

GUÍA

ANEXO DE LA GUÍA PARA LA DEMOSTRACIÓN DE IMPACTOS EN LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA

FSC-GUI-30-006a V2-0 ES



**BOSQUESTM
PARA TODOS
PARA SIEMPRE**



METODOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (SEI)

Las descripciones de las metodologías incluyen los impactos en los SE y ejemplos de indicadores de resultados que se ajustan a ellos, seguidos de una breve descripción de la metodología, los contextos locales adecuados, las ventajas y desventajas, y dónde puede encontrarse el manual completo de la metodología y/o cualquier información contextual.

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE1.1 Mejora de la cubierta forestal natural		
Extensión de la cubierta forestal natural procedente de actividades de restauración	Área de cobertura forestal natural resultado de la reforestación	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Área forestal restaurada como proporción del área forestal total	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
Calidad de la cobertura forestal natural resultado de las actividades de reforestación/restauración	Densidad forestal	SE1-B LiDAR SE1-J Índice de potencial de biodiversidad ✓
	Tasa de supervivencia de las especies autóctonas plantadas	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Variedad de la composición de especies vegetales	
	Diversidad de la estructura forestal	SE1-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓ SE1-B LiDAR
SE1.2 Mantenimiento de paisajes forestales intactos		
Extensión de los paisajes forestales intactos en la UM	Área de paisajes forestales intactos	SE1-C Evaluación del área de paisajes forestales intactos ✓
	Área de zonas núcleo de paisajes forestales intactos	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Área de paisajes forestales intactos protegidos	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
SE1.3 Mantenimiento de una red de áreas de conservación suficiente a nivel ecológico.		
SE1.4 Mejora de una red de áreas de conservación suficiente a nivel ecológico		
Conectividad de la red de áreas de conservación	Conectividad de la red de áreas de conservación	SE1-D Cálculo de la conectividad de los hábitats SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Conectividad con las áreas de conservación exteriores a la unidad de manejo	SE1-D Cálculo de la conectividad de los hábitats SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Conectividad con hábitats naturales fuera de la red de áreas de conservación	SE1-D Cálculo de la conectividad de los hábitats SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Tamaño del corredor ecológico	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
Calidad del hábitat de la red de áreas de conservación	Área de la red de áreas de conservación dentro de la unidad de manejo (incluidas las áreas de muestra representativas, las zonas de conservación, las áreas de protección, las áreas de conectividad y las áreas de alto valor de conservación)	Área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-J ✓, SE1-K ✓
	Área con alto valor de conservación (AVC)	Área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-J ✓, SE1-K ✓
	Proporción del área de AVC dentro de la red de áreas de conservación	% del área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-J ✓, SE1-K ✓

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
	Área de hábitats de importancia para la conservación	Área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-J  , SE1-K 
	Área de hábitats adecuados para especies con valor de conservación	Área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-J  , SE1-K 
	Área de grandes ecosistemas y mosaicos a nivel de paisaje (AVC 2)	Área: <i>Medido como parte del MF-FSC</i> Calidad del hábitat: SE1-L
	NOTA: además de medir el área, puede medir la calidad del hábitat de esa área utilizando las metodologías sugeridas	
SE1.5	Mantenimiento de la estructura forestal natural	
SE1.6	Mejora de la estructura forestal natural	
Estructura forestal	Clase de edad del bosque	
	Estructura del ecosistema forestal	SE1-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal  SE1-B LiDAR
	Índice de condición estructural del bosque	
	Estructura vertical y/u horizontal del bosque	SE1-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal  SE1-B LiDAR SE1-J Índice de potencial de biodiversidad 
	Cantidad de madera muerta en pie y caída u otros microhábitats naturales importantes	SE1-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal  SE1-B LiDAR SE1-J Índice de potencial de biodiversidad 
SE1.7	Mantenimiento de la diversidad de especies nativas	
SE1.8	Mejora de la diversidad de especies nativas	
Diversidad de las especies nativas	Índices de ensamblaje o composición de especies nativas (por ejemplo, índice de diversidad de Shannon).	SE1-E ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico SE1-L Índice de integridad forestal
	Proporción de especies nativas clasificadas como en riesgo	
Abundancia o viabilidad de especies focales, endémicas o RAP	Abundancia de las especies seleccionadas	SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
	Disponibilidad de especies seleccionadas para el uso tradicional sostenible (por ejemplo, plantas medicinales)	
Disponibilidad de hábitats dentro de la unidad de manejo para especies focales, endémicas o RAP	Área del hábitat disponible	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Idoneidad del hábitat	SE1-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal  SE1-L Índice de integridad forestal
	Habitat connectivity	SE1-D Cálculo de la conectividad de los hábitats
	Conectividad del hábitat Área protegida de la caza ilegal	SE1-H Control acústico
SE1.9	Mantenimiento de la biodiversidad funcional	
SE1.10	Mejora de la biodiversidad funcional	

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
Función ecológica	Índices de polinización	SEI-I TESSA Método de polinización 5: Índice de visitas florales como indicador
	Dispersión de semillas	
	Control de plagas	
	Producción de materia prima bruta o neta	
	Dinámica de la población	
Biodiversidad funcional	Riqueza de especies de polinizadores autóctonos	SEI-E ADN medioambiental
	Abundancia de enemigos naturales (por ejemplo, murciélagos) que limitan las plagas	SEI-F Técnicas de estudio de especies de fauna SEI-G Estudios con cámaras trampa SEI-H Control acústico
	Variedad de grupos de especies funcionales	SEI-E ADN medioambiental
	Diversidad de rasgos morfológicos de las especies	
	Diversidad del microbioma del suelo	SEI-E ADN medioambiental
Disponibilidad de hábitats dentro de la unidad de manejo para la biodiversidad funcional	Evidencia de dormideros y refugios utilizados por especies funcionales	SEI-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓
	Área de hábitat disponible para especies funcionales para la biodiversidad	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Idoneidad del hábitat para la biodiversidad funcional	SEI-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓
	Disponibilidad de madera muerta en pie y caída y/u otros microhábitats naturales importantes	SEI-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓ SEI-B LiDAR SEI-J Índice de potencial de biodiversidad ✓
SEI.11	Mantenimiento de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción	
SEI.12	Mejora de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción	
Extensión de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción	Área de hábitats o ecosistemas endémicos	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Área de ecosistemas amenazados o en peligro de extinción	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Área de ecosistemas o hábitats clasificados como amenazados en sistemas nacionales o internacionales	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Área de hábitats y ecosistemas prioritarios para la conservación a nivel mundial, regional, nacional y/o local	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
Condición de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción	Índice de integridad ecológica	
	Proporción de áreas forestales intactas	SEI-L Índice de integridad forestal
	Nivel de perturbación	SEI-K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓
	Presencia de especies indicadoras de buena calidad del hábitat/ecosistema	SEI-E ADN medioambiental
	Proporción de hábitats degradados en relación con el total	SEI-L Índice de integridad forestal

SEI-A IMÁGENES POR SATÉLITE Y SIG

Impactos

-  SE1.1: Restauración de la cubierta forestal natural
-  SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
-  SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua
-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo
-  SE4.3: Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
-  SE4.4: Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión

Indicadores de resultados

- Área de cobertura forestal natural resultado de la reforestación
- La cubierta forestal natural de la unidad de manejo se superpone con la cuenca hidrográfica pertinente
- Proporción/porcentaje de tierra degradada en relación con el área total de tierra/bosque
- Porcentaje de la orilla de un cuerpo de agua con cobertura forestal
- Extensión de tierra con cubierta forestal o sotobosque
- Cobertura forestal protectora en pendientes pronunciadas
- Cobertura forestal protectora de humedales y/o zonas costeras
- Cobertura forestal natural en zonas vulnerables

Descripción

La teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas muy valiosas para cuantificar y monitorear los servicios del ecosistema relacionados con los bosques. Obsérvese que la teledetección basada en imágenes de satélite para medir el secuestro y almacenamiento de carbono, la calidad del agua y la calidad del aire se añade como metodología en esos módulos específicos de SE. Para obtener datos sobre paisajes forestales intactos, véase SEI-C.

La teledetección implica tanto imágenes de satélite sin procesar como conjuntos de datos derivados (productos de valor añadido). Las imágenes de satélite sin procesar suelen requerir un tratamiento previo y pueden utilizarse para obtener datos sobre la cobertura forestal, índices de vegetación o evaluaciones del hábitat. Los conjuntos de datos derivados incluyen mapas de cobertura del suelo, modelos de altura del dosel e índices de vegetación. Los índices de vegetación pueden calcularse a partir de la diferencia entre el reflejo de las diferentes longitudes de onda de las bandas espectrales. Cada índice tiene su propia fórmula y, por lo general, los programas informáticos de SIG pueden ayudar con estos cálculos. Por ejemplo, el NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) se utiliza con frecuencia para determinar la cobertura del suelo y los cambios en la misma, y el índice normalizado de área quemada se utiliza para identificar las zonas quemadas y proporcionar una medida de la gravedad del incendio.

Deben tenerse en cuenta varias cosas a la hora de seleccionar imágenes de satélite. En primer lugar, ya que como administrador forestal necesitará datos a nivel de la unidad de manejo, le recomendamos que utilice datos de teledetección con una **resolución espacial de media a alta**, p. ej. mínimo 30 m). En segundo lugar, un problema común con los datos de teledetección es la cobertura nubosa. Le recomendamos que utilice imágenes de teledetección con **poca o ninguna cobertura nubosa**. Tercero, al comparar dos o más imágenes obtenidas por satélite, piense en cómo la estacionalidad puede afectar a la calidad y comparabilidad de las imágenes. Por último, la cobertura temporal asegura la posibilidad de realizar análisis de series temporales y detectar tendencias.

Algunas imágenes satelitales están disponibles para su descarga gratuita; el acceso a otros datos puede tener un coste o puede estar restringido a ciertos tipos de usuarios. La siguiente tabla ofrece un resumen de las **imágenes de satélite de código abierto** más útiles, sus características y cómo se puede acceder a ellas.

Fuente de datos de imágenes por satélite	Características	Datos de acceso
<p>Serie Landsat (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA)/Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS))</p> <p>Landsat-7: lanzado en abril de 1999 Landsat-8: lanzado en febrero de 2013 Landsat-9: lanzamiento en septiembre de 2021</p>	<p>El Enhanced Thematic Mapper Plus de Landsat-7 tiene 8 bandas espectrales, el Operational Land Imager de Landsat-8 y Landsat-9 tiene 9 y el Thermal Infrared Sensor tiene 2 bandas espectrales, Todas menos una banda con una resolución de 30 m (algunas remuestreadas desde 60 m o 100 m), una banda a 15 m Cobertura repetida cada 16 días Ancho de franja de 185 km</p>	<p>Google Earth Engine</p> <p>NASA's Earth data</p> <p>Plugin de clasificación semiautomática de QGIS</p>
<p>Sentinel-2 (Agencia Espacial Europea)</p> <p>2A: lanzado en junio de 2015 2B: lanzado en marzo de 2017 2C: lanzado en septiembre de 2024 (sustituirá al 2A)</p>	<p>13 bandas espectrales, 4 bandas a 10 m, 6 bandas a 20 m y 3 bandas a 60 m de resolución Tiempo de revisita de 5 días Ancho de franja de 290 km</p>	<p>Navegador de datos Copernicus</p> <p>Google Earth Engine</p> <p>NASA's Earth data</p> <p>Plugin de clasificación semiautomática de QGIS</p>

La interpretación visual puede ser un método apropiado para analizar la deforestación o la fragmentación de los bosques. Esto será más fácil para quienes tengan experiencia en el análisis visual de imágenes de teledetección. El Observatorio de la Tierra de la NASA ofrece un par de consejos generales para interpretar imágenes de satélite ([Riebeek, 2013](#)), así como más información sobre la interpretación de imágenes con colores falsos ([Riebeek, 2014](#)).

Algunos conjuntos de datos de teledetección pueden visualizarse a través de paneles de control como [Global Forest Watch](#) (véase SEI-C), aunque a menudo se requiere una suscripción para acceder a las funciones avanzadas. **El software SIG** puede utilizarse para realizar análisis de datos más avanzados. Por ejemplo, [QGIS](#) es un programa de código abierto y fácil de usar, mientras que [ArcGIS de Esri](#) también es fácil de usar y tiene algunas funciones adicionales, pero viene con una suscripción de pago, y [R](#) y [Python](#) requieren conocimientos avanzados de programación.

Si bien el uso de imágenes de satélite puede facilitar el monitoreo o hacerlo más rentable, es importante realizar **muestreos in situ o mediciones de campo** para complementar los datos de las imágenes de satélite. En otras palabras, debe establecerse un vínculo entre la imagen y los valores de las mediciones de campo, por ejemplo, basándose en datos de un inventario forestal o de parcelas de muestreo. Los datos de las mediciones de campo incluyen los límites de la unidad de manejo o del proyecto de SE y la presencia de especies, la biomasa, las condiciones del suelo o la densidad del dosel sobre el terreno. Lo más sencillo es que las parcelas de muestreo sean cuadradas y del mismo tamaño que la resolución espacial de la imagen obtenida por satélite (por ejemplo, 10 x 10 m o 30 x 30 m), aunque pueden aplicarse correcciones con un software SIG.

Contextos adecuados

Todos los bosques del mundo.

Ventajas

- Rentable para grandes superficies.
- Mediciones coherentes y repetibles.
- Análisis escalables.
- Evaluación rápida.

Inconvenientes

- Nubosidad e interferencias atmosféricas.
- Medición directa limitada.
- Requiere experiencia o interés de nivel medio-alto.
- Gestión de datos de imágenes de gran tamaño.

Acceso

Para los conjuntos de datos, véanse los enlaces del cuadro anterior; para el análisis de datos y el software SIG, véanse los enlaces del texto.

SE1-B LIDAR

Impactos

-  SE1.1: Mejora de la cubierta forestal natural
-  SE1.5: Mantenimiento de la estructura forestal natural
-  SE1.6: Mejora de la estructura forestal natural
-  SE4.3: Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
-  SE4.4: Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
-  SE7.1: Mantenimiento de la calidad del agua
-  SE7.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Área de cobertura forestal natural resultado de la reforestación
- Diversidad de la estructura forestal
- Estructura del ecosistema forestal
- Estructura vertical y/u horizontal del bosque
- Índice de área foliar (LAI, leaf area index)

Descripción

LiDAR utiliza un láser para medir distancias y ayuda a crear una imagen en 3D de los objetos escaneados. Por lo general, el escáner láser se monta en un avión o un dron para obtener datos LiDAR desde el aire, aunque a veces se coloca en un vehículo o un trípode para obtener datos terrestres, y algunos satélites están equipados con un escáner láser.

Los datos obtenidos mediante LiDAR tienen múltiples aplicaciones, entre ellas determinar la estructura forestal y el índice de superficie foliar. Dado su alto nivel de precisión (5-15 cm), no es necesario realizar verificaciones sobre el terreno.

WWF ha desarrollado un conjunto de directrices sobre el sistema LiDAR para la ecología y la conservación (Melin et al., 2017). Estas directrices explican cómo funciona LiDAR, qué aplicaciones tiene en los bosques y dónde se puede acceder a los datos LiDAR existentes.

Contextos adecuados

Todos los bosques del mundo, excepto los bosques tropicales densos en los que LiDAR no puede penetrar.

Ventajas

- Preciso.

Inconvenientes

- Es caro.
- Requiere experiencia o interés de nivel alto.

Acceso

Directrices sobre LiDAR para la ecología y la conservación (Melin et al., 2017):
<https://www.wwf.org.uk/project/conservationtechnology/lidar>.

Fuente en línea que explica qué es el LiDAR y cómo puede utilizarse en un contexto forestal:
<https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics>

SEI-C EVALUACIÓN DEL ÁREA DE PAISAJES FORESTALES INTACTOS

Impactos



SEI.2: Mantenimiento de paisajes forestales intactos



Indicadores de resultados

- Área de paisajes forestales intactos

Descripción

Global Forest Watch ofrece un mapa interactivo en línea que permite a los usuarios explorar y analizar datos sobre el cambio en la cubierta forestal a nivel mundial, nacional o jurisdiccional. Global Forest Watch incluye datos sobre paisajes forestales intactos (PFI). El conjunto de datos de PFI identifica áreas ininterrumpidas de ecosistemas forestales naturales que no muestran signos de actividad humana significativa y que son lo suficientemente grandes como para mantener toda la biodiversidad nativa, incluyendo poblaciones viables de especies de amplio rango.

Para cartografiar las áreas de PFI, se utilizaron imágenes del satélite Landsat del año 2000 para cartografiar paisajes no fragmentados de al menos 50 000 hectáreas y una anchura mínima de 10 kilómetros. El mapa mundial de PFI se elaboró mediante la interpretación visual de imágenes Landsat por parte de expertos. Posteriormente, se han llevado a cabo reevaluaciones de las áreas de PFI en 2013¹, 2016 y 2020. Como resultado, en el mapa de Global Forest Watch se muestran las áreas de PFI, así como la reducción de dichas áreas.

El mapa de PFI de 2016 puede utilizarse como referencia (el Anexo B requiere la extensión de PFI a 1 de enero de 2017), por lo que, para la comparativa, deberá buscar cualquier “reducción en la extensión entre 2016 y 2020” en su UM.

Contextos adecuados

Todos los bosques del mundo que incluyen, o forman parte de PFI.

Ventajas

- Es rentable.
- Fácil de usar.

Inconvenientes

- Debate sobre la precisión y la integridad sobre el terreno.
- Una gran área de bosque puede ser clasificada como PFI.

Acceso

Acceda al mapa interactivo a través de <https://globalforestwatch.org/map/> (pestaña ‘cubierta terrestre’).

Acceda directamente a los conjuntos de datos a través de <https://glad.umd.edu/dataset>.

¹ Potapov, P., M. C. Hansen, L. Laestadius, S. Turubanova, A. Yaroshenko, C. Thies, W. Smith, I. Zhuravleva, A. Komarova, S. Minnemeyer y E. Esiipova. 2017. “The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013.” *Science Advances* 3: e1600821.

SEI-D CÁLCULO DE LA CONECTIVIDAD DE LOS HÁBITATS

Impactos

-  SEI.3: Mantenimiento de una red de áreas de conservación suficiente a nivel ecológico.
-  SEI.4: Mejora de una red de áreas de conservación suficiente a nivel ecológico
-  SEI.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
-  SEI.8: Mejora de la diversidad de especies nativas

Indicadores de resultados

- Conectividad de la red de áreas de conservación
- Conectividad con las áreas de conservación exteriores a la unidad de manejo
- Conectividad con hábitats naturales fuera de la red de áreas de conservación
- Conectividad del hábitat

Descripción

CONECTIVIDAD DEL HÁBITAT

Para determinar el nivel de conectividad del hábitat, se observan **parches de bosque que funcionan como corredores o pasos intermedios** en el paisaje. Un corredor une dos unidades de bosque central entre sí (puente) o conecta de nuevo con la misma unidad de bosque central (bucle), mientras que los pasos intermedios son islas de bosque.

Este proceso se compone de los siguientes pasos:

1. Calcule el número de unidades de conectividad (es decir, el número de corredores y pasos intermedios) y el área de cada unidad de conectividad, así como el área total de unidades de conectividad.
2. Añada una descripción cualitativa de la fortaleza de cada una de las unidades de conectividad, detallando si se trata de un paso intermedio o de un corredor y de qué tipo (puente o bucle).
3. Describa la importancia de las unidades de conectividad, qué dos parches forestales (centrales) se conectan (y a qué potencial de dispersión de especies focales afecta).
4. Muestre que las unidades de conectividad no han surgido como resultado de una pérdida permanente de área de bosque (central) (por ejemplo, calculando la fragmentación del hábitat).

FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

A fin de calcular el nivel de fragmentación del hábitat, se necesita un **mapa de la cubierta forestal terrestre** lo suficientemente detallado como para **incluir caminos, aldeas y otras estructuras construidas por el ser humano** (viveros de árboles, lugares de descarga y depósito de troncos, etc.) dentro de o en las inmediaciones del bosque. Pueden ser datos de teledetección espacial continua, como imágenes Landsat de alta resolución (véase SEI-A), combinadas con un mapa de la unidad de manejo que represente carreteras, aldeas y otras estructuras construidas por el ser humano. En caso de que este último no esté fácilmente disponible, el primer paso será realizar un ejercicio de mapeo. Con un GPS, se pueden recoger datos de campo que posteriormente se pueden cargar en un software del sistema de información geográfica (SIG) para crear dicho mapa.

Todos los bosques que se encuentren a menos de 100m de estructuras construidas por el ser humano o de la cubierta terrestre no forestal se clasificarán como **“bosque limitrofe”**; todos los demás bosques se clasificarán como **“bosque central”**. Utilizando el software de SIG, es posible calcular el área total del bosque central y el área total del bosque limitrofe. Además, se puede generar una visión general del número total de parches de bosque central y su área (tamaño del parche).

Para un cálculo más avanzado, se puede determinar el índice de tamaño promedio ponderado del parche de bosque central (AWACFS, por sus siglas en inglés). Este índice se basa en la identificación de los parches de bosque central y tiene en cuenta su número y tamaño. Cuanto mayor sea el parche, mayor será su contribución en el cálculo. La fórmula del índice es:

$$AWACFS = \sqrt{[\sum (ci)^2 / \sum ci]}$$

Donde ci es el área de la unidad central i , $i = 1$ a n (n es el número total de parches de bosque central).

Contextos adecuados

Apto para todo tipo de bosques. Es más fácil para las organizaciones que tienen experiencia interna en SIG y cartografía.

Ventajas

- Puede ser utilizado por una persona no experta que tenga conocimientos básicos de SIG (y cartografía).
- Requiere poco tiempo e inversión económica (suponiendo que se disponga de un mapa de la infraestructura forestal).

Inconvenientes

- Necesidad de navegar por un documento extenso.

Acceso

Estreguil y Mouton (2009) <https://core.ac.uk/download/pdf/38615393.pdf>



SE1-E ADN MEDIOAMBIENTAL (eDNA)

Impactos

-  SE1.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
-  SE1.8: Mejora de la diversidad de especies nativas
-  SE1.9: Conservación de la biodiversidad funcional
-  SE1.10: Restauración de la biodiversidad funcional
-  SE1.11: Mantenimiento de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE1.12: Mejora de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE6.3: Mantenimiento de poblaciones o especies de valor cultural
-  SE6.4: Mejora de poblaciones o especies de valor cultural

Indicadores de resultados

- Índices de ensamblaje o composición de especies nativas (por ejemplo, índice de diversidad de Shannon).
- Riqueza de especies de polinizadores autóctonos
- Variedad de grupos de especies funcionales
- Diversidad del microbioma del suelo
- Presencia de especies indicadoras de buena calidad del hábitat/ecosistema
- Indicadores de resultados del tipo “especies o poblaciones con valor cultural”

Descripción

El ADN ambiental (eDNA) es el ADN que un organismo libera al medio ambiente. La técnica de secuenciación del ADN ambiental (eDNA) consiste en la **recogida de muestras en el medio ambiente**, por ejemplo, en el agua o el suelo, y su posterior **análisis en un laboratorio** para extraer el ADN y compararlo con una base de datos de eDNA con el fin de identificar las especies encontradas en las muestras.

Bruce et al. (2021) elaboraron una guía práctica sobre métodos basados en el ADN para la evaluación de la biodiversidad en los siguientes tipos de muestras: eDNA acuático, invertebrados sin clasificar, diatomeas perifíticas bentónicas y suelos/sedimentos. Esta guía incluye consideraciones clave para la manipulación del eDNA sobre el terreno (durante la recogida de muestras) y en el laboratorio, así como directrices sobre el muestreo. Las organizaciones que ofrecen servicios de análisis de eDNA también pueden proporcionar instrucciones útiles sobre cómo recoger y transportar las muestras.

Contextos adecuados

Bosques para los que se dispone de datos genéticos de referencia de la especie objetivo.

Ventajas

- Método no invasivo.
- Las especies esquivas o crípticas pueden ser más fáciles de detectar que con los métodos tradicionales.
- Sin necesidad de expertos en la materia, rentable.

Inconvenientes

- No hay datos sólidos sobre la abundancia de especies (solo abundancia relativa), la edad o la distribución por tamaños.
- Número limitado de especies incluidas en los bancos de eDNA como datos genéticos de referencia.

Acceso

Ejemplos de organizaciones que ofrecen servicios de análisis de eDNA: [NatureMetrics](#) (Reino Unido/Canadá), [CD Genomics](#) (Estados Unidos), [SGS](#) (laboratorio de Portugal)

Practical guide to DNA-based methods for biodiversity assessment (Bruce et al., 2021): <https://ab.pensoft.net/article/68634/>.

SEI-F TÉCNICAS DE ESTUDIO DE ESPECIES DE FAUNA

Impactos

-  SE1.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
-  SE1.8: Mejora de la diversidad de especies nativas
-  SE5.3: Mantenimiento de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza
-  SE5.4 Mejora de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza
-  SE6.3: Mantenimiento de poblaciones o especies de valor cultural
-  SE6.4: Mejora de poblaciones o especies de valor cultural

Indicadores de resultados

- Índices de ensamblaje o composición de especies nativas (por ejemplo, índice de diversidad de Shannon)
- Abundancia de especies seleccionadas (de interés recreativo)
- Diversidad de especies o poblaciones culturales, históricas o icónicas que se utilizan como emblemas o significantes culturales de algún tipo
- Riqueza de especies que se considera que tienen un significado cultural, sagrado o espiritual para las personas, incluidos los valores y el sentido de pertenencia de los Pueblos Indígenas o pueblos tradicionales

Descripción

Se puede elegir entre varias técnicas de estudio de la fauna dependiendo del tipo de especie y del propósito específico del estudio, entre otras consideraciones. Para estimar las poblaciones de especies en los bosques certificados por el FSC, se recomiendan los transectos lineales para mamíferos y los conteos por puntos (o transectos puntuales) para aves, ya que le permiten cubrir áreas más extensas al mismo tiempo que hace un uso efectivo del tiempo. Para asegurar que se aplican técnicas adecuadas para estudiar otros tipos de animales (reptiles, anfibios, peces, invertebrados), le recomendamos que se ponga en contacto con un experto a fin de averiguar qué técnica de muestreo es la más adecuada en su contexto local.

Recomendamos dividir el área de bosque en 2-6 estratos diferentes según el hábitat, el clima, la altitud, el uso de la tierra, la abundancia de especies, la accesibilidad de los sitios de estudio, los límites administrativos o geopolíticos, etc. (Sutherland et al., 2004).

Los temas generales que deben tenerse en cuenta **al estudiar la fauna** son:

- la estación y la hora del día (¿cuándo está activa una especie en particular?)
- el tamaño de las parcelas de estudio/longitud de la línea de transectos (por ejemplo, 1 km de línea de transectos)
- el protocolo general de conteo
- las unidades de registro (identificadas por la vista, el oído, etc.).

En los **transectos lineales** es importante tener en cuenta lo siguiente:

- la velocidad de marcha recomendada (por ejemplo, 1 km/h)
- la estimación de distancias perpendiculares.

Con **el conteo por puntos** es importante utilizar:

- un tiempo de reposo de 1 minuto después de alcanzar el punto de conteo
- períodos de conteo de 5 o 10 minutos
- dos o tres franjas de distancia estimada (0-30 m y más de 30 m; o 0-30 m, 30-100 m y más de 100 m)
- un mínimo de 200 m entre dos posiciones de conteo.

Recomendamos que busque la participación de al menos un experto (por ejemplo, de una universidad o instituto de investigación cercano, o de un consultor) en el diseño y análisis de la recolección de datos, así como de un experto local en identificación de especies.

Contextos adecuados

Apto para todo tipo de bosques con fauna.

Ventajas

- Medición directa de las poblaciones de especies.

Inconvenientes

- Necesidad de la participación de expertos.
- Requiere mucho tiempo.
- Es caro.

Acceso

Basado en:

Sutherland, W.J. (2000) *The Conservation Handbook – Research, Management and Policy*. Blackwell Science, Oxford, 296 pp.

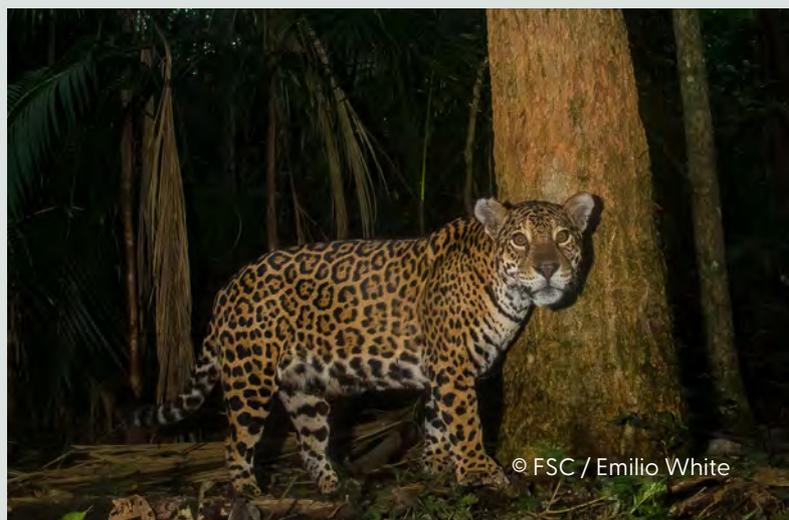
Sutherland, W.J., Newton, I., and Green, R.E. (2004) *Bird Ecology and Conservation – A Handbook of Techniques*. Oxford Biology, Oxford.



SEI-G ESTUDIOS CON CÁMARAS TRAMPA

Impactos

-  SE1.6: Conservación de la diversidad de las especies
-  SE1.7: Restauración de la diversidad de las especies
-  SE5.3: Mantenimiento/conservación de las poblaciones de especies de interés para el turismo de naturaleza
-  SE5.4 Restauración o mejora de las poblaciones de especies de interés para el turismo de naturaleza
-  SE6.3: Mantenimiento de poblaciones o especies de valor cultural
-  SE6.4: Mejora de poblaciones o especies de valor cultural



Indicadores de resultados

- Abundancia de especies seleccionadas (de interés recreativo)
- Indicadores de resultados del tipo “especies o poblaciones con valor cultural”

Descripción

Una cámara trampa es una cámara que toma una fotografía cuando es activada por un animal que entra en su campo de visión (por ejemplo, mediante un sensor infrarrojo pasivo que detecta la radiación infrarroja de un animal de sangre caliente). Funciona mejor con mamíferos de tamaño mediano y grande, pero también con mamíferos pequeños (>100 g) y aves, y en cierta medida con reptiles. Las cámaras trampa proporcionan datos sobre la ubicación de las especies, el tamaño de las poblaciones, la diversidad de especies y cómo interactúan estas. Son especialmente **eficaces para el monitoreo de la abundancia de especies**.

WWF-UK ha creado un manual para el uso de cámaras trampa. Tenga en cuenta que este manual se publicó en 2017 y que, desde entonces, se han producido avances importantes, especialmente en el desarrollo de la inteligencia artificial y el software para el procesamiento de datos. A continuación, se indican otros dos manuales sobre cámaras trampa.

Contextos adecuados

Bosques con biodiversidad de fauna.

Ventajas

- Poca o ninguna perturbación de la fauna.
- Eficaz para especies nocturnas.
- La obtención de imágenes de la fauna silvestre que puedan utilizarse para interactuar con posibles patrocinadores u otros actores sociales.

Inconvenientes

- El procesamiento y análisis de datos conlleva mucho tiempo (y es costoso) si no está parcialmente automatizado (aunque el uso de la ciencia ciudadana puede ser útil).
- Costoso (equipo fotográfico).
- Interferencias humanas o de la fauna silvestre.
- Propensos a funcionar mal en entornos extremos (por ejemplo, altas precipitaciones, humedad).

Acceso

Acceda al manual de WWF sobre cámaras trampa: <https://www.wwf.org.uk/project/conservationtechnology/camera-trap>.

[Otro manual de cámaras trampa 1](#)

[Otro manual de cámaras trampa 2](#)

SEI-H CONTROL ACÚSTICO

Impactos

-  SE1.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
-  SE1.8: Mejoramiento de la diversidad de especies nativas
-  SE1.11: Mantenimiento de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE1.12: Mejora de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE5.3: Mantenimiento/conservación de las poblaciones de especies de interés para el turismo de naturaleza
-  SE5.4 Restauración o mejora de las poblaciones de especies de interés para el turismo de naturaleza
-  SE6.3: Mantenimiento de poblaciones o especies de valor cultural
-  SE6.4: Mejora de poblaciones o especies de valor cultural

Indicadores de resultados

- Abundancia de especies seleccionadas (de interés recreativo)
- Presencia de especies indicadoras de buena calidad del hábitat/ecosistema
- Indicadores de resultados del tipo “especies o poblaciones con valor cultural”

Descripción

Los animales utilizan el sonido para comunicarse, ecolocalizarse, cortejarse y defender su territorio. Durante el monitoreo (bio) acústico, esos sonidos se graban para estimar la distribución, el estado fisiológico, la abundancia y el comportamiento de la fauna. Según la especie, sus sonidos pueden estar en el espectro sonoro audible (por ejemplo, aves, monos, ranas), en el ultrasonido (por ejemplo, murciélagos) o en el infrasonido (por ejemplo, el barrito de los elefantes).

Además de recopilar datos sobre **una especie vocal de interés** y su uso del hábitat, la monitorización acústica también se utiliza para **vigilar actividades ilegales** como la caza furtiva (disparos) y la tala ilegal (ruido de motosierras).

WWF-UK ha elaborado un manual sobre monitorización acústica y procesamiento de datos. Tenga en cuenta que este manual se publicó en 2017 y que, desde entonces, se han producido avances importantes, especialmente en el desarrollo de la inteligencia artificial y el software para el procesamiento de datos.

Contextos adecuados

Bosques con biodiversidad de fauna que produce sonidos, sin un entorno muy ruidoso (por ejemplo, si está buscando aves, pero los monos no dejan de hacer ruido y no se oye a los pájaros).

Ventajas

- No invasivo; apenas perturba la vida silvestre.
- La obtención de audios de la fauna silvestre que puedan utilizarse para interactuar con posibles patrocinadores u otros actores sociales.

Inconvenientes

- Necesidad de la participación de expertos para el reconocimiento de las vocalizaciones de la fauna.
- El tratamiento y análisis de datos lleva mucho tiempo (y es costoso) si no está (parcialmente) automatizado.

Acceso

Acceda al manual de WWF sobre monitoreo acústico:

<https://www.wwf.org.uk/project/conservationtechnology/acoustic-monitoring>

SEI-I TESSA MÉTODO DE POLINIZACIÓN 5: ÍNDICE DE VISITAS FLORALES COMO INDICADOR

Impactos

-  SEI.9: Conservación de la biodiversidad funcional
-  SEI.10: Restauración de la biodiversidad funcional

Indicadores de resultados

- Índices de polinización

Descripción

Entre los animales polinizadores más comunes que habitan en los bosques se encuentran las abejas, las mariposas, las polillas, los escarabajos, los murciélagos, las moscas y las avispas. La mayoría son activos durante el día, algunos durante la noche (polillas, murciélagos). Resumen de los pasos para registrar la tasa de visita floral:

1. Identifique las plantas polinizadas por animales dentro de la UM y en un radio de 1 km (consulte la página 388 de TESSA para obtener orientación sobre cómo distinguir las flores polinizadas por el viento de las polinizadas por animales) y trace un mapa con su ubicación.
2. Para cada planta polinizada por animales, delimite tres zonas desde la UM: cercana (por ejemplo, <150 m), media (por ejemplo, 150-500 m) y lejana (por ejemplo, 500 m-1 km).
3. Durante la temporada de floración, distribuya al menos tres parcelas de muestreo en cada una de las tres zonas, asegurándose de que cada parcela incluya un número determinado de flores que puedan observarse al mismo tiempo.
4. En cada parcela de muestreo, cuente el número de visitas de polinizadores a las flores durante 15 minutos y anótelos en una hoja de registro de datos de campo (véase la página 386 para obtener una plantilla de hoja de datos sobre la frecuencia de visitas de polinizadores). También puede especificar el tipo de polinizador; consulte la guía de identificación de polinizadores (p. 390).
5. Anote el número total de flores observadas en cada parcela. Divida el total de visitas por el número total de flores observadas, de modo que obtenga una tasa media de visita floral por cada 15 minutos. Divida entre 15 para obtener la tasa media de visita floral por minuto.
6. Calcule la frecuencia media de visitas florales y la distancia media desde la UM para cada una de las tres zonas.
7. Puede detenerse en el paso 7, no es necesario calcular el valor económico de los servicios de polinización (a menos que lo desee).

Asegúrese de que las condiciones meteorológicas sean favorables para la búsqueda de alimento por parte de los polinizadores (temperatura de 13 °C o superior, poco o ningún viento, tiempo seco); consulte el protocolo de observación de campo (p. 384). Por último, al comparar los valores pasados y presentes, asegúrese de que las condiciones meteorológicas sean similares.

Contextos adecuados

Bosques en los que existe polinización por animales de productos silvestres cultivados y aprovechados dentro de la UM o en un radio de 1 km desde la UM.

Ventajas

- Relativamente fácil.

Inconvenientes

- Las condiciones meteorológicas desempeñan un papel importante; tienen que ser favorables para los polinizadores, tanto para las mediciones del valor actual como para las del valor de referencia.

Acceso

Acceda al método de polinización 5 de TESSA (p.369): <https://www.birdlife.org/tessa-tools/>



SE1-J ÍNDICE DE POTENCIAL DE BIODIVERSIDAD

Impactos



- SE1.1: Mejora de la cubierta forestal natural
- SE1.5: Mantenimiento de la estructura forestal natural
- SE1.6: Mejora de la estructura forestal natural
- SE1.9: Conservación de la biodiversidad funcional
- SE1.10: Restauración de la biodiversidad funcional
- SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
- SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua

Indicadores de resultados

- Densidad forestal
- Estructura vertical y/u horizontal del bosque
- Cantidad de madera muerta en pie y caída u otros microhábitats naturales importantes

Descripción

El índice de potencial de biodiversidad se basa en una **evaluación rápida de diez características** (o factores) que influyen en la capacidad de los bosques para albergar especies animales, vegetales y fúngicas: Diversidad de especies arbóreas autóctonas (factor A), estructura vertical de la vegetación (B), densidad de madera muerta en pie y en el suelo (C y D), densidad de árboles vivos muy grandes (E), densidad de árboles vivos que albergan microhábitats (F), presencia de zonas abiertas ricas en flores (G), continuidad forestal a lo largo del tiempo (H), diversidad de hábitats acuáticos (I) y diversidad de hábitats rocosos (J).

Medida a nivel de rodal o tipo de rodal, a cada factor se le asigna una puntuación entre 0 y 5 comparando las observaciones de campo con una escala de umbrales, que refleja las condiciones desfavorables (puntuación = 0) y favorables (puntuación = 5) para la biodiversidad.

Contextos adecuados

Desarrollado para bosques europeos de más de 0,5 ha. Adaptaciones nacionales/regionales y formularios de campo disponibles para:

- Francia (francés)
- Italia (italiano)
- España (español)
- Cataluña (catalán)
- Europa templada y cuenca mediterránea (inglés, francés)

Ventajas

- Protocolo detallado de reconocimiento sobre el terreno para diversos contextos forestales.
- Puede ser utilizado por silvicultores profesionales y, previa formación, también por no profesionales.

Inconvenientes

- Limitado geográficamente.

Acceso

La documentación sobre IPB puede descargarse en: <https://www.cnpf.fr/ibp-index-biodiversity-potential>

SEI-K HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD FORESTAL

Impactos



- SE1.1: Mejora de la cubierta forestal natural
- SE1.5: Mantenimiento de la estructura forestal natural
- SE1.6: Mejora de la estructura forestal natural
- SE1.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
- SE1.8: Mejora de la diversidad de especies nativas
- SE1.9: Mantenimiento de la biodiversidad funcional
- SE1.10: Mejora de la biodiversidad funcional
- SE1.11: Mantenimiento de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
- SE1.12: Mejora de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
- SE5.3: Mantenimiento de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza
- SE5.4 Mejora de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza

Indicadores de resultados

- Diversidad de la estructura forestal
- Estructura del ecosistema forestal
- Estructura vertical y/u horizontal del bosque
- Cantidad de madera muerta en pie y caída u otros microhábitats naturales importantes
- Idoneidad del hábitat (para la biodiversidad funcional/especies seleccionadas)
- Evidencia de dormideros y refugios utilizados por especies funcionales
- Nivel de perturbación

Descripción

La herramienta de Evaluación de la Integridad Forestal (EIF) es un enfoque simple y fácil de utilizar desarrollado por la Red de Recursos con la ayuda de WWF. Las evaluaciones se centran en los **hábitats como indicadores indirectos de la biodiversidad** y no de las especies, utilizando como referencia los tipos de bosque natural poco afectados por las actividades humanas a gran escala.

Formularios de campo adaptados a escala regional con conjuntos de preguntas con formato sí/no guían y estandarizan las evaluaciones, que darán lugar a un valor numérico que categorice la integridad del bosque. Se formulan preguntas para abordar los elementos y características forestales que se dan en un área de evaluación relativamente limitada, típicamente parcelas de 0,25-1 ha (el tamaño real depende de la visibilidad en el bosque en particular). La estrategia de muestreo propuesta se basa en la estratificación del bosque y la subsiguiente selección de parcelas a lo largo de las líneas de transectos.

Los formularios de campo dividen las preguntas en cuatro secciones:

1. estructura y composición (tamaño del árbol, regeneración, árboles importantes para la biodiversidad, residuos leñosos gruesos, incendios, otros elementos);
2. impactos y amenazas (árboles comerciales, visibilidad, especies invasoras, caza furtiva ilegal, tala, desmonte de bosques, accesibilidad);
3. hábitats focales;
4. especies focales (endémicas del área; raras, amenazadas o en peligro de extinción; o recolectadas con fines tradicionales o medicinales).

Por otra parte, el manual de EIF cuenta con una sección sobre la evaluación de los resultados y el cálculo de las puntuaciones, incluida la presentación de las tendencias a lo largo del tiempo. El análisis de datos se puede realizar utilizando Microsoft Excel.

Después de una formación básica se obtienen resultados razonablemente coherentes. Los pequeños propietarios pueden aprender a evaluar y monitorear sus parcelas de bosque durante un día de formación en terreno. Puede que se necesiten un par de días para formar a los interesados en el muestreo y monitoreo de bosques más grandes de manera coherente.

Contextos adecuados

El enfoque es aplicable tanto a los bosques más grandes como a los parches forestales remanentes intercalados en paisajes agrícolas y forestales.

El manual de EFI está disponible en inglés, francés, español, portugués e indonesio.

La adaptación regional o nacional tiene por objeto modificar en mayor medida una plantilla genérica o adaptar una versión ya existente para su uso en otra región o país con tipos de bosque similares.

Las adaptaciones regionales/ nacionales (formularios de campo) están disponible para Chile, la región de Gran Mekong, Panamá y Escandinavia.

Ventajas

- Puede ser utilizado por personas no expertas después de la formación básica.
- Tanto la recopilación como el análisis de datos son relativamente fáciles.

Inconvenientes

- No hay datos poblacionales precisos, debido al carácter de presencia/ausencia de la metodología.

Acceso

Manual: <https://www.hcvnetwork.org/library/forest-integrity-assessment-tool-fiat-manual>

Formularios de campo:

- Chile: [bosque templado húmedo de Valdivia](#) (español)
- Región del Gran Mekong: [bosque seco y caducifolio](#) (inglés, indonesio)
- Región del Gran Mekong: [bosque perennifolio](#) (inglés, indonesio)
- Panamá ([selva tropical en la región de Darién](#)) (inglés, español)
- Escandinavia: ([genérico](#)) (inglés, sueco)

SEI-L ÍNDICE DE INTEGRIDAD FORESTAL

Impactos

-  SE1.7: Mantenimiento de la diversidad de especies nativas
-  SE1.8: Mejora de la diversidad de especies nativas
-  SE1.11: Mantenimiento de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE1.12: Mejora de hábitats o ecosistemas raros, endémicos, amenazados o en peligro de extinción
-  SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
-  SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua
-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo

Indicadores de resultados

- Índices de ensamblaje o composición de especies (árboles)
- Idoneidad del hábitat
- Proporción de áreas forestales intactas
- Proporción/porcentaje de bosque/hábitat degradado en relación con el área total de tierra
- Porcentaje de cobertura forestal en la cuenca hidrográfica pertinente sin perturbar

Descripción

El Índice de Integridad Forestal (IIF) es un índice cuantitativo simple que indica las reservas de carbono en la biomasa aérea y el grado de integridad/degradación forestal de un determinado rodal en términos de similitud/diferencia con el bosque más prístino de una unidad de manejo dada. La metodología se basa en el principio ecológico de que la tala influye directamente en los conjuntos de especies arbóreas (géneros). En combinación con el análisis por teledetección, el IIF puede extrapolarse a todo el paisaje de la unidad de manejo como un mapa de la “integridad” forestal.

La metodología IIF se denomina BOLEH (Biodiversity Observation for Land and Ecosystem Health, Observación de la biodiversidad para la salud de la tierra y los ecosistemas), y ha sido desarrollada por el Laboratorio de Ecología Forestal de la Universidad de Kyoto. El método consiste en **trabajo de campo, análisis y extrapolación espacial**. Un total de 50 parcelas circulares (de 20 m de radio cada una) están situadas sobre una unidad de manejo con un diseño aleatorio estratificado. Se identifican los géneros de árboles (no necesariamente las especies) y se miden los diámetros a la altura del pecho (DAP) para todos los árboles DAP >10 cm. Se aplica un análisis numérico a los datos recopilados para obtener el IIF de cada parcela. A continuación, se estiman los IIF de fuera de las 50 parcelas utilizando imágenes obtenidas por satélite Landsat con una técnica de extrapolación espacial. De este modo, es posible representar los IIF de toda el área de una unidad de manejo, en la que la integridad forestal se expresa como puntuaciones del eje 1 del nMDS (escalamiento multidimensional no métrico).

Las experiencias con esta metodología han demostrado que, por lo general, un equipo de cinco trabajadores puede terminar todo el trabajo de campo en un mes sin la ayuda de expertos. Con aplicaciones repetidas de este método a la misma unidad de manejo en un intervalo de tiempo prolongado (por ejemplo, cinco años), se pueden evaluar los cambios espaciotemporales de la integridad/degradación del bosque debido al manejo forestal.

Una de las ventajas de este método es que los silvicultores responsables pueden verificar cuantitativamente la mejora de la biodiversidad como un incremento de los valores medios del IIF en sus unidades de manejo. Por otra parte, obtenerse información sobre las reservas de carbono a partir del mismo conjunto de datos con un análisis adicional. Este método puede utilizarse para evaluar el conjunto de servicios de biodiversidad y de almacenamiento de carbono.

El manual IIF contiene secciones para un muestreo adecuado en terreno, análisis numéricos y análisis de teledetección.

Contextos adecuados

La metodología IIF (BOLEH) se ha desarrollado principalmente para los bosques de producción de *dipterocarpus* de tierras bajas de Borneo, en el Sudeste Asiático, pero no para los bosques de plantación. El autor principal indica que puede ser aplicable a cualquier bosque natural de producción en cualquier zona climática, donde la tala es el principal impulsor de la conversión de la composición de las especies arbóreas.

Ventajas

- Los datos de género pueden dar la misma precisión que los datos de especies, evitando así la necesidad de contar con conocimientos taxonómicos.
- Las comparaciones estadísticas entre y dentro de las unidades de manejo son posibles y pueden demostrar la mejora de la biodiversidad.

Inconvenientes

- La extrapolación requiere técnicas de teledetección y conocimientos especializados.
- Es más adecuado para terrenos planos u ondulados, pero no para montañas.
- La metodología FII implica un trabajo de campo que requiere una inversión de tiempo.

Acceso

Manual 2017: <http://www.rfecol.kais.kyoto-u.ac.jp/index> (ratah index).html. Si surgen problemas póngase en contacto con FSC Internacional a través de ecosystems@fsc.org.

Manual actualizado en 2024: aún no disponible en línea, póngase en contacto con FSC Internacional a través de ecosystems@fsc.org.

Artículo científico de referencia: [Kitayama K., Fujiki S., Aoyagi R., Imai N., Sugau J., Titin J., Nilus R., Lagan P., Sawada Y., Ong R., Kugan F., Mannan S. \(2018\) Biodiversity observation for land and ecosystem health \(BOLEH\): A robust method to evaluate the management impacts on the bundle of carbon and biodiversity ecosystem services in tropical production forests. Sustainability, sustainability-343711; doi:10.3390/su10114224.](#)



METODOLOGÍAS DE SECUESTRO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO (SE2)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE2.1	Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques	SE2-A Herramienta FSC de monitoreo de carbono ✓ SE2-B Monitorización participativa del carbono ✓ SE2-C Metodologías del Verified Carbon Standard (VCS) de Verra SE2-F Teledetección óptica para el carbono
Reservas forestales de carbono	Reservas de carbono en el área del proyecto de SE	
SE2.2	Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante manejo forestal responsable	SE2-A Herramienta FSC de monitoreo de carbono ✓ SE2-B Monitorización participativa del carbono ✓ SE2-F Teledetección óptica para el carbono
Reservas forestales de carbono	Reservas de carbono en toda la unidad de manejo	
SE2.3	Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración	SE2-A Herramienta FSC de monitoreo de carbono ✓ SE2-B Monitorización participativa del carbono ✓ SE2-C Metodologías del Verified Carbon Standard (VCS) de Verra SE2-D Metodología de forestación y reforestación de Gold Standard SE2-E Metodologías de Plan Vivo Carbon Standard ✓ SE2-F Teledetección óptica para el carbono
Reservas forestales de carbono	Reservas de carbono en el área del proyecto de SE	
SE2.4	Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable	SE2-C Metodologías del Verified Carbon Standard (VCS) de Verra SE2-D Metodología de forestación y reforestación de Gold Standard SE2-E Metodologías de Plan Vivo Carbon Standard ✓ SE2-F Teledetección óptica para el carbono
Reservas forestales de carbono	Reservas de carbono en el área del proyecto de SE	
Emissiones de GEI	Emissiones de GEI relacionadas con las operaciones forestales	
SE2.5	Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI	SE2-C Metodologías del Verified Carbon Standard (VCS) de Verra SE2-D Metodología de forestación y reforestación de Gold Standard SE2-E Metodologías de Plan Vivo Carbon Standard ✓ SE2-F Teledetección óptica para el carbono
Reservas forestales de carbono	Reservas de carbono en el área del proyecto de SE	
Emissiones de GEI	Emissiones de GEI relacionadas con las operaciones forestales en el área del proyecto de SE	

SE2-A HERRAMIENTA FSC DE MONITOREO DE CARBONO

Impactos



- SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques
- SE2.2: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante manejo forestal responsable
- SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración

Indicadores de resultados

- Reservas de carbono en el área del proyecto de SE
- Reservas de carbono forestal estimadas en toda la unidad de manejo
- Emisiones de GEI relacionadas con las operaciones forestales (en el área del proyecto de SE)

Descripción

La Herramienta FSC de Monitoreo del Carbono fue desarrollada para evaluar, monitorear y (si se desea) simular las reservas de carbono, los cambios en las reservas de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero de las operaciones forestales. Consiste en un libro de trabajo de Microsoft Excel y un manual de utilización.

El libro de trabajo de Excel tiene los siguientes componentes:

1. Información general
2. Herramienta de monitoreo
3. Herramienta de simulación

La reserva estándar de carbono incluida en la evaluación es la densidad de carbono procedente de los árboles (biomasa aérea y biomasa subterránea). Corresponde al usuario decidir si desea incluir o no los siguientes elementos en la evaluación:

- carbono de los arbustos (valor por defecto del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC])
- carbono procedente de la madera muerta (valor por defecto del IPCC)
- carbono procedente de residuos (valor predeterminado del IPCC)
- carbono almacenado en los productos de madera
- emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de combustibles y fertilizantes
- simulación.

La herramienta le permite utilizar sus propios datos o los valores predeterminados proporcionados por el IPCC. A fin de demostrar el impacto positivo del manejo forestal sobre las reservas de carbono, le recomendamos que incluya tres reservas de carbono adicionales (arbustos, madera muerta, residuos). No es necesario incluir el carbono almacenado en los productos de madera aprovechados, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de combustibles y fertilizantes, o una simulación en el futuro.

Los resultados muestran la densidad de carbono por hectárea para cada reserva de carbono, el carbono almacenado en los productos de madera aprovechados, las reservas totales de carbono forestal, las emisiones por artículo y el balance total de carbono. En una tabla (o parte) separada se muestra el cambio en las reservas de carbono entre dos años seleccionados.

Contextos adecuados

Diseñado para ejecutarse en Microsoft Excel 2010.

Adecuado para ecosistemas de bosques tropicales, templados y boreales.

Funciona mejor si se dispone de datos de inventario forestal.

Ventajas

- Desarrollado específicamente para el FSC, por lo que funciona bien.
- Fácil de usar: puede ser utilizado por personas no expertas.
- Pueden utilizarse los valores por defecto del IPCC cuando no se dispone de datos.

Inconvenientes

- En un bosque rico en biodiversidad, será necesario introducir muchos datos, lo que puede llevar mucho tiempo.
- La materia orgánica del suelo no se incluye en el cálculo.
- Menor fiabilidad con datos menos detallados (es decir, mayor uso de valores predeterminados).

Acceso

Acceda a la herramienta Excel y al manual a través de: <https://fsc.org/en/ecosystem-services-for-forest-managers>



SE2-B MONITORIZACIÓN PARTICIPATIVA DEL CARBONO

Impactos



-  SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques
-  SE2.2: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante manejo forestal responsable
-  SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración

Indicadores de resultados

- Reservas de carbono en el área del proyecto de SE
- Reservas de carbono forestal estimadas en toda la unidad de manejo

Descripción

Esta guía destaca dos metodologías para el monitoreo participativo del carbono: la desarrollada por SNV para Vietnam y la desarrollada por la Asian Network for Sustainable Agriculture and Bioresources para Nepal.

El método de monitoreo participativo del carbono de SNV es una serie que consta de tres manuales: un manual para la población local, un manual para el personal técnico local y un manual de referencia para el trabajo de campo.

El manual para la población local (Bao Huy et al., 2013a) incluye la medición de los cambios en la superficie forestal y el estado de los bosques, así como la medición de los sumideros de carbono en biomasa aérea y otros atributos en parcelas de muestreo. Se miden los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 6 cm, se cuentan los árboles en regeneración cuando tienen un DBH inferior a 6 cm y una altura mínima de 1,3 m; el bambú (edad y DAP medio) puede incluirse en la recopilación de datos. Este manual explica con más detalle qué equipo se necesita para el ejercicio de monitoreo, cómo utilizar un GPS, cómo establecer parcelas de muestreo circulares anidadas permanentes y cómo medir el DAP. Por último, se incluyen varias fichas técnicas.

El manual para el personal técnico local (Bao Huy et al., 2013b) es el más completo de los tres. Además de la información proporcionada en el manual para la población local, incluye actividades preparatorias para la recopilación de datos, como la estratificación cartográfica y el estado de los bosques, la determinación del número de parcelas de muestreo, la distribución aleatoria de las parcelas de muestreo por estratos en un mapa y su introducción en un GPS. Además, se incluyen actividades que se llevan a cabo después de la recopilación de datos sobre el terreno, como el control de calidad, la síntesis y el análisis de datos.

El manual de referencia para el trabajo de campo (Bao Huy et al., 2013c) está diseñado para servir de guía de referencia rápida durante el monitoreo de los cambios en la superficie y el estado de los bosques, la determinación de la ubicación de una parcela de muestreo, el establecimiento de una parcela de muestreo permanente y la medición de la biomasa forestal y el carbono en una parcela de muestreo.

La Asian Network for Sustainable Agriculture and Bioresources y otras organizaciones han elaborado directrices para el contexto nepalí con el fin de medir las reservas de carbono en los bosques manejados de forma comunitaria (Subedi et al., 2010). Este método incluye múltiples sumideros de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca/residuos y materia orgánica del suelo), por lo que las directrices son más extensas y complejas que los manuales de SNV.

Contextos adecuados

Los manuales de SNV están concebidos para su aplicación en Vietnam, pero según los autores los grupos objetivo de este manual son agencias, organizaciones e individuos responsables del manejo forestal que también son facilitadores de la implementación del programa REDD+, lo que implica que puede ser aplicado de manera más amplia.

Ventajas

- Manuales sencillos y fáciles de usar.

Inconvenientes

- En el manual de SNV solo se incluye la biomasa aérea.

Acceso

Bao Huy et al. (2013a) disponible en https://www.researchgate.net/publication/323144419_Participatory_Carbon_Monitoring_Manual_for_Local_People

Bao Huy et al. (2013b) disponible en https://www.researchgate.net/publication/317380319_Participatory_Carbon_Monitoring_Manual_for_Local_Technical_Staff

Bao Huy et al. (2013c) disponible en https://www.researchgate.net/publication/332187277_Participatory_Carbon_Monitoring_Manual_for_Field_Reference

Subedi et al. (2010) disponible en <https://ansab.org.np/publication/guidelines-for-measuring-carbon-stocks-in-community-managed-forests/>



SE2-C METODOLOGÍAS DEL VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) DE VERRA

Impactos

-  SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques
-  SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración
-  SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable
-  SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI

Descripción

Existen varias metodologías dentro del programa Verified Carbon Standard de Verra. La tabla siguiente enumera las que pueden aplicarse a los bosques, específicamente para demostrar los impactos relacionados con el carbono incluidos en el Procedimiento FSC de SE.

Se omite el aspecto de la metodología que se refiere a la conversión de toneladas de carbono a unidades de carbono verificadas.

Metodología	Impacto en el SE	Acceso
VM0003 Metodología para mejorar el manejo forestal mediante la ampliación de la edad de rotación	SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable	https://verra.org/methodologies/vm0003-methodology-for-improved-forest-management-through-extension-of-rotation-age-v1-3/
VM0005 Metodología para la conversión de bosque poco productivo en bosque altamente productivo	SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable/ SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI	https://verra.org/methodologies/vm0005-methodology-for-conversion-of-low-productive-forest-to-high-productive-forest-v1-2/
VM0010 Metodología para la mejora del manejo forestal: Conversión de bosque talado a bosque protegido	SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques	https://verra.org/methodologies/vm0010-methodology-for-improved-forest-management-conversion-from-logged-to-protected-forest-v1-4/
VM0012 Mejora del manejo forestal en bosques templados y boreales (LtPF)	SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques	https://verra.org/methodologies/vm0012-improved-forest-management-in-temperate-and-boreal-forests-ltpf-v1-2/
VM0035 Metodología para la mejora del manejo forestal mediante	SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI	<p>https://verra.org/methodologies/vm0035-methodology-for-improved-forest-management-through-reduced-impact-logging-v1-0/</p> <p>Módulo Kalimantan oriental y septentrional, Indonesia, Bosque de dipterocarpus de Borneo (aprobado) https://verra.org/methodologies/vmd0047-performance-method-for-reduced-impact-logging-in-east-and-north-kalimantan-v1-0/</p> <p>Módulo Yucatán, México: https://verra.org/wp-content/uploads/Performance-Method-for-Reduced-Impact-Logging-in-Tropical-Moist-Forest-of-the-Yucatan-Peninsula-27Jul21.pdf</p>

Metodología	Impacto en el SE	Acceso
VM0045 Metodología para la mejora del manejo forestal mediante el uso de valores de referencia dinámicos a partir de los inventarios forestales nacionales	SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración/ SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable/ SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI	https://verra.org/methodologies/methodology-for-improved-forest-management/
VM0047 Forestación, reforestación y revegetación (FRR)	SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración	https://verra.org/methodologies/vm0047-afforestation-reforestation-and-revegetation-v1-0/

Contextos adecuados

Véase la descripción de cada metodología.

Ventajas

- Metodología completa.

Inconvenientes

- Requiere conocimientos profesionales para su uso.
- Referencias a otras normas y herramientas que deben tenerse en cuenta.
- Algunos aspectos de la metodología no son aplicables (por ejemplo, la conversión a unidades de carbono verificadas).

Acceso

Aquí encontrará la lista completa de metodologías, módulos y herramientas del Verified Carbon Standard (VCS): <https://verra.org/methodologies-main/#vcs-program-methodologies>.

Consulte la tabla anterior para ver los enlaces específicos de cada metodología.

SE2-D METODOLOGÍA DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN DE GOLD STANDARD

Impactos



SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración

Indicadores de resultados

- Reservas de carbono en el área del proyecto de SE
- Reservas de carbono forestal estimadas en toda la unidad de manejo

Descripción

La Metodología Gold Standard para la reducción y secuestro de emisiones de GEI por forestación y reforestación (F/R) (2024) puede utilizarse para cuantificar el secuestro de carbono de proyectos de forestación y reforestación con objetivos de manejo de conservación forestal, tala selectiva y/o silvicultura rotativa.

Dado que permite incluir proyectos de forestación/reforestación con el objetivo de manejar la (futura) tala, incluye el cálculo de un nivel de referencia promedio a largo plazo.

Contextos adecuados

Proyectos centrados en la plantación de árboles, la siembra y/o la regeneración natural asistida de los bosques.

Ventajas

- Metodología completa, necesidad limitada de otras herramientas o módulos.

Inconvenientes

- Requiere conocimientos profesionales para su uso.

Acceso

Acceda a la metodología aquí: <https://globalgoals.goldstandard.org/403-luf-ar-methodology-ghgs-emission-reduction-and-sequestration-methodology/>

SE2-E METODOLOGÍAS DE PLAN VIVO CARBON STANDARD



Impactos

- SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración
- SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable
- SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI

Indicadores de resultados

- Reservas de carbono en el área del proyecto de SE
- Reservas de carbono forestal estimadas en toda la unidad de manejo

Descripción

Plan Vivo dispone de una lista de metodologías, módulos y herramientas aprobados. Su Metodología de evaluación de los beneficios del carbono en la agricultura y la silvicultura (PM001, V1.0) proporciona procedimientos de contabilización del carbono que pueden utilizarse en proyectos de agricultura a pequeña escala y silvicultura comunitaria. La metodología hace referencia a diversos módulos y herramientas para ejecutar los pasos de la metodología. Incluye el cálculo del ajuste por fugas e incertidumbre (para garantizar el conservadurismo).

Tenga en cuenta que el paso 10.2 (Certificados Plan Vivo) puede omitirse cuando se utiliza en combinación con el Procedimiento FSC de SE.

Contextos adecuados

Específicamente para pequeños propietarios y bosques comunitarios.

Ventajas

- Amplia aplicabilidad en cuanto a actividad y biomasa (tropical, templada, boreal).

Inconvenientes

- Solo aplicable a pequeños propietarios y bosques comunitarios.
- Requiere conocimientos profesionales para su uso.
- Referencias a otras normas y herramientas que deben tenerse en cuenta.

Acceso

Acceda a la Metodología de evaluación de los beneficios del carbono en la agricultura y la silvicultura de Plan Vivo aquí: <https://www.planvivo.org/pm001>

Acceda a la lista de metodologías aprobadas para su uso en el marco del Plan Vivo Carbon Standard aquí: <https://www.planvivo.org/pv-climate-methodologies>.

SE2-F TELEDETECCIÓN ÓPTICA PARA EL CARBONO

Impactos

- SE2.1: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante la protección o conservación de los bosques
- SE2.2: Mantenimiento de las reservas forestales de carbono mediante manejo forestal responsable
- SE2.3: Aumento de las reservas forestales de carbono mediante la forestación, reforestación y restauración
- SE2.4: Mejora de la absorción de carbono forestal mediante manejo forestal responsable
- SE2.5: Mejora de los beneficios climáticos de los bosques mediante el incremento de las reservas de carbono o la reducción de las emisiones de GEI

Indicadores de resultados

- Reservas de carbono en el área del proyecto de SE
- Reservas de carbono forestal estimadas en toda la unidad de manejo

Descripción

Gracias al auge y los avances de la tecnología de teledetección, junto con la disponibilidad de datos de satélite gratuitos a lo largo del tiempo, la combinación de datos de inventarios de campo y enfoques basados en la teledetección se ha convertido en una opción muy popular para la estimación del carbono forestal.

Las variables clave derivadas de los datos de teledetección óptica para la estimación del carbono forestal incluyen la reflectancia espectral, los índices de vegetación, la textura espacial y las propiedades del dosel forestal. La reflectancia espectral óptica se ha utilizado ampliamente para estimar el carbono forestal debido a su alta sensibilidad a las propiedades del dosel vegetal. Los índices de vegetación (índice de vegetación de diferencia normalizada, índice de vegetación mejorado, etc.) están diseñados para reducir la influencia de factores externos (por ejemplo, el fondo del suelo o las condiciones atmosféricas), lo que garantiza evaluaciones más precisas de la vegetación.

Al seleccionar las imágenes de satélite para el análisis, asegúrese de que la resolución sea de al menos 30 m, como las generadas por Sentinel-2 y LandSat (véase ES1-A).

La teledetección debe combinarse con inventarios sobre el terreno, ya que el carbono forestal no puede medirse directamente desde el espacio o el aire; por lo tanto, la estimación debe realizarse vinculando la información derivada de los datos obtenidos por teledetección con las mediciones sobre el terreno seleccionadas para el fin correspondiente. Para completar los datos de teledetección con muestreos sobre el terreno, puede ser útil el manual de Winrock.

Contextos adecuados

Todos los bosques del mundo.

Ventajas

- Rentable, especialmente para grandes superficies forestales.
- Capacidad para detectar tendencias a lo largo del tiempo.

Inconvenientes

- Susceptible a la obstrucción por nubosidad, lo que supone un reto, especialmente en bosques tropicales.
- Escasa capacidad de penetración, ya que capta principalmente la estructura horizontal y representa mal la estructura vertical.
- Subestimación en bosques de alta densidad y sobreestimación en bosques de baja densidad.

Acceso

Manual de Winrock sobre muestreo de campo: https://winrock.org/wp-content/uploads/2016/03/Winrock-BioCarbon_Fund_Sourcebook-compressed.pdf



METODOLOGÍAS PARA LOS SERVICIOS DEL AGUA (SE3)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE3.1	Mantenimiento de la calidad del agua	
SE3.2	Mejora de la calidad del agua	
Calidad del agua	Turbidez del agua	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓ SE3-B Teledetección para la calidad del agua
	Temperatura del agua	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓ SE3-B Teledetección para la calidad del agua
	Oxígeno disuelto	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓
	pH del agua	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓
	Bioindicadores de la salud de los cursos de agua (macroinvertebrados, peces)	SE3-D Protocolo de evaluación visual de cursos de agua (SVAP) ✓
	Patógenos en el agua (bacterias como <i>E. coli</i> , virus)	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓
	Nutrientes en agua (fósforo, nitrógeno)	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓
	Total de sólidos en suspensión	SE3-B Teledetección para la calidad del agua
	Nivel de sedimentación/carga de sedimento del agua (gramos por litro)	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓ SE3-B Teledetección para la calidad del agua
	Contaminación orgánica: demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y/o demanda química de oxígeno (DQO)	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓
Nivel de contaminación por metales (por ejemplo, mercurio, arsénico, cadmio, plomo)	SE3-A Método TESSA para el agua 5A: medición de la contribución de un humedal a la calidad del agua ✓	

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE3.3	Mantenimiento de la regulación del volumen de agua	
SE3.4	Mejora de la regulación del volumen de agua	
Cubierta y densidad de bosque nativo	La cubierta forestal natural de la unidad de manejo se superpone con la cuenca hidrográfica pertinente	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Densidad de bosque nativo	SE1-J Índice de potencial de biodiversidad ✓
	Proporción de bosque degradado en relación con el área total de tierra	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
Condición de las cuencas hidrográficas	Porcentaje de cobertura forestal en la cuenca hidrográfica pertinente sin perturbar	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Porcentaje de bosque degradado en relación con el área total de tierra	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Porcentaje de la orilla de un cuerpo de agua con cobertura forestal	SE3-D Protocolo de evaluación visual de cursos de agua (SVAP) ✓
	Porcentaje de fuentes de agua sin perturbar	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
Volumen de agua regulado	Volumen de infiltración y recarga de aguas subterráneas	SE3-C Protocolo de evaluación del suelo y el agua (SWAT)
	Volumen de escorrentía evitado o reducido	SE3-C Protocolo de evaluación del suelo y el agua (SWAT)
	Reducción de la descarga máxima	
	Flujo del agua	
	Nivel de protección contra inundaciones	

SE3-A MÉTODO TESSA PARA EL AGUA 5A: MEDICIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE UN HUMEDAL A LA CALIDAD DEL AGUA



Impactos

- SE3.1: Mantenimiento de la calidad del agua
- SE3.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Turbidez del agua
- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- pH del agua
- Patógenos en agua (bacterias [p.ej. *E. coli*], virus)
- Nutrientes en agua (fósforo, nitrógeno)
- Total de sólidos en suspensión
- Nivel de sedimentación/carga de sedimento del agua (gramos por litro)
- Contaminación orgánica: demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y/o demanda química de oxígeno (DQO)
- Nivel de contaminación por metales (por ejemplo, mercurio, arsénico, cadmio, plomo)

Descripción

Este método le ayuda a seleccionar los parámetros de calidad del agua que debe medir. Proporciona enlaces a kits de análisis de agua que se pueden pedir en línea. Asimismo, puede ayudar a la hora de seleccionar los sitios de muestreo y describe cómo recoger muestras de agua. Los parámetros pueden analizarse después sobre el terreno o enviados a un laboratorio para su posterior análisis.

Obsérvese que TESSA se refiere a un humedal, pero el método también puede utilizarse para medir la calidad del agua de masas de agua dentro del bosque. Este método se describe en las páginas 247-250 del Método 5 de TESSA sobre la evaluación de los servicios de calidad del agua.

Contextos adecuados

Todo tipo de bosques con masas hidrológicas a las que se puede acceder de forma segura para recoger muestras de agua.

Ventajas

- Redacción sencilla.

Inconvenientes

- Posible necesidad de análisis en laboratorio.

Acceso

Peh et al. (2017): puede descargarse a través de <https://www.birdlife.org/tessa-tools/>. Rellene el formulario de solicitud descargable en la página web. Vaya a la página 247.

SE3-B TELEDETECCIÓN PARA LA CALIDAD DEL AGUA

Impactos

-  SE3.1: Mantenimiento de la calidad del agua
-  SE3.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Turbidez del agua
- Temperatura del agua
- Total de sólidos en suspensión
- Nivel de sedimentación/carga de sedimento del agua

Descripción

Existen varios sensores satelitales en órbita que, una vez que las imágenes han sido procesadas mediante el algoritmo o índice adecuado (por ejemplo, el índice de clorofila de diferencia normalizada (NDCI), el índice de turbidez de diferencia normalizada (NDTI) o los modelos de sólidos suspendidos totales (TSS)), tienen la capacidad de medir los parámetros del agua.

Fuente de datos de imágenes por satélite	Características	Mediciones	Datos de acceso
Serie Landsat (NASA/USGS) Lanzamiento Landsat-7: Abril 1999 Landsat-8: Febrero 2013 Landsat-9: Septiembre 2021	El Enhanced Thematic Mapper Plus de Landsat-7 tiene 8 bandas espectrales, el Operational Land Imager de Landsat-8 y Landsat-9 tiene 9 y el Thermal Infrared Sensor tiene 2 bandas espectrales, Todas menos una banda con una resolución de 30 m (algunas de las cuales remuestreadas desde 60 m o 100 m), una banda a 15 m Cobertura repetida cada 16 días Ancho de franja de 185 km	<ul style="list-style-type: none"> • temperatura de la superficie del agua • concentración de clorofila • turbidez 	Google Earth Engine NASA's Earth data Plugin de clasificación semiautomática de QGIS
Sentinel-2 (Agencia Espacial Europea) Lanzamiento 2A: Junio 2015 2B: Marzo 2017 2C: Septiembre 2024 (para sustituir al 2A)	13 bandas espectrales, resolución de 10 m (20 m y 60 m), Tiempo de revisita de 5 días Ancho de franja de 290 km	<ul style="list-style-type: none"> • clorofila-a (los niveles altos indican crecimiento de algas o eutrofización, también se utiliza para medir la proliferación de algas nocivas) • turbidez • sedimentos en suspensión 	Navegador de datos Copernicus Google Earth Engine NASA's Earth data Plugin de clasificación semiautomática de QGIS
PlanetScope (Planet Labs) 88 satélites Dove lanzados en febrero de 2017, renovados en agosto de 2021	4 (antes de la actualización) y 8 bandas espectrales (6 de las cuales son interoperables con Sentinel-2), resolución de 3 m (muy alta resolución), Tiempo de revisita de 1 días Ancho de franja de 25 km	Detección de características menores en masas de agua continentales, como penachos contaminantes o crecimiento de la vegetación	Agencia Espacial Europea, acceso limitado: <ul style="list-style-type: none"> • Tras la presentación y evaluación satisfactoria de una propuesta de proyecto. • Solo para los Estados miembros de la UE + el Reino Unido y sus territorios de ultramar, además de Canadá.

Véase SE1-A para el uso de imágenes de satélite para medir los indicadores de resultados del tipo «Cobertura y densidad de bosques nativos» y «Condición de las cuencas hidrográficas» (Impactos SE3.3 y SE3.4).

Para interpretar correctamente los datos de teledetección, es necesario disponer de datos de muestreo sobre el terreno que permitan interpretar y validar los datos de las imágenes de satélite.

Contextos adecuados

Bosques que contienen masas de agua que pueden observarse mediante imágenes por satélite.

Ventajas

- Accesibilidad a zonas remotas.
- Facilidad para seguir los cambios a lo largo del tiempo (observar una tendencia).
- Es rentable.

Inconvenientes

- Nubosidad.

Acceso

Véase el cuadro anterior para acceder a los conjuntos de datos.

Fuentes de información:

[Research Trends in the Use of Remote Sensing for Inland Water Quality Science: Moving Towards Multidisciplinary Applications](#)

[Remote Sensing Handbook, Volume V Water, Hydrology, Floods, Snow and Ice, Wetlands, and Water Productivity](#)



SE3-C HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DEL SUELO Y EL AGUA (SWAT)

Impactos

-  SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
-  SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua
-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo

Indicadores de resultados

- Volumen de infiltración y recarga de aguas subterráneas
- Volumen de escorrentía evitado o reducido
- Escorrentía

Descripción

La herramienta de evaluación del suelo y el agua (SWAT)² es un modelo que **permite simular una serie de procesos físicos en una cuenca hidrográfica**. Existe un entorno ArcSWAT y QSWAT para ejecutar los modelos. La sección 2 de la documentación teórica de SWAT, a partir de la página 97 (120 en Adobe), está dedicada a la hidrología. Incluye dos métodos para estimar la escorrentía superficial: el método del número de curva SCS y el método de infiltración de Green & Ampt. También incluye fórmulas para **calcular la recarga de agua subterránea**, a partir de la página 169 (192 en Adobe).

El método del número de curva SCS se incluye en el apéndice 1A del método de contabilidad volumétrica de los beneficios del agua como método de cálculo recomendado para **cuantificar la escorrentía evitada y la escorrentía reducida** como resultado de la conservación y la restauración de la tierra. Incluye un ejemplo ilustrativo de reforestación y protección de zonas ribereñas en Ghana (página 29). En la tabla 1:2-1 del SWAT se puede encontrar el número de curva SCS para los bosques. Las clasificaciones de las condiciones hidrológicas (deficiente, regular, buena) se encuentran en la nota al pie 3 y las clasificaciones de los grupos de suelos hidrológicos (A, B, C, D) en la página siguiente.

Contextos adecuados

Desarrollado en EE. UU. con actualizaciones que lo hacen aplicable a escala internacional. Más adaptado al uso agrícola del suelo, pero se incluye el bosque como categoría de uso del suelo.

Ventajas

- Herramienta madura.

Inconvenientes

- Necesidad de navegar por un documento extenso.
- Se requiere experiencia con modelos.

Acceso

Documentación teórica de la herramienta de evaluación del suelo y el agua, versión 2009: <https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>, p.97 y p.169 (120 y 169 en Adobe)

Contabilidad volumétrica de los beneficios del agua, Apéndice A1, Método del número de curva: <https://www.wri.org/research/volumetric-water-benefit-accounting-vwba-method-implementing-and-valuing-water-stewardship>

Modelo de herramienta de evaluación del suelo y el agua: <https://swat.tamu.edu/>

2 Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, y J.R. Williams. 2011. "Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009." Texas Water Resources Institute. <http://hdl.handle.net/1969.1/128050>.

SE3-D PROTOCOLO DE EVALUACIÓN VISUAL DE CURSOS DE AGUA (SVAP)

Impactos



- SE3.1: Mantenimiento de la calidad del agua
- SE3.2: Mejora de la calidad del agua
- SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
- SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua

Indicadores de resultados

- Bioindicadores de la salud de los cursos de agua (macroinvertebrados, peces)
- Porcentaje de la orilla de un cuerpo de agua con cobertura forestal

Descripción

Utilizando el Protocolo de Evaluación Visual de Corrientes de Agua (SVAP), versión 2, se pueden evaluar y puntuar diferentes aspectos de las corrientes. Los elementos incluidos en la evaluación son:

- el estado del canal y la alteración hidrológica (inundaciones, retiradas)
- la extensión y la calidad de la zona ribereña y la estabilidad de los bancos (signos de erosión)
- cubierta forestal (para corrientes de agua fría y caliente)
- apariencia del agua (color, turbiedad, olor) y enriquecimiento de nutrientes
- presencia de estiércol
- barreras al movimiento de los peces, cubierta de peces en la corriente, presencia de estanques y arrecifes
- presencia en el hábitat de invertebrados y macroinvertebrados observados (crustáceos (por ejemplo, cangrejos de río), moluscos (por ejemplo, caracoles, mejillones), arañas e insectos acuáticos).
- salinidad.

La puntuación se hace en una escala del 1 al 10 y con la ayuda de descripciones de cuatro estados (equivalentes a las puntuaciones 10, 7, 3 y 1). La puntuación global es el total dividido por el número de elementos incluidos en el SVAP, pero también es posible controlar las puntuaciones de cada uno de los elementos a lo largo del tiempo.

Es posible centrarse en ciertos elementos del SVAP, dependiendo de los indicadores de resultados que se vayan a medir. Resulta especialmente útil para monitorear los “bioindicadores de la salud de los cursos de agua” y para verificar sobre el terreno los datos de teledetección sobre el “porcentaje de la orilla de un cuerpo de agua con cobertura forestal”. La cobertura del dosel de los cursos de agua está relacionada con la temperatura del agua y los niveles de oxígeno en el agua.

Contextos adecuados

Desarrollado para los Estados Unidos de América en todo el país, pero los autores alientan la adaptación estatal y regional. Puede ser útil para otros países, para los que sería necesaria una adaptación específica, por ejemplo, para la evaluación de macro-invertebrados.

Ventajas

- Fácil de usar: puede ser utilizado por personas no expertas.
- Barato.

Inconvenientes

- Adecuación limitada en términos de contexto geográfico.

Acceso

US Dept. of Agriculture, National Resources Conservation Service (2009) disponible en <https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/strmRest/SVAPver2.pdf>

METODOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO (SE4)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE4.1	Mantenimiento de la condición del suelo	
SE4.2	Mejora de la condición del suelo	
Propiedades y calidad del suelo	Profundidad del suelo	SE4-F Evaluación visual del suelo ✓
	Estabilidad del suelo (agregado)	
	Espesor de la capa de materia orgánica del suelo	
	Contenido de materia orgánica (%)	
	pH del suelo	SE4-B Kits de análisis del suelo ✓
	Contenido de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno, fósforo, potasio) del suelo	SE4-B Kits de análisis del suelo ✓
	Concentración de sal en el suelo	SE4-B Kits de análisis del suelo ✓
	Humedad del suelo	SE4-C Sensores y herramientas para el suelo
	Abundancia de macrofauna en el suelo	SE4-F Evaluación visual del suelo ✓
Condición del suelo	Extensión de tierra con cubierta forestal o sotobosque	SE4-A Método de evaluación de la cubierta forestal y de la erosión de los transectos lineales-puntuales ✓
	Porcentaje de cobertura forestal sin perturbar	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Proporción de bosque degradado en relación con el área total de tierra	SE4-D Cálculo de la neutralidad de la degradación de las tierras realizado por la CNULD
	Porcentaje de suelo dañado	
	Grado de compactación del suelo en las áreas en las que se opera (carreteras y áreas de aprovechamiento)	ES4-E Penetrómetro de suelo
	Tasa de infiltración de agua	SE4-C Sensores y herramientas para el suelo
	Escorrentía	SE3-C Herramienta de evaluación del suelo y el agua
	Incidencia de desprendimientos de tierras	SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Productividad (forestal y agrícola) por unidad	SE4-D Cálculo de la neutralidad de la degradación de las tierras realizado por la CNULD

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE4.3	Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión	
ES4.4	Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión	
Cobertura forestal en áreas vulnerables o de alto riesgo	Cobertura forestal protectora en pendientes pronunciadas	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Cobertura forestal protectora de humedales y/o zonas costeras	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Cobertura forestal natural en zonas vulnerables	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Área forestal degradada como proporción del área forestal total	SE4-D Cálculo de la neutralidad de la degradación de las tierras realizado por la CNUCLD
Erosión del suelo	Área afectada por la erosión del viento y/o del agua.	SE4-A Método de evaluación de la cubierta forestal y de la erosión de los transectos lineales-puntuales ✓ SE4-F Evaluación visual del suelo ✓
	Cantidad de erosión (metros cúbicos, área afectada)	
	Niveles de erosión y sedimentación del suelo.	
	Tiempo dedicado a la retirada de sedimentos	SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Costes de eliminación de sedimentos	SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Impactos del sedimento depositado por la erosión del viento y/o del agua en terrenos o cuerpos de agua cercanos	SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Porcentaje de núcleos familiares dentro de las comunidades locales afectadas por deslizamientos de tierra.	SE5-E Entrevista a informadores clave ✓ SE5-C Cuestionarios a las familias ✓
Actividades de reforestación/restauración eficaces	Superficie de cobertura forestal natural resultante de la forestación/reforestación	SE1-A Imágenes por satélite y SIG
	Área forestal restaurada como proporción del área forestal total	<i>Medición o cálculo sencillo</i>

SE4-A MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA CUBIERTA FORESTAL Y DE LA EROSIÓN DE LOS TRANSECTOS LINEALES-PUNTUALES



Impactos

- SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
- SE4.2: Mejora de la condición del suelo
- SE4.3: Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
- SE4.4: Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión

Indicadores de resultados

- Extensión de cubierta terrestre con cubierta forestal o sotobosque.
- Área afectada por la erosión del viento y/o del agua.

Descripción

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) elaboró el método de evaluación de la cubierta forestal y la erosión de los transectos lineales como una evaluación rápida de la función protectora de los bosques para el suelo y el agua. Se registra la cubierta forestal, la cubierta del suelo y la erosión en 30 lecturas a lo largo de dos líneas en una parcela de 20 x 20 m.

- La **cubierta forestal** (vegetación aérea) se registra utilizando un dispositivo densitométrico.
- La **cobertura del suelo** se registra clasificando cada uno de los puntos de medición en vegetación, raíces, hojarasca, piedras/rocas, madera muerta o suelo despejado.
- Para la **erosión**, se registran los siguientes elementos por sitio de muestreo: el número de barrancos y quebradas, su anchura y profundidad, y la pendiente general.

Se recomienda un equipo de tres personas para llevar a cabo estas mediciones.

Contextos adecuados

Diseñado específicamente para, pero no limitado a, países en desarrollo.

Ventajas

- Puede ser utilizado por personas no expertas después de una formación.
- Barato.

Inconvenientes

- No se da ninguna orientación sobre el número de parcelas que deben medirse.

Acceso

Metodología: FAO (2015) disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4498e.pdf>

Investigación de referencia: Adikari, Y. y MacDicken, K. (2015), disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4509e.pdf>

SE4-B KITS DE ANÁLISIS DEL SUELO

Impactos

-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo



Indicadores de resultados

- pH del suelo
- Contenido de nutrientes del suelo (nitrógeno, fósforo)
- Concentración de sal en el suelo

Descripción

Hay varios kits de análisis del suelo disponibles para hacer pruebas sencillas sobre el terreno: por ejemplo, pH, nutrientes y textura del suelo. La mayoría de ellos se destinarán al uso agrícola o a la jardinería, pero también existen equipos específicos para cada bosque. Se recomienda que busque estos términos en línea, utilizando términos en el idioma de su país.

Contextos adecuados

Bosques en los que se puede acceder al suelo de forma segura para realizar pruebas.

Ventajas

- Fácil de usar tras una formación básica o cuando se tiene entusiasmo.

Inconvenientes

- Cuanto más avanzado es el kit de análisis del suelo, más caro es.

Acceso

Metodologías para una serie de análisis del suelo: https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf

Ejemplos de pedidos de kits y materiales para análisis del suelo:

EE. UU.: <https://www.forestry-suppliers.com/c/soil-test-kits-strips/15-131-705?page=1>; <https://www.forestry-suppliers.com/c/soil-management/15?page=1>

Australia: https://www.forestrytools.com.au/collections/soil-testing?srltid=AfmBOoqBpQyWZp77GZTng9aELDA4DJGsve_xBjG4lVYG8n6A9znoVf_O

UE: <https://www.eugardencenter.com/en/milwaukee-mt6003-npk-soil-test-kit.html>

SE4-C SENSORES Y HERRAMIENTAS PARA EL SUELO

Impactos

-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo

Indicadores de resultados

- Humedad del suelo
- Tasa de infiltración de agua

Descripción

Para medir la humedad del suelo, se puede utilizar un sensor de reflectometría en el dominio del tiempo (TDR) o de reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR) o la capacitancia.

Para medir la tasa de infiltración del agua (o conductividad hidráulica), se puede utilizar un infiltrómetro de minidisco.

Contextos adecuados

Los sensores TDR no deben utilizarse en suelos muy salinos o suelos con alta conductividad eléctrica aparente o alta atenuación.

Ventajas

- Medición directa.

Inconvenientes

- Dependiendo del área que se vaya a cubrir, es posible que sea necesario adquirir varios sensores/herramientas.

Acceso

Artículo explicativo de las tecnologías de sensores del suelo: <https://soilsensor.com/sensors/sensor-technologies/>

Artículo que explica la diferencia entre los sensores TDR y FDR: <https://www.niubol.com/Product-knowledge/Differences-between-FDR-and-TDR-sensors.html>

Manual del infiltrómetro de minidisco: https://www.labcell.com/media/24285/20421_mini_disk_manual_web.pdf

Adquisición de un infiltrómetro de minidisco: por ejemplo, en metergroup (Alemania/ EE. UU.).

SE4-D CÁLCULO DE LA NEUTRALIDAD DE LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS REALIZADO POR LA CNULD

Impactos

-  SE3.3: Mantenimiento de la regulación del volumen de agua
-  SE3.4: Mejora de la regulación del volumen de agua
-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo
-  SE4.3: Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
-  SE4.4: Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión

Indicadores de resultados

- Proporción de bosque degradado en relación con el área total de tierra
- Productividad (forestal y agrícola) por unidad.
- Área forestal degradada como proporción del área total de tierra

Descripción

Para medir la degradación de las tierras, es necesario medir los siguientes subindicadores:

- cobertura del suelo y cambio de la cobertura del suelo (sistema de clasificación de la cobertura del suelo/metadioma de la cobertura del suelo)
- productividad de la tierra (productividad primaria neta/índice de diferencia normalizada de vegetación)
- con un enfoque en el carbono orgánico del suelo, cumpliendo con las metodologías estipuladas en el IPCC (2006).

Se adopta un enfoque escalonado en relación con cómo deben llevarse a cabo las mediciones:

- nivel 1: a través de la observación de la Tierra y la información geoespacial
- nivel 2: es estadístico y está basado en datos estimados de límites administrativos o naturales
- nivel 3: son datos derivados de y basados en los estudios, la evaluación y las mediciones del terreno.

Tenga en cuenta que para medir el valor actual es necesario utilizar el nivel 3. Solo los SLIMF y los bosques comunitarios pueden utilizar el nivel 1 o el nivel 2 para medir el valor actual.

Para llegar a una conclusión sobre los resultados, se utiliza el enfoque “uno fuera, todos fuera”. Esto significa que, si cualquiera de los tres indicadores muestra un cambio negativo significativo, se considera una pérdida, y si al menos un indicador muestra un cambio positivo significativo y ninguno muestra un cambio negativo significativo, se considera una ganancia.

Contextos adecuados

Diseñado para ser utilizado por las Naciones Unidas, es decir, para la presentación de informes a nivel nacional, con opciones para calcular la degradación de las tierras a nivel regional y mundial. No se limita al uso de la tierra forestal.

Disponible en inglés, francés y español.

Ventajas

- Completo.
- Funciona de forma directa con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15.3.1.

Inconvenientes

- Se necesitan conocimientos avanzados de SIG.
- Documento largo, menos fácil de usar.
- No se ha desarrollado para mediciones a nivel de sitio.

Acceso

Orr et al. (2017) disponible en https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2019-06/LDN_CF_report_web-english.pdf

El Módulo E (Capítulo 7) trata sobre el monitoreo de los tres subindicadores y cómo llegar a una conclusión sobre la neutralidad en la degradación de la tierra.

La página 109 (versión en inglés) presenta un resumen de la metodología.



ES4-E PENETRÓMETRO DE SUELO

Impactos

-  SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
-  SE4.2: Mejora de la condición del suelo

Indicadores de resultados

- Grado de compactación del suelo en las áreas en las que se opera (carreteras y áreas de aprovechamiento)

Descripción

Para medir la compactación del suelo, se puede utilizar un penetrómetro. Este dispositivo imita el crecimiento de una raíz y sus registros se conocen como índice de cono. Con una resistencia del suelo de más de 300 psi (psi = resistencia a la penetración), las raíces de las plantas ya no podrán penetrar en el suelo, el cual se identifica como compactado.

Contextos adecuados

Cualquier área que no sea extremadamente seca.

Ventajas

- Puede ser utilizado por personas no expertas después de una formación.

Inconvenientes

- Hay diferentes puntuaciones por parte de los diferentes operadores de penetrómetros de suelo.
- Dependiendo del área que se vaya a cubrir, es posible que sea necesario adquirir varios penetrómetros.

Acceso

Duiker (2002) disponible en

<https://extension.psu.edu/diagnosing-soil-compaction-using-a-penetrometer-soil-compaction-tester>

Ejemplo de dónde comprar un penetrómetro de suelo: <https://www.forestry-suppliers.com/c/soil-compaction-testers/15-131-706?page=1>

SE4-F EVALUACIÓN VISUAL DEL SUELO



Impactos

- SE4.1: Mantenimiento de la condición del suelo
- SE4.2: Mejora de la condición del suelo
- SE4.3: Mantenimiento de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión
- SE4.4: Mejora de la estabilidad del suelo y protección contra su erosión

Indicadores de resultados

- Profundidad del suelo (profundidad potencial de enraizamiento)
- Abundancia de macrofauna en el suelo (lombrices)
- Área afectada por la erosión del viento y/o del agua.

Descripción

La Evaluación Visual del Suelo (EVS) examina una variedad de indicadores de suelo que se califican como 0 (pobre), 1 (moderado) o 2 (bueno). La puntuación se facilita comparando la situación en terreno con las fotos o figuras de la guía de campo de la EVS. Además de los ejemplos de indicadores de resultados enumerados en el Anexo B, proporciona métodos para medir otros parámetros del suelo, como su textura, estructura, porosidad y color.

Aún no se ha desarrollado una guía específica de EVS para el uso de la tierra forestal. Existe una guía desarrollada para el uso de la tierra forestal y de pastoreo (para el uso de la tierra forestal únicamente son relevantes los indicadores de suelo, hasta la página 33). No obstante, el autor principal de la EVS recomienda usar la guía de EVS para huertos como la más adecuada para su uso en los bosques (T.G. Shepherd, comunicación personal, 2017).

Contextos adecuados

La guía de EVS para tierras forestales y de pasto fue desarrollada en Nueva Zelanda para uso en zonas de colinas. La guía de EVS para huertos no menciona un área particular en la que se ha desarrollado ni un ámbito geográfico de aplicación.

Ventajas

- Puede ser utilizado por personas no expertas.
- Barato.

Inconvenientes

- No está diseñado específicamente para los bosques.

Acceso

Guía de EVS para huertos: Shepherd et al. (2008) <https://www.fao.org/4/i0007e/i0007e03.pdf>

Shepherd y Janssen (2000) disponible en <http://www.landcareresearch.co.nz/publications/books/visual-soil-assessment-field-guide/download-field-guide>

METODOLOGÍAS PARA SERVICIOS RECREATIVOS (SE5)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE5.1	Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques	
SE5.2	Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques	
Extensión de las zonas protegidas y utilizadas para actividades recreativas basadas en la naturaleza	Zona protegida y utilizada para actividades recreativas basadas en la naturaleza (por ejemplo, baños de bosque)	Medición o cálculo sencillo
	La proporción de sitios importantes para la biodiversidad terrestre y de agua dulce que están abarcados en áreas protegidas y se utilizan como recreativas, por tipo de ecosistema	Medición o cálculo sencillo
	Cobertura por zonas protegidas de lugares importantes para la conservación de la biodiversidad utilizados para las visitas turísticas	Medición o cálculo sencillo
Instalaciones y servicios para visitantes	Km de rutas de senderismo con accesibilidad adecuada	Medición o cálculo sencillo
	Cobertura de los paneles de interpretación	Medición o cálculo sencillo
	Instalaciones de refugio/descanso para visitantes	Medición o cálculo sencillo
	Adecuación de los procesos de gestión de residuos	Medición o cálculo sencillo
	Señalización de senderos y marcas en la superficie	Medición o cálculo sencillo
Experiencia de los visitantes	Nivel de satisfacción, comentarios o reacciones de los visitantes	SE5-A Método de recreación de TESSA 1: Censo para estimar el número de visitas a los sitios ✓ SE5-B Cuestionarios a los visitantes ✓
	Número de visitas recurrentes por experiencia recreativa	SE5-B Cuestionarios a los visitantes ✓
Beneficios para las comunidades locales, los Pueblos Indígenas y/o los pueblos tradicionales derivados del turismo basado en la naturaleza	Nivel de bienestar de las comunidades locales, los Pueblos Indígenas y/o los pueblos tradicionales (teniendo en cuenta factores como la salud, la educación, los ingresos, la infraestructura de vivienda, etc.)	SE5-C Encuestas a las familias ✓ SE5-D Grupos de debate ✓
	Número de nuevos empleos generados por las actividades recreativas	SE5-D Grupos de debate ✓ SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Número de personas/hogares que participan en actividades recreativas	SE5-D Grupos de debate ✓ SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Nivel de ingresos generado por las actividades recreativas	SE5-C Encuestas a las familias ✓
	Mejora de las necesidades sociales (por ejemplo, sanidad, educación, seguridad alimentaria) generadas por las actividades recreativas	SE5-D Grupos de debate ✓

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE5.3	Mantenimiento de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza	
SE5.4	Mejora de las poblaciones de especies de interés para el turismo basado en la naturaleza	
Para especies de interés seleccionadas, indicadores de la abundancia de población	Abundancia de especies seleccionadas de interés recreativo	SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Monitoreo acústico
	Número de avistamientos de especies carismáticas (p.ej. durante la observación de aves).	ESE5-B Cuestionarios a los visitantes ✓
Pruebas de que el hábitat está en las condiciones adecuadas	Área del hábitat de las especies protegidas seleccionadas	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Idoneidad del hábitat para las especies seleccionadas	SE1- K Herramienta de evaluación de la integridad forestal ✓
	La proporción de sitios importantes para la biodiversidad terrestre y de agua dulce que están abarcados en áreas protegidas, por tipo de ecosistema	<i>Medición o cálculo sencillo</i>



SE5-A MÉTODO DE RECREACIÓN DE TESSA 1: CENSO PARA ESTIMAR EL NÚMERO DE VISITAS A LOS SITIOS



Impactos

-  SE5.1: Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE5.2: Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
-  SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Nivel de satisfacción, comentarios o reacciones de los visitantes (expresado en número de visitantes)

Descripción

Para (contar o) estimar el número anual de visitantes, el método de servicios recreativos 1 del Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment (TESSA) ofrece algunos consejos útiles e incluye ejemplos prácticos. Le recomendamos que ignore el párrafo sobre un estado alternativo (que es el equivalente de TESSA a un valor de referencia con el que comparar el valor actual).

Contextos adecuados

Todos los tipos de bosques, especialmente aquellos con puntos de entrada claros (pero sin un sistema de recuento de visitantes, por ejemplo, debido a la necesidad de pagar una entrada).

Ventajas

- Fácil de usar: puede ser utilizado por personas no expertas.
- Barato.

Inconvenientes

- La metodología forma parte de un documento exhaustivo, por lo que tendrá que buscar las páginas concretas que le interesen (275-277).
- El estado alternativo y otra información pueden resultar confusos y/o abrumadores.

Acceso

Peh et al. (2022)³: puede descargarse a través de <https://www.birdlife.org/tessa-tools/>

Rellene el formulario de solicitud descargable en la página web. Vaya a la página 275.

³ Peh, K. S.-H., Balmford, A. P., Bradbury, R. B., Brown, C., Butchart, S. H. M., Hughes, F. M. R., Ingwall-King, L., MacDonald, M. A., Pellier, A.-S., Stattersfield, A. J., Thomas, D. H. L., Trevelyan, R. J., Walpole, M. & Merriman, J. C. (2022) Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment (TESSA). Version 3.0. Cambridge, UK. Disponible en: <http://tessa.tools>.

SE5-B CUESTIONARIOS A LOS VISITANTES

Impactos



-  SE5.1: Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE5.2: Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
-  SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Nivel de satisfacción, comentarios o reacciones de los visitantes
- Número de avistamientos de especies carismáticas (p.ej. durante la observación de aves)

Descripción

El cuestionario puede ser simple o elaborado, dependiendo del nivel de información que se desee recopilar. Asegúrese de incluir preguntas sobre el bosque, las instalaciones recreativas y/o la experiencia recreativa para las personas.

Los elementos que se pueden incluir son:

1. información general (por ejemplo, duración y propósito de la visita, visitante por primera vez o recurrente)
2. atributos del bosque (por ejemplo, atractivo visual y naturalidad, limpieza/no deteriorado, número de avistamientos de especies carismáticas)
3. disponibilidad y mantenimiento de infraestructuras recreativas (por ejemplo, senderos, postes indicadores, bancos, torres de vigilancia, disponibilidad de información)
4. satisfacción general
5. valor/precio (si procede) o disposición a pagar por los atributos del ecoturismo.

Para algunos atributos (1-4), se puede pedir a los visitantes que seleccionen el nivel de apreciación en una escala de Likert, por ejemplo, de 1 a 5 (1 = pobre, 2 = regular, 3 = promedio, 4 = bueno, 5 = excelente).

Para el número de avistamientos de especies carismáticas y la disposición a pagar por los atributos del ecoturismo, se podría pedir a los visitantes o a los operadores turísticos que indiquen una cuantificación (o, si es más práctico, que seleccionen un rango, por ejemplo, 0, 1-5, 6-10, 10-20, >20 avistamientos o \$\$).

Se pueden añadir preguntas abiertas (por ejemplo, ¿qué es lo que más disfrutó de su visita hoy?, ¿cómo podemos implementar mejoras para nuestros visitantes?), así como información sociodemográfica básica sobre los visitantes (¿de dónde vienen?). Tenga en cuenta que añadir más preguntas haría que el análisis de datos fuera más exhaustivo (y que requiriera más tiempo), por lo que vale la pena pensar en la información que necesitará.

Contextos adecuados

Todo tipo de bosques accesibles a los visitantes.

Ventajas

- Es simple; puede ser utilizado por personas no expertas después de una formación básica.

Inconvenientes

- En las zonas turísticas, los cuestionarios pueden estar disponibles en varios idiomas.
- Es posible que los visitantes no estén dispuestos a participar en un cuestionario (especialmente si es largo).

SE5-C ENCUESTA DE HOGARES (COMUNIDAD LOCAL, PUEBLOS INDÍGENAS Y/O PUEBLOS TRADICIONALES)



Impactos

-  SE5.1: Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE5.2: Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
-  SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Nivel de bienestar de las comunidades locales, los Pueblos Indígenas y/o los pueblos tradicionales (teniendo en cuenta factores como la salud, la educación, los ingresos, la infraestructura de vivienda, etc.)
- Nivel de ingresos generado por las actividades recreativas

Descripción

A la hora de recopilar datos sobre los beneficios que el turismo basado en la naturaleza reporta a las comunidades locales, los Pueblos Indígenas y/o los pueblos tradicionales, probablemente será necesario combinar encuestas a hogares con entrevistas a informantes clave y/o debates en grupos focales.

Para las encuestas de hogares, asegúrese de incluir en su muestra hogares de todas las comunidades circundantes y de que estos sean representativos de la población de cada comunidad, por ejemplo, en función del nivel de riqueza/pobreza, el nivel de educación, los migrantes/nativos, etc.

TESSA v3 contiene una guía sobre encuestas de hogares con algunos consejos útiles y lecturas adicionales.

Contextos adecuados

Todo tipo de bosques donde se lleven a cabo actividades recreativas y haya comunidades locales, Pueblos Indígenas y/o pueblos tradicionales.

Ventajas

- Datos cuantitativos.

Inconvenientes

- Es posible que los PI, PT y CL no estén dispuestos a participar en un cuestionario (especialmente si es largo).

Acceso

Directrices de TESSA 5 Encuestas de hogares (p. 543): <https://www.birdlife.org/tessa-tools/>

SE5-D GRUPOS DE DEBATE

Impactos

-  SE5.1: Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE5.2: Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
-  SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Nivel de bienestar de las comunidades locales, los Pueblos Indígenas y/o los pueblos tradicionales (teniendo en cuenta factores como la salud, la educación, los ingresos, la infraestructura de vivienda, etc.)
- Número de personas/hogares que participan en actividades recreativas
- Mejora de las necesidades sociales (por ejemplo, sanidad, educación, seguridad alimentaria) generadas por las actividades recreativas

Descripción

Un grupo de debate consta de entre 8 y 10 participantes que dialogan sobre un tema determinado. En algunos contextos culturales, es mejor separar los grupos de debate con hombres de los grupos con mujeres. Se trata de un método cualitativo eficaz para identificar las instalaciones y los servicios a nivel de aldea o comunidad, el nivel general de bienestar y las mejoras a nivel comunitario derivadas de las actividades recreativas forestales.

Contextos adecuados

Todo tipo de bosques donde se lleven a cabo actividades recreativas y haya comunidades locales, Pueblos Indígenas y/o pueblos tradicionales.

Ventajas

- Es rentable.

Inconvenientes

- Es posible que los PI, PT y CL no estén dispuestos a participar en los debates de un grupo focal.

SE5-E ENTREVISTA A INFORMADORES CLAVE

Impactos



-  SE5.1: Mantenimiento de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE5.2: Mejora de los beneficios socioecológicos derivados de las actividades recreativas y/o turísticas en los bosques
-  SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
-  SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Número de nuevos empleos generados por las actividades recreativas
- Número de personas/hogares que participan en actividades recreativas

Descripción

Se puede entrevistar a un líder comunitario o al director de una empresa recreativa para obtener información sobre la participación y/o el empleo de la comunidad local en actividades recreativas.

Contextos adecuados

Todo tipo de bosques donde se lleven a cabo actividades recreativas y haya comunidades locales, Pueblos Indígenas y/o pueblos tradicionales.

Ventajas

- Es rentable.

Inconvenientes

- Dificultad para obtener datos cuantitativos



METODOLOGÍAS PARA PRÁCTICAS Y VALORES CULTURALES (SE6)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE6.1	Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales	
SE6.2	Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales	
Extensión de las áreas protegidas o de los lugares del bosque importantes para las prácticas culturales	Tierra indígena protegida o área protegida basada en pruebas como resultado de actividades culturales, patrimonio cultural, identidad o sentido de pertenencia	Medición o cálculo sencillo
	Lugares sagrados o lugares designados o reconocidos a nivel nacional por poseer un alto valor cultural	Medición o cálculo sencillo
	Superficie cubierta por el paisaje cultural indígena	Medición o cálculo sencillo
	Extensión de los lugares de especial interés intelectual, científico, arqueológico o utilizados para actividades educativas	Medición o cálculo sencillo
	Lugares utilizados para la sensibilización cultural, el intercambio cultural o de importancia cultural y espiritual que están protegidos	Medición o cálculo sencillo
Beneficios socioculturales y medioambientales derivados de su conexión con el bosque	Actividades y materiales educativos, formativos, de capacitación o de aprendizaje desarrollados para revelar la importancia cultural e histórica de las áreas protegidas, y personas involucradas	SE5-C Encuestas a las familias ✓ SE5-D Grupos de debate ✓ SE5-E Entrevista a informadores clave ✓
	Actos de gran importancia espiritual, intergeneracional, tradicional o patrimonial que se celebran en las áreas (por ejemplo, narración de cuentos, folclore, danza, canciones o ceremonias e iniciativas artísticas).	SE6-A Cuestionario ✓
	Transmisión intergeneracional de conocimientos y lenguas indígenas o tradicionales (por ejemplo, mediante el reconocimiento y el uso de términos indígenas para designar lugares y prácticas).	SE6-A Cuestionario ✓ SE5-D Grupos de debate ✓
	Actividades que reconozcan y potencien la contribución de los conocimientos y prácticas culturales tradicionales indígenas al bienestar y la conservación del medio ambiente	SE6-A Cuestionario ✓

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE6.3	Mantenimiento de poblaciones o especies de valor cultural	
SE6.4	Mejora de poblaciones o especies de valor cultural	
Especies o poblaciones de valor cultural	Diversidad de especies o poblaciones culturales, históricas o icónicas que se utilizan como emblemas o significantes culturales de algún tipo	SE1-E ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
	Riqueza de especies que se considera que tienen un significado cultural, sagrado o espiritual para las personas, incluidos los valores y el sentido de pertenencia de los Pueblos Indígenas o pueblos tradicionales	SE1-E ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
	Existencia de especies en peligro cuya preservación es necesaria por valores patrimoniales o identitarios o para las generaciones futuras	SE1-F ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
	Especies asociadas a actividades alimenticias, de conocimiento, terapéuticas y medicinales espirituales, tradicionales o culturalmente relevantes	SE1-E ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
	Especies importantes para el sustento, la subsistencia y la soberanía alimentaria	SE1-E ADN medioambiental SE1-F Técnicas de estudio de especies de fauna SE1-G Estudios con cámaras trampa SE1-H Control acústico
Hábitats protegidos por prácticas tradicionales indígenas	Superficie de especies seleccionadas protegidas por prácticas culturales indígenas y tradicionales	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Proporción de sitios importantes para la biodiversidad terrestre y de agua dulce que se encuentran bajo manejo indígena o tradicional sostenible	<i>Medición o cálculo sencillo</i>
	Hábitat protegido de presiones externas, utilizando conocimientos indígenas y tradicionales (por ejemplo, control de incendios forestales)	<i>Medición o cálculo sencillo</i>

SE6-A CUESTIONARIO

Impactos



- SE6.1: Mantenimiento de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales
- SE6.2: Mejora de los conocimientos, prácticas y lenguas culturales y ancestrales

Indicadores de resultados

- Actos de gran importancia espiritual, intergeneracional, tradicional o patrimonial que se celebran en las áreas (por ejemplo, narración de cuentos, folclore, danza, canciones o ceremonias e iniciativas artísticas).
- Transmisión intergeneracional de conocimientos y lenguas indígenas o tradicionales (por ejemplo, mediante el reconocimiento y el uso de términos indígenas para designar lugares y prácticas).
- Actividades que reconozcan y potencien la contribución de los conocimientos y prácticas culturales tradicionales indígenas al bienestar y la conservación del medio ambiente

Descripción

TESSA proporciona un ejemplo de plantilla de cuestionario para los beneficios de los servicios culturales, incluidos los espirituales y religiosos, el sentido del lugar, la identidad, las relaciones sociales/beneficios comunitarios, la educación y el conocimiento ecológico.

Para poder analizar que la transferencia de conocimientos y lenguaje se produjo a lo largo de generaciones, asegúrese de incluir distintas generaciones en la población de muestreo.

Para más consejos sobre cuestionarios, véase SE5-B/SE5-C.

Contextos adecuados

Contextos forestales donde hay múltiples generaciones de Pueblos Indígenas y/o pueblos tradicionales localizables para administrar el cuestionario.

Ventajas

- Datos cuantitativos.

Inconvenientes

- Es posible que los PI y PT no estén dispuestos a participar en un cuestionario (especialmente si es largo).

Acceso

Acceda al método cultural IC de TESSA (p.499-502): <https://www.birdlife.org/tessa-tools/>

METODOLOGÍAS PARA CALIDAD DEL AIRE (SE7)

Impacto en el SE		
Tipo de indicador de resultados	Ejemplo de indicador de resultados	Metodologías propuestas
SE7.1	Mantenimiento de la calidad del agua	
SE7.2	Mejora de la calidad del agua	
Calidad del aire	Cargas críticas de deposición atmosférica de nitrógeno y/o sulfuro	SE7-C Herramientas i-Tree SE7-B Despliegue de sensores en el bosque
	Concentración de NO ₂ y/o O ₃	SE7-A Teledetección para la calidad del aire SE7-B Despliegue de sensores en el bosque
	PM _{2.5} o PM ₁₀	SE7-C Herramientas i-Tree SE7-A Teledetección para la calidad del aire
	Bioindicadores de la calidad del aire, como líquenes y musgos	SE7-D Estudio de bioindicadores ✓
Estructura forestal	Índice de área foliar (LAI, leaf area index)	SE1-A Imágenes por satélite y SIG SE1-B LiDAR
	Estructura vertical y/u horizontal del bosque	SE1-B LiDAR
	Índice de condición estructural del bosque	



SE7-A TELEDETECCIÓN PARA LA CALIDAD DEL AIRE

Impactos

- SE7.1: Mantenimiento de la calidad del agua
- SE7.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Cargas críticas de deposición atmosférica de nitrógeno y/o sulfuro
- Concentración de NO₂ y/o O₃
- PM_{2.5} o PM₁₀
- Índice de área foliar (LAI, leaf area index)

Descripción

Los Servicios de Vigilancia Atmosférica de Copernicus consisten en un conjunto de satélites centrados en la calidad del aire, el forzamiento climático, el ozono y la radiación UV. Realizan mediciones atmosféricas, con alta resolución espacial y temporal, relacionadas con la calidad del aire, el forzamiento climático, el ozono y la radiación UV. La misión Sentinel-5 consiste en un sistema espectrómetro de alta resolución que opera en el rango ultravioleta e infrarrojo de onda corta con 7 bandas espectrales. Tiene un tiempo de revisita máximo de 4 días. Entre los datos de calidad del aire controlados se encuentran los siguientes O₃, NO₂, SO₂ y aerosoles (p.ej. PM_{2.5}, PM₁₀).

También es posible calcular el índice de área foliar (LAI) a partir de imágenes de satélite, por ejemplo, de Sentinel-2. Además de utilizar imágenes satelitales, el LAI también se puede obtener utilizando datos LiDAR (véase SE1-B).

Contextos adecuados

Todos los bosques del mundo.

Ventajas

- Es rentable.

Inconvenientes

- Requiere experiencia o interés de nivel medio.

Acceso

Previo registro, acceda a los conjuntos de datos a través de: https://identity.dataspace.copernicus.eu/auth/realms/CDSE/protocol/openid-connect/auth?client_id=sh-a696e3be-b074-4baa-9e76-b10bee279c85&redirect_uri=https://shapps.dataspace.copernicus.eu/dashboard/#/&state=ab36f0ea-e837-40d8-8220-66f7927a

SE7-B DESPLIEGUE DE SENSORES EN EL BOSQUE

Impactos

-  SE7.1: Mantenimiento de la calidad del agua
-  SE7.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Cargas críticas de deposición atmosférica de nitrógeno y/o sulfuro
- Concentración de NO₂ y/o O₃
- PM_{2.5} o PM₁₀

Descripción

Si no dispone de datos sobre la calidad del aire en su zona forestal, también puede optar por crear un sistema de vigilancia mediante sensores. El muestreo en seco se realiza mediante filtros/muestreadores de la calidad del aire en el campo, mientras que el muestreo en húmedo consiste en recoger las precipitaciones. Tanto las muestras en seco como las muestras en húmedo se analizan normalmente en el laboratorio.

Contextos adecuados

Bosques en los que puedan instalarse sensores con un riesgo limitado de interferencias (por ejemplo, condiciones meteorológicas, daños causados por animales o seres humanos).

Ventajas

- Datos precisos a nivel del sitio.

Inconvenientes

- Necesidad de experiencia.
- Es costoso.

Acceso

Sensor de ozono: <https://www.clarity.io/products/clarity-node-s>

SE7-C HERRAMIENTAS i-TREE

Impactos

- SE7.1: Mantenimiento de la calidad del agua
- SE7.2: Mejora de la calidad del agua

Indicadores de resultados

- Cargas críticas de deposición atmosférica de nitrógeno y/o sulfuro
- Concentración de NO₂ y/o O₃
- PM_{2.5} o PM₁₀

Descripción

i-Tree Tools ofrece una serie de herramientas para estimar los beneficios de los árboles individuales, así como los beneficios a nivel de paisaje. Algunas herramientas deben descargarse e instalarse, otras funcionan a través del navegador web. i-Tree Landscape proporciona datos sobre diversos parámetros de calidad del aire (en la pestaña de riesgo para la salud), incluidos O₃ y PM_{2.5}.

Contextos adecuados

Estados Unidos continentales.

Ventajas

- Datos fácilmente disponibles.

Inconvenientes

- Necesidad de invertir algún tiempo para familiarizarse con el programa.
- Cobertura geográfica limitada.

Acceso

Acceda a las herramientas de i-Tree a través de: <https://www.itreetools.org/>



SE7-D ESTUDIO DE BIOINDICADORES

Impactos

- SE7.1: Mantenimiento de la calidad del agua
- SE7.2: Mejora de la calidad del agua



Indicadores de resultados

- Especies bioindicadoras

Descripción

Los bioindicadores son seres vivos que indican la salud de un ecosistema. Algunos ejemplos de bioindicadores relacionados con la calidad del aire son:

- Líquenes, para medir los niveles de nitrógeno y azufre
- Musgos
- Hojas de plantas, para estudiar los daños del ozono en las plantas
- Telarañas

Una forma de monitorear los bioindicadores consiste en establecer parcelas de campo y realizar muestreos de la diversidad de los bioindicadores. La presencia/ausencia, diversidad y abundancia indicarán los niveles de calidad del aire en el bosque.

Es importante señalar que la presencia y supervivencia de los bioindicadores depende también de otros factores, como la disponibilidad de hábitat, agua, nutrientes y luz solar.

Otra posibilidad es enviar muestras de bioindicadores a un laboratorio para que analicen los contaminantes absorbidos mediante análisis de bioacumulación (por ejemplo, de metales pesados). Esto indicará hasta qué punto el bosque actúa como filtro, absorbiendo los contaminantes del aire.

Contextos adecuados

Bosques en geografías con presencia de bioindicadores de la calidad del aire.

Ventajas

- Posibilidad de medir la función de filtro del bosque.

Inconvenientes

- Para el análisis de la bioacumulación es necesario recurrir a un laboratorio.

Acceso

Manual for monitoring lichens for nitrogen air quality (Reino Unido): <https://www.apis.ac.uk/nitrogen-lichen-field-manual>.

OPAL Air Survey using lichens and tar spot fungus as bioindicators (Reino Unido): <https://www.imperial.ac.uk/opal/surveys/airsurvey/>.

Dado que los bioindicadores son específicos de cada zona geográfica, se recomienda buscar herramientas de monitoreo o directrices aplicables a nivel local (en el idioma de su país).



FSC Internacional

Adenauerallee 134

53113 Bonn

Alemania

Teléfono: +49 -(0)228 -36766 -0

Correo electrónico: ecosystemservices@fsc.org