving effectiveness of protection efforts in tiger source sites: Developing a framework for law enforcement monitoring using MIST. *Integrative Zoology* 5: 363–377. *Documento conciso sobre el papel de monitoreo de la aplicación de la ley, implementado por el software MIST.* Disponible [aquí](#).

## 6.2. Monitoreo participativo

ANSAB. 2010. Participatory biodiversity monitoring in community forests. ANSAB, Kathmandu. *Una guía práctica, paso a paso para la participación de comunitarios en el monitoreo de la biodiversidad.* Disponible [aquí](#).

Corrigan C. & Hay-Edie T. 2013. A toolkit to support conservation by indigenous peoples and local communities: building capacity and sharing knowledge for indigenous peoples and community conserved territories and areas (ICCAs). UNEP-WCMC, Cambridge. *Un gran número de referencias útiles, que incluyen breves descripciones y vínculos.* Disponible [aquí](#).

Evans K. & Guariguata M.R. 2008. Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de



herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. CIFOR, Bogor. *Introducción práctica a conceptos clave y cuestiones relacionadas con el monitoreo participativo.* Disponible [aquí](#).

Monitoring Matters. Sitio web que ofrece muchas referencias científicas útiles sobre el monitoreo participativo de la biodiversidad para descargar. Sitio web [aquí](#).

Participatory Monitoring and Management Partnership. Una plataforma para el monitoreo participativo. Sitio web [aquí](#).

## 6.3. Referencias generales acerca del monitoreo

BDM Coordination Office. 2014: Swiss Biodiversity Monitoring BDM. Description of methods and indicators. Environmental Studies no. 1410. Federal Office for the Environment, Bern. *Una descripción integral del ejemplar Programa Nacional de Monitoreo de Suiza. Esta y muchas publicaciones relacionadas se pueden encontrar [aquí](#).*

Constantino P.A.L. & Tres Cruz A. 2016. Monitoreo de la biodiversidad en América Latina - Panorama y recomendaciones para estructurar una iniciativa. GIZ, Brasilia. *Amplia revisión de iniciativas de monitoreo existentes y los planteamientos usados que también ofrece una gama amplia de recomendaciones útiles dentro del marco Latinoamericano.* 152 pp. Disponible [aquí](#).

Eymann J., Degreef J., Häusler C., Monje J.C., Samyn Y. & Vanden D. (eds.). 2010. Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories. ABC Taxa Vol. 8. *Una amplia gama de técnicas estándar y protocolos actualizados para el monitoreo de varios grupos de organismos (p. ej., todas las clases de vertebrados, invertebrados, plantas, hongos) en una gran variedad de hábitats; además de capítulos útiles sobre preservación de especímenes y manejo de datos.* Disponible [aquí](#).



**Gardner T.A. 2010.** Monitoring forest biodiversity. Earthscan, London. *Monografía completa, de 390 páginas, sobre el monitoreo de la biodiversidad para la conservación, adaptada para los lectores de los profesionales de la conservación científica y avanzada, con un enfoque en el monitoreo de comunidades de especies para manejo forestal. Presenta una gran cantidad de conceptos relevantes y proporciona amplias referencias.*

**Hill D., Fasham M., Tucker G., Shewry M. & Shaw P. (eds.). 2005.** Handbook of biodiversity methods and monitoring: Survey, evaluation and monitoring. Cambridge University Press, Cambridge. *Abordando de manera extensa la planificación de proyectos de monitoreo (ambos ecosistemas como especies), y técnicas de muestreo para una amplia gama de grupos de organismos en 580 páginas. Dado que el libro está diseñado para el Reino Unido, algunos de los métodos propuestos no serán ideales para ambientes tropicales, pero muchas otras secciones (especialmente la de planificación) son de una utilidad muy general.*

**Latham J., Trivedi M., Amin R. & D'Arcy L. (eds.). 2015.** Manual de referencia: Monitoreo de la biodiversidad para REDD+. ZSL, London. *Proporciona una introducción práctica a los conceptos clave y las piedras angulares del monitoreo de la biodiversidad, tales como iniciativas internacionales relevantes, acuerdos, indicadores, selección y métodos de monitoreo poniendo énfasis en vertebrados y sensores remotos, y muchas referencias útiles. Disponible [aquí](#).*

**Newton A. 2007.** Forest ecology and conservation: a handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford. *Introducción excepcionalmente extensa a una amplia gama de técnicas (tanto las detectadas de manera remota como los datos de campo) para evaluar la extensión, condición, estructura, composición y dinámica del bosque en diferentes escalas. Particularmente útil en lo que respecta a los parámetros estructurales y funcionales.*

**MMA, CTCN, CATIE & ICRAF. 2016.** Diseño de una red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático. Ministerio de Ambiente de Chile, Climate Technology Centre and Network, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación, World Agroforestry Centre. Santiago-Chile. *Diseño de un sistema nacional de monitoreo para Chile, con muchas referencias útiles. Disponible [aquí](#).*

**Ortiz N., Betancourth J.C., Bernal, R.N. & López M.O. 2004.** Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia — Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 57 pp. Disponible [aquí](#).

**Richards M. & Panfil S.N. 2011.** Manual para la Evaluación de Impacto Social y sobre la Biodiversidad (EISB) de los Proyectos REDD+ Parte 1 — Guía básica para los proponentes de proyectos. Version 2. Climate, Community & Biodiversity Alliance, Forest Trends, Fauna & Flora International, and Rainforest Alliance. Washington, DC. *Excelente punto de partida para planear el monitoreo de la biodiversidad en bosques tropicales; también ofrece una buena guía sobre planificación de estudios y la selección de indicadores siguiendo los estándares abiertos para la práctica de la conservación. Disponible [aquí](#).*

**Sutherland W.J. (ed.). 2006.** Ecological census techniques: A handbook. Cambridge University Press, Cambridge. *Describe métodos para encuestar a los grupos principales de vertebrados, invertebrados (tanto acuáticos como terrestres), y plantas, en capítulos compactos y orientados de una manera práctica, además contiene capítulos generales sobre el diseño del estudio y la toma de variables ambientales. Excelente punto de partida para el monitoreo biológico. Disponible [aquí](#).*

## 6.4. Selección de indicadores de monitoreo

Biodiversity Indicator Partnership. 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. *Un manual bien documentado y conciso sobre la selección y el uso de indicadores, que ofrece una guía detallada paso a paso para seleccionar y monitorear indicadores de biodiversidad nacional que de igual manera es útil para el monitoreo en menor escala. Disponible [aquí](#). Muchos otros recursos útiles a través del [sitio web BIP](#).*

Caro C., Quinteros Z. & Mendoza V. 2007. Identificación de indicadores de conservación para la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada* 6: 67-74. *Proceso ejemplar de la identificación de indicadores aplicados. Disponible [aquí](#).*

CIFOR. 2009. Criteria & indicator toolbox. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. CIFOR, Bogor. Disponible [aquí](#).

Pereira H.M., Ferrier S., Walters M., Geller G.N., Jongman R.H.G., Bruford M.W., Brummitt N., Butchart S.H.M., Cardoso A.C., Coops N.C., Dulloo E., Faith D.P., Freyhof J., Gregory R.D., Heip C., Höft R., Hurr G., Jetz W., Karp D.S., McGeoch M.A., Obura D., Onoda Y., Pettorelli N., Reyers B., Sayre R., Scharlemann J.P.W., Stuart S.N., Turak E., Walpole M., Wegmann M. 2013. Essential biodiversity variables. *Science* 339: 277-278. *Una clasificación todavía cruda de los indicadores elementales del estado de la biodiversidad por parte de la Red de Observación de la Biodiversidad del Observatorio de la Tierra (GEO BON), próximamente con indicadores más detallados a seguir. Disponible [aquí](#).*

Pomeroy R.S., Parks J.E. & Watson L.M. 2004. Cómo evaluar una AMP. Manual de indicadores naturales y sociales para evaluar la efectividad de la gestión de áreas marinas protegidas. UICN, Gland. *Firmes orientaciones conceptuales y una guía práctica para planificar y llevar a cabo el monitoreo en la gestión adaptativa de los recursos ejemplificadas para el caso de las áreas marinas protegidas, pero con una aplicación mucho más general. Incluye el tratamiento completo de una amplia gama de indicadores útiles (organizados en indicadores biofísicos, socio-económicos y de gobernanza) a elegir. 216 pp. Disponible [aquí](#).*

## 6.5. Diseño del estudio y análisis de datos

Chuvieco Salinero E. 2008. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel, Barcelona. *Tomo de referencia clásico a métodos en 597 pp. Disponible [aquí](#).*

Elzinga C.L., Salzer D.W. & Willoughby J.W. 2001. Measuring and monitoring plant populations. Bureau of Land Management, Denver. *Excelente, disponible de manera gratuita y accesible tomo sobre el monitoreo de la biodiversidad, que ofrece consejos prácticos referentes a*



*todo el ciclo de monitoreo de la biodiversidad, a partir de los fundamentos de la planificación y el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, hasta los resultados de la retroalimentación que respaldan a la gestión. El contexto geográfico (Colorado) es peculiar, por lo que los métodos de campo no estarán completos o serán ideales para ciertos entornos. Disponible [aquí](#).*

Feinsinger P. 2001. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Island Press, Washington, DC. *Libro claro, breve, y orientado a la práctica sobre el diseño, la planificación e implementación de encuestas de biodiversidad, que pone énfasis en los fundamentos del diseño del estudio.*

Fowler J., Cohen L. & Jarvis P. 1998. Practical statistics for field biology. Wiley, London. *Se centra en el diseño del estudio, los principios y los métodos fundamentales del análisis estadístico y la presentación de resultados. Entre las introducciones más claras y alentadoras sobre este temible tema, el libro se centra en los fundamentos y los extremos donde comienzan muchos libros de estadísticas para académicos avanzados (análisis de la varianza).*

GOFC-GOLD. 2017. A sourcebook of methods and procedures for monitoring essential biodiversity variables in tropical forests with remote sensing. GOFC-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen. *Guía actual, amplia y aplicada para métodos en teledetección. Disponible [aquí](#).*

Horning N., Robinson J.A., Sterling E.J., Turner W. & Spector S. 2010. Remote sensing for ecology and conservation: A handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford. *Introducción a la teledetección, sólida y extensa, para el monitoreo de la biodiversidad. 470 pp.*



Martínez Vega J. & Martín Isabel M.P. (eds.). 2010. Guía didáctica de teledetección y medio ambiente. Centro de Ciencias Humanas y Sociales, Madrid. *Introducción a la teledetección ambiental concisa y bien ilustrada*. Disponible [aquí](#).

Secades C., O'Connor B., Brown C. & Walpole, M. 2014. Earth observation for biodiversity monitoring: a review of current approaches and future opportunities for tracking progress towards the Aichi Biodiversity Targets. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada. Technical Series No. 7. 183 pp. Disponible [aquí](#).

## 6.6 Metodologías de muestreo para grupos específicos de organismos

Dodd K. (ed.). 2009. Ecology and conservation of amphibians. A handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford. *Volumen completo que cubre exhaustivamente la amplia gama de métodos para monitorear anfibios en todas las etapas de la vida y hábitats*.

Gerwing J.J., Schnitzer S.A., Burnham R.J., Bongers F., Chave J., DeWalt S.J., Ewango C.E.N., Foster R., Kenfack D., Martínez-Ramos M., Parren M., Parthasarathy N., Pérez-Salicipup D.R., Putz F.E., Thomas D.W. 2006. A standard protocol for liana censuses. *Biotropica* 38: 256–261. *Directrices autorizadas para el muestreo de lianas*. Disponible [aquí](#). Consultar también Schnitzer S.A. et al. 2008. Supplemental protocol for liana censuses. *Forest Ecology and Management* 255: 1044–1049. Disponible [aquí](#).

Lawesson J.E. (ed.). 2000. A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. TemaNord Vol. 517. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. *Muy útil a pesar de su enfoque en entornos fríos y templados, ofrece excelentes capítulos sobre una variedad de temas tales como diseño de estudios, métodos de muestreo, tratamiento de datos, análisis e interpretación para datos obtenidos por teledetección, así como para datos obtenidos en el campo*. Disponible [aquí](#).

McDiarmid R.W., Foster M.S., Guyer C., Gibbons J.W. & Chernoff N. (eds.). 2012. Reptile biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring. University of California Press, Berkeley. *Tomo exhaustivo que se extiende desde el diseño del estudio sobre las técnicas de muestreo hasta el análisis de datos*.

New T.R. 1998. Invertebrate surveys for conservation. Oxford University Press, Oxford. *Resumen de técnicas para monitorear tanto a invertebrados terrestres como marinos y de agua dulce*. 240 pp.

Roberts-Pichette P. & Gillespie L. 1999. Terrestrial vegetation biodiversity monitoring protocols. Ecological Monitoring and Assessment Network (EMAN) Occasional Paper Series Report No. 9. Burlington, Canada. *Guía clara para monitorear la vegetación en parcelas o transectos estructurados en cuatro secciones independientes (1. árboles, 2. arbustos/arbolitos y capa de hierba en parcelas, y 4. transectos de vegetación)*. Diseñado para Canadá, pero igualmente útil en otros lugares; incluye buenas ilustraciones. Disponible [aquí](#).

Sutherland W., Newton I. & Green R.E. (eds.). 2004. Bird ecology and conservation: A handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford. *Un libro bien documentado sobre técnicas de monitoreo de aves, además de una gran cantidad de temas relacionados*.

## 6.7 Software para la gestión y el análisis de datos

**BIOTA**. Sistema de base de datos gratuito y bien probado para la gestión profesional de datos de muestreos complejos (mediante unidades de muestreo o lotes de grupos), especímenes taxonómicos, etc. basados en 4D. Da lugar a referencias como fotos, impresiones de lotes de etiquetas de muestras, así como una personalización generosa. Viene con un manual detallado. Disponible [aquí](#); consulte también [aquí](#) para obtener una lista de muchas opciones alternativas de software de base de datos.



**EstimateS.** Software de acceso gratuito y fácil de usar para estimar (extrapolar) la riqueza de las especies, calcular índices de biodiversidad (diversidad alfa y beta), rarefacción individual y basada en muestras para comparar muestras de diferentes tamaños. Disponible [aquí](#).

**MARK.** Software de acceso gratuito y utilizado ampliamente para el análisis de marcado-recaptura de poblaciones de animales. Disponible [aquí](#).

**MIRADI.** Software de acceso gratuito para una gestión adaptativa siguiendo los estándares abiertos para la práctica de la conservación. Ayuda a definir el alcance del proyecto, diseñar modelos conceptuales y mapas espaciales de sitios de proyectos, priorizar amenazas, desarrollar objetivos e intervenciones, seleccionando indicadores de monitoreo y creando planes de trabajo y presupuestos. Disponible [aquí](#).

**OpenForis.** Es un conjunto de herramientas de software gratuitas y de código abierto para la recolección, análisis y reporte eficientes de información forestal de distinta índole (por ej. inventarios forestales, reportes de cambio climático, encuestas socioeconómicas, monitoreo de deforestación mediante, análisis de cambio de uso de la tierra). El software integra herramientas de recopilación de datos flexible para muestreo de campo atrás de dispositivos Android permite completar estructuras de datos complejas. Junto con Google Earth, Bing Maps y Google Earth Engine, los usuarios pueden analizar imágenes satelitales de alta y muy alta resolución. Para el procesamiento proporciona una forma flexible de producir resultados agregados que pueden analizarse y visualizarse a través del software de código abierto Saiku. Disponible [aquí](#).

**PAST.** Paquete gratuito, muy compacto y fácil de usar, con una amplia gama de opciones de análisis estadístico y gráfico para datos de la biodiversidad que incluyen técnicas multivariados estándar, pero también algunos trucos verdaderamente extravagantes (p. ej., NPMANOVA). Opciones de personalización y diseño de gráficas se encuentran limitadas. Disponible [aquí](#).

**PC-Ord.** Paquete asequible para analizar datos de biodiversidad de múltiples especies (multivariantes). Ofrece una gran variedad de técnicas de ordenación, pruebas de

significancia multivariadas, análisis de indicadores. Más fácil de usar que R y ofreciendo más opciones que PAST. Disponible [aquí](#).

**QGIS.** Software de código abierto sobresaliente entre los paquetes de SIG gratuitos por ser fácil de usar y tener un crecimiento rápido en lo que respecta a la funcionalidad y el soporte. Muchas funciones de análisis más avanzadas están disponibles a través de complementos para otros paquetes como SAGA, GRASS o R. Disponible [aquí](#).

**R.** Plataforma de código abierto gratuita que ha sido creciendo rápidamente en popularidad y funcionalidad. Se pueden descargar e instalar una gran variedad de técnicas estadísticas y gráficas en forma de paquetes (p. ej., SPACECAP para el análisis del marcado-recaptura, MODIS para la adquisición y el procesamiento de imágenes satelitales MODIS, odfWeave para informes automáticos). Los comandos se hacen a través del código, la desventaja de familiarizarse con este software es que su uso resulta ser más arduo que utilizar paquetes estadísticos generales tradicionales como SPSS o STATISTICA. **R-Studio** ofrece una interfaz de usuario gráfica fácil de usar y disponible para R. Disponible [aquí](#).

**SMART.** 'Spatial Monitoring and Reporting Tool' ('herramienta de monitoreo y reporte espacial'). Para la recopilación y el análisis de datos oportunistas para una gestión eficiente de áreas de conservación. Desarrollado recientemente con base en funcionalidad de y experiencias con el software **MIST** (este software gratuito de código abierto combina una base de datos con un módulo de SIG para permitir el seguimiento de los indicadores de presión, estado y respuesta (amenazas, especies seleccionadas, esfuerzos de patrullaje). Un módulo de reporte permite la generación de informes resumatorios con un clic (mapas, gráficos, tablas) en formatos estándar. La aplicación también integra funciones del software **Cybertracker**, que facilita el registro de campo de datos vinculados al GPS mediante teléfonos inteligentes o tabletas. Está además ya disponible una aplicación que permita la gestión centralizada de las funciones principales (como almacenamiento o análisis de datos, supervisión '**SMART Connect**'). Disponible [aquí](#).

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Diseño de estudio para monitoreo de campo

Las consideraciones importantes a seguir durante la planificación de un estudio de campo que (como de costumbre) se basa en el muestreo aleatorio (es decir, incompleto) incluyen entre otras:

- Evitar cuidadosamente la **pseudoreplicación**. La pseudoreplicación significa que las unidades de muestreo (por ejemplo, a lo largo de un transecto topográfico) no son espacialmente independientes y, por consiguiente, no son réplicas verdaderas (sino más bien un recuento doble del mismo lugar). Esto sucede cuando las unidades de muestreo están muy poco espaciadas entre sí y producen resultados poco confiables o incluso engañosos;
- **El sesgo de muestreo** tiene muchas caras y es uno de los defectos principales más comunes en muestras cuantitativas. El sesgo de muestreo conduce a resultados de estudios no representativos para el área, las condiciones o las poblaciones que son objeto de estudio. Por ejemplo, si las posiciones exactas de las parcelas de muestreo son seleccionadas por el equipo de campo, con frecuencia se evitarán situaciones difíciles (p. ej., broza densa, terreno difícil, sectores distantes) y la falta de representación de tales situaciones distintas dará lugar a resultados no representativos para el área completo. La selección verdaderamente aleatoria de los puntos de muestreo o incluso su disposición en una rejilla sistemática serían medidas para evitar esta fuente específica de sesgo;
- **Replicabilidad**. En esencia, esto significa definir y describir meticulosamente los procedimientos de trabajo, así como los materiales utilizados, hasta el punto en que alguien que no esté familiarizado con el proyecto pueda repetir (reproducir) el estudio y obtener los mismos resultados;
- **Efectos de borde**. Es necesario tener en cuenta y evitar la proximidad a los límites del hábitat (o ecotonos) a menos que los 'efectos de borde' mismos sean objeto de estudio. Los efectos de borde pueden ser cambios físicos (p. ej., clima) o bióticos (p. ej., abundancia particular de ciertas especies) que a menudo se pueden detectar hasta varios cientos de metros en el interior del bosque (Laurance et al. 2011). Relacionado con esto está el 'efecto de derrame' (*'spillover effect'*):

los hábitats degradados tienden a mostrar una mayor biodiversidad cerca del hábitat intacto, ya que, incluso muchas especies sensibles visitarán o atravesarán (se derramarán) en hábitats inadecuados, donde pueden aparecer como residentes verdaderos;

- **La riqueza de las especies depende contundentemente de la escala ('efectos de escala')**. Como ejemplo, un solo metro cuadrado de bosque quemado el año anterior puede contener más especies de plantas que el bosque intacto, pero esta imagen cambia drásticamente a medida que aumenta el área de muestreo;
- **Definir una línea de base o referencia significativa ('control')** como punto de referencia para monitorear los resultados. P. ej., es muy difícil evaluar los efectos del sobrepastoreo sin tener como comparar con la vegetación con una presión de forrajeo natural. Adicionalmente, los controles ayudan a distinguir los efectos de las actividades estudiadas (p. ej., la extracción selectiva de madera) de los efectos de la variabilidad ambiental no relacionada (p. ej., clima, suelo). Tome en cuenta que fragmentos muy pequeños del hábitat no pueden ofrecer controles ideales (consultar Laurance et al. 2011);
- **Definir hipótesis**. La formulación de hipótesis de trabajo (predicciones a *priori*) sobre patrones, tendencias o relaciones de interés ayuda en la elaboración de un diseño de estudio adecuado (que incluye un número y distribución adecuados de las unidades de muestreo) y métodos de análisis. Pruebas estadísticas posteriores de dichas hipótesis permiten la evaluación objetiva de si los resultados del monitoreo confirman las expectativas y la medida en que lo hacen, en última instancia, proporcionan una evidencia sólida para la asesoría sobre las decisiones que se toman con relación a la gestión;
- **Realizar una nueva evaluación crítica de la estrategia y metodología temprana del muestreo** posteriormente al inicio del trabajo de campo, y al volver a ajustar para que coincida con posibles desafíos imprevistos.

[Regresar](#) al texto principal.

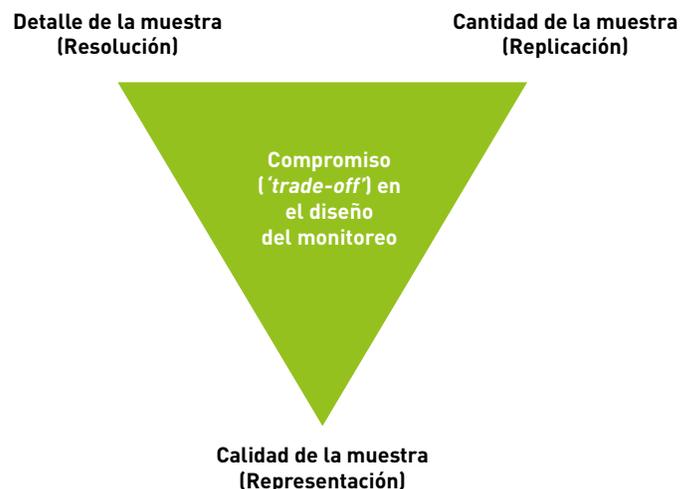
## Apéndice 2. Abordando la variabilidad en el muestreo aleatorio

La mayoría de los indicadores registrados en campo requieren de mucho trabajo, lo cual es factible solamente a través de un muestreo aleatorio de pequeñas subáreas o subpoblaciones. La variabilidad natural es un desafío particularmente mayor al analizar dichos datos. Por ejemplo, la probabilidad de encontrar una especie en dicha submuestra (p. ej., trampa, transecto) varía mucho con una gran cantidad de parámetros naturales (bióticos y abióticos) y antropogénicos (p. ej., patrones en socioeconomía y uso de la tierra resultante). Esta es la razón principal por la cual la complejidad espacial y la biodiversidad altas de muchos ecosistemas tropicales presentan desafíos para el monitoreo ecológico. Como un ejemplo más específico, la densidad de las aves que comen fruta es, naturalmente, altamente variable en el espacio y el tiempo debido al perpetuo cambio de los parches de árboles en estado de fructificación. Limitar dicha variabilidad inexplicada ('ruido de datos') es clave ya que permite obtener resultados más confiables con menores esfuerzos de muestreo y, por lo tanto, a menores costos de recursos. Medidas que vale la pena considerar en este sentido incluyen, p. ej.:

- **La estratificación** se debe considerar siempre que el área de estudio no sea homogénea, ya que la heterogeneidad del hábitat generalmente se traducirá en una alta variabilidad en muchos de los parámetros de respuesta. La estratificación puede reducir en gran medida esta variabilidad incontrolada. Esto se hace distribuyendo (y analizando) las unidades de muestreo de una forma más estratégica según tipos de hábitats predefinidos (separados) ('estratos', p. ej., de acuerdo con el terreno o el uso de la tierra). Consultar Kindt y Coe 2005;
- **Restringir el muestreo** centrándose en un muestreo exhaustivo de los parámetros más relevantes para obtener resultados significativos, a pesar de los recursos limitados (p. ej., omitiendo otros parámetros, reduciendo el área de muestreo, tomando datos de ausencia-presencia en lugar de abundancias). Consultar **Fig. 5**, Ward y Larivière 2004;
- **El registro de parámetros ambientales.** Muchos parámetros ambientales importantes tales como altitud, inclinación y exposición de la pendiente, posición topográfica (desde la cresta hasta el fondo del valle) o la estructura de la vegetación (p. ej. altura y cierre del dosel, área basal de árboles) pueden medirse fácilmente, y los datos resultantes suelen ser de gran valor durante el análisis e interpretación de los resultados (p. ej., al permitir la cuantificación de sus efectos o al apoyar a la explicación de la variabilidad). Tomadores de datos ('data loggers') robustos permiten

el registro automático de variables climáticas clave, como la lluvia, la temperatura o la humedad del aire (p. ej., [Testo](#) o [Onset](#)), que frecuentemente serán de gran valor, especialmente en el caso de eventos climáticos extremos;

- **Controlar la variación temporal** teniendo en cuenta las diferentes estaciones (p. ej., la estación seca frente a la lluviosa) y las horas diurnas, y/o controlar esta variabilidad temporal (p. ej., a través de mostrar en una sola estación);
- **Muestreo de parcelas versus muestreo de transectos.** Gracias a su forma compacta, parcelas de muestreo se ven menos afectadas por la variabilidad del hábitat espacial que los transectos lineales. Por otra parte, la fuerza de los transectos reside en maximizar las tasas de detección en parámetros de baja densidad (p. ej., en el monitoreo de grandes mamíferos, actividades ilegales o evaluaciones rápidas de la biodiversidad);
- **Unidades permanentes de muestreo.** Las especies se distribuyen irregularmente debido a la heterogeneidad ambiental de los hábitats y los recursos. El marcaje permanentemente y el muestreo repetido de las mismas unidades de muestreo (parcelas, transectos, puntos de trampa) permite la reducción de esta gran fuente de variabilidad 'aleatoria' en los datos ('ruido') y, particularmente en organismos sésiles (inmóviles) como plantas o corales, es posible de esta forma dar



**Fig. 5.** Las compensaciones ('trade-offs') inherentes en cualquier monitoreo de la biodiversidad entre el detalle de muestreo (el número y resolución de especies y las mediciones ambientales tomadas en un sitio), la calidad del muestreo (el número de submuestras recolectadas) y la cantidad de la muestra (replicación en el espacio). Fuente: redibujado después de Gardner 2010.

seguimiento al destino de los individuos, reduciendo aún más el ruido. Del mismo modo, marcar individuos de especies móviles permite estimaciones mucho más precisas de los tamaños, las densidades y las tendencias de las poblaciones ('marcar y recapturar');

- **El muestreo piloto y el análisis de potencia** durante el diseño del estudio permiten una cuantificación de la variabilidad real de los datos, así como la determinación del número adecuado de unidades de muestreo ('réplicas'), y de esa manera evitan tanto el muestreo insuficiente (monitorear demasiado pocas unidades de muestreo para obtener resultados claros) como

el sobremuestreo (gastando más esfuerzo del que es necesario y eficiente). Esta medida dará resultados especialmente para proyectos de monitoreo más ambiciosos (costosos);

- **Datos cuantitativos ('numéricos')** (recuentos, medidas, incluso estimaciones si queda inevitable) se deben recopilar en lugar de los datos cualitativos, como 'categóricos' (p. ej., clases) u 'ordinales' (p. ej., clasificaciones), ya que permiten un análisis más potente y significativo; también son menos susceptibles al juicio personal (subjetividad) y, por lo tanto, son mucho más replicables y comparables.

[Regresar](#) al texto principal.

### Apéndice 3. Organismos como indicadores

Muchas iniciativas se dirigen a monitorear el estatus de especies biológicas, y la siguiente sección provee información acerca de tal monitoreo biológico.

Debido a que muchos ecosistemas son abrumadoramente complejos, los recursos financieros y humanos limitados generalmente requieren de la reducción del monitoreo de la biodiversidad a un subconjunto muy pequeño de organismos ('taxones', generalmente especies individuales o grupos de especies relacionadas).

Grupos de organismos difieren en gran medida en su sensibilidad de las presiones ambientales naturales o antropogénicas específicas (tanto dentro de grupos de organismos como entre ellos). Consecuentemente, el poder indicativo y la idoneidad de un grupo de organismos depende en gran medida de los objetivos específicos de monitoreo y del contexto del proyecto. Por ejemplo, si bien la riqueza de especies o la composición de la comunidad de líquenes es un excelente indicador de la contaminación del aire, tiene poco valor práctico para evaluar la degradación forestal y es totalmente inútil para evaluar la presión de la caza. De igual manera, muchos mamíferos ungulados son sensibles a la caza oportunista, pero tienden a ser tolerantes con, o incluso llegan a apreciar la degradación de los bosques. La cuidadosa **selección de grupos adecuados de organismos** para los objetivos específicos de monitoreo ('especies indicadoras') es, por lo tanto, un paso crucial **una vez que los objetivos de monitoreo hayan sido acordados** entre las partes interesadas relevantes.

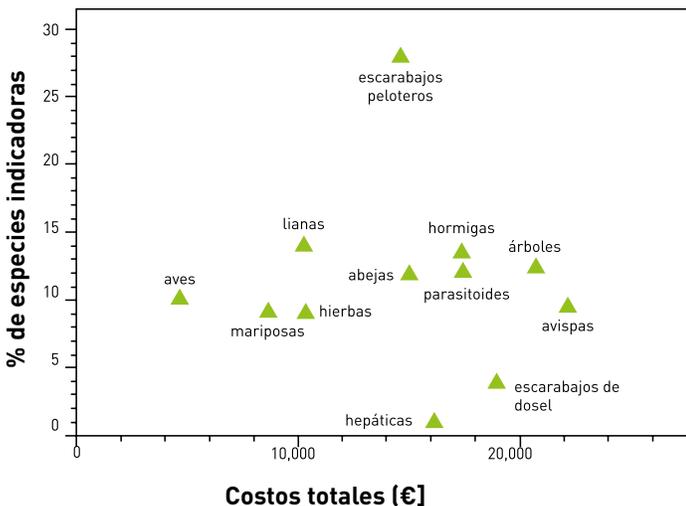
Algunas consideraciones prácticas específicas para seleccionar a los organismos indicadores adecuados incluyen:

- **Tener en cuenta las fluctuaciones de la población y las longitudes de generación.** Algunas poblaciones de especies fluctúan naturalmente de forma mucho más vehemente e impredecible que otras (p. ej., debido a ciclos depredador-presa o su sensibilidad climática); además, las especies con ciclos de generación largos pueden responder de manera demasiado lenta a las intervenciones de la gestión para ser los indicadores ideales.
- En la práctica, **el indicador más confiable a menudo no es la especie más sensible** o la más amenazada y/o de mayor preocupación para la conservación, sino otras especies sensibles a la presión dada (p. ej., la cacería oportunista) que todavía son razonablemente comunes y fáciles de identificar y cuantificar (consultar Gardner 2010, p. 76 ff., para obtener una discusión sobre el uso de especies amenazadas).

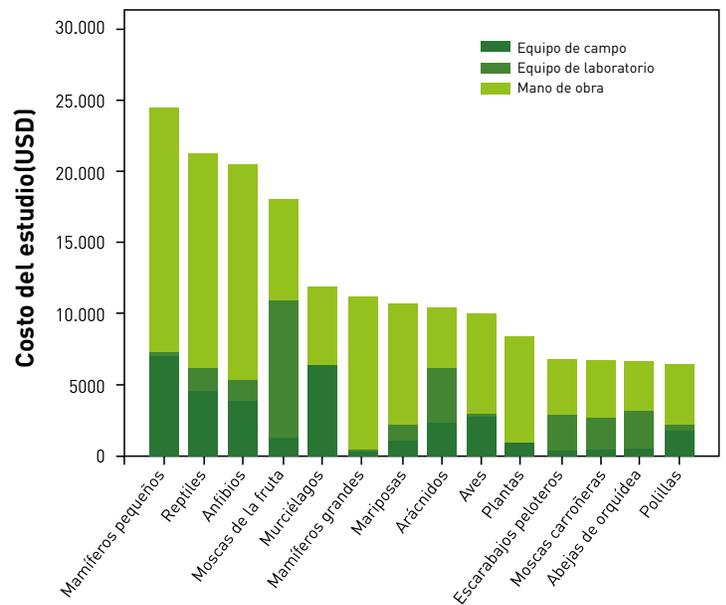
- **¿Se puede identificar la especie indicadora de una manera fácil y confiable?** La identificación de especies puede ser muy desafiante e intensiva en lo referente a los recursos. También hay que considerar que **la identificación exacta de las especies puede no ser necesaria**. Para muchos propósitos de monitoreo, reconocer las especies como distintas sin nombrarlas ('morfoespecies') es suficiente cuando se monitorean muchas especies. Incluso las identificaciones más burdas pueden ser suficientes: la abundancia de 'todas las especies de ungulados' (que generalmente comprenden varias familias) o 'todos los primates' agrupados pueden ser lo suficientemente detalladas como para monitorear la presión de la caza. La segregación burda de macro-invertebrados acuáticos en géneros, familias o incluso órdenes de organismos a menudo es lo suficientemente exacta como para monitorear los cambios en la calidad del agua (Beatty et al. 2006). De igual manera, la diversidad de los taxones superiores (familias y órdenes) ha sido reconocida como un buen indicador sustituto ('surrogate') para la diversidad marina en general (Mellin et al. 2011). No obstante, una consideración importante es que la composición de conjuntos de especies o comunidades es frecuentemente un indicador mucho más sensible de las condiciones ambientales que la riqueza de las especies (p. ej., Imai et al. 2014), lo que requiere de una mayor resolución y esfuerzos de identificación. Consulte también Ward y Larivière (2004) para una revisión útil de cuatro enfoques comúnmente utilizados para reducir el esfuerzo al hacer evaluaciones biológicas rápidas.
- **¿Grupos taxonómicos o funcionales?** En pocas palabras, los grupos taxonómicos (o filogenéticos) son grupos de organismos que comparten una ascendencia común. Debido a que la identificación de las especies es a menudo muy desafiante, la mayoría de los estudios se han limitado tradicionalmente a uno o pocos grupos taxonómicos. El uso tradicional de grupos taxonómicos completos para estudios de biodiversidad de hoy en día facilita la comparación de la biodiversidad entre sitios de estudios. Mientras que los miembros de grupos taxonómicos individuales a menudo tienen la ventaja de ser identificables con bastante fiabilidad al nivel de especie por un solo experto, sus miembros suelen diferir mucho en sus requisitos ecológicos y, de ese modo, rara vez arrojan los indicadores más fuertes para determinados factores ambientales. Los grupos funcionales o 'gremios' comprenden todas las especies en un ecosistema que comparten ciertos rasgos centrales de sus historias de vida, independientemente de su ascendencia común y su relación genética. Dichos rasgos compartidos a menudo invocan una sensibilidad excepcional para ciertos parámetros ambientales

(más que a los grupos definidos en su lugar por la relación genética), y tales grupos funcionales pueden, en consecuencia, ser indicadores poderosos. P. ej., en la parte superior de la cadena alimenticia, los 'depredadores ápice' del gremio son muy sensibles a una variedad de presiones humanas, mientras que las aves grandes y frugívoras se dedican a la caza oportunista de carne de monte.

- **La eficiencia de los costos varía ampliamente entre los grupos taxonómicos o funcionales** de organismos, relacionados no sólo con las diferencias en su poder indicativo, sino también con la gran variabilidad en los tipos y cantidades de recursos requeridos para el muestreo y la identificación de estos organismos. P. ej., los escarabajos peloteros pueden ofrecer un proxy altamente rentable para la abundancia y la diversidad de mamíferos grandes y de esa manera, un indicador más eficiente en función de costos para la presión de la caza (Fig. 6, Fig. 7).



**Fig. 6.** La relación entre los costos del monitoreo y el porcentaje de especies indicadoras (como un proxy del poder indicativo) entre diferentes grupos de organismos en bosque primario y dos hábitats agroforestales (cacao de alta y baja sombra, respectivamente) en Sulawesi, Indonesia. Las especies indicadoras se dan como la suma de las especies con un valor indicador significativo para uno de los tres tipos de hábitats. Tenga en cuenta que los diferentes grupos de organismos no son del todo comparables ya que los esfuerzos de muestreo y la integridad no fueron estandarizados. En este estudio en particular, los escarabajos peloteros y las aves se muestran algunas de las mejores proporciones costo-beneficio, y las hepáticas los escarabajos del dosel entre los más pobres. Aun cuando el monitoreo de árboles es bastante costoso, a menudo tiene muchos beneficios colaterales (para diferenciar tipos de hábitat, estimar las reservas de carbono, gestionar el uso sustentable de los recursos, etc.). Fuente: modificada después de Kessler et al. 2011.



**Fig. 7.** Costos totales de muestreo para 14 grupos de organismos en la Amazonia brasileña. Los costos laborales pueden ocurrir principalmente en el campo (p. ej., aves) o en el laboratorio (p. ej., polillas).

En este estudio, los escarabajos peloteros, las aves y los moscardones (moscas carroñeras) mostraron los mayores rendimientos en términos del valor indicativo para las alteraciones humanas (o la falta de ellas) en relación con los gastos; los mamíferos pequeños y las polillas los rendimientos más bajos (no se muestran). Fuente: Gráfica modificada de Gardner et al. 2008.

- **No existe un indicador sustituto ideal para la biodiversidad en general.** El objetivo clave de muchas iniciativas del monitoreo de la biodiversidad consiste en cuantificar las tendencias en la riqueza de especies en *general* de un área o tipo de hábitat. Los 'sustitutos' de la biodiversidad, grupos únicos de organismos que reflejan confiablemente la biodiversidad general, son una necesidad para hacer esto prácticamente factible. Desafortunadamente, no existen sustitutos ideales - prácticamente todos los grupos de organismos responden de manera inherente y peculiar. Sin embargo, algunos grupos son mejores sustitutos que otros. P. ej. las plantas y las aves son generalmente bien conocidas, factibles de monitorear y, por lo general, se correlacionan bien con los patrones de biodiversidad en general.
- **Considerar el monitoreo de especies particulares.** Dependiendo de los objetivos específicos, el monitoreo puede no necesariamente apuntar a las especies de máximo valor indicativo, sino a especies con otras propiedades o valores sobresalientes. Tales especies a menudo se definen en función de los siguientes conceptos: **Especies paraguas** son especies con altos requerimientos en cuanto al tamaño y la

calidad del hábitat, cuya conservación asegura casi consecuentemente la conservación del grueso de otras especies que comparten su hábitat (p. ej., el peccarí de labio blanco). **Especies emblemáticas** son embajadoras de iniciativas de conservación seleccionadas por ser carismáticas (para atraer apoyo) y generalmente bastante grandes para promover la conservación de áreas extensas (p. ej., jaguar, guacamayas). **Especies clave** ('keystone species' en inglés) reciben su nombre debido a la importancia primordial que tienen para la estabilidad y/o funcionamiento del ecosistema (p. ej., carnívoros superiores, armadillos gigantes o higueros). El término relacionado **ingenieros de ecosistemas** se aplica comúnmente a especies animales clave que moldean fuertemente su hábitat, especialmente a través de acciones mecánicas (por ejemplo, constructores de diques hachas por castores, elefantes que mantienen claros en los bosques). La Lista Roja de la UICN está bien documentada en lo referente a la condición de conservación nacional y mundial de las especies ([categorías UICN](#); p. ej., las que son vulnerables, están amenazadas o en peligro de extinción). Especies de rango de distribución restringida son de especial preocupación para la conservación, ya que sus distribuciones geográficas estrechas las hace particularmente propensas para la extinción. Las especies de rango de distribución restringido a menudo

se denominan endémicas (=especies endémicas) en los casos en que su hábitat coincide con entidades geográficas o políticas (p. ej., las que están limitadas a una región biogeográfica, un país, una provincia, una cadena montañosa o una cuenca hidrográfica).

- **No se deje llevar.** Los enfoques simples suelen ser los más rentables, factibles y sustentables, y pueden ser totalmente suficientes. P. ej., un índice simple de abundancia relativa para una especie de interés dado que se basa en datos oportunistas (p. ej., la captura por esfuerzo) puede ser suficiente para reemplazar un monitoreo intensivo en recursos que produce un tamaño de población real (absoluto).

[Regresar](#) al texto principal.

