

LA BIODIVERSIDAD EN PAISAJES AGRÍCOLAS

Un protocolo que utiliza
parámetros de biodiversidad
para monitorear la
sostenibilidad agrícola bajo
la Meta 7 de AICHI



Citación de la edición en español:

Harrison RD, Harrison S, Laumonier Y, Somarriba E, Suber M. 2020. La biodiversidad en paisajes agrícolas. Un protocolo que utiliza parámetros de biodiversidad para monitorear la sostenibilidad agrícola bajo la Meta 7 de AICHI. Informe. Lima, Perú: World Agroforestry (ICRAF).

Datos de contacto del autor: Rhett D. Harrison

Investigador senior, Conservación y Ecología del Paisaje
World Agroforestry Centre, Región de África Oriental y Meridional,
13 Elm Road, Woodlands, Lusaka, ZAMBIA
Correo electrónico: R.Harrison@cgiar.org

Edición en español publicada por:

Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF)
Av. La Molina 1895, La Molina
Lima, Perú
Tel: +51-1 349-6017
Correo electrónico: icraf_la@cgiar.org
Página web: www.worldagroforestry.org

© Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF) 2020

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los autores y no necesariamente representan las de World Agroforestry. Esta publicación puede citarse o reproducirse, siempre que se cite la fuente. Todas las imágenes son propiedad exclusiva de su fuente y no se pueden utilizar para ningún propósito sin el permiso escrito de la fuente.

Diseño y diagramación: Diana La Rosa

CONTENIDO

01. ANTECEDENTES	3
02. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA Y SOSTENIBILIDAD	3
03. SELECCIÓN DE PAISAJES	6
04. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO	6
05. PROTOCOLOS CENTRALES: ÁRBOLES EN LAS CHACRAS Y AVES	9
06. PROTOCOLOS OPCIONALES	14
07. ANÁLISIS DE DATOS	21

01 ANTECEDENTES

La meta 7 de AICHI exige que para el 2020 las áreas agrícolas, bosques y recursos acuáticos se gestionen de manera sostenible, asegurando así la conservación de la biodiversidad. A la fecha, para las tierras de cultivo solo se han propuesto indicadores subjetivos, como la zona bajo “gestión sostenible” y hay una necesidad urgente de desarrollar un marco de métricas objetivas. Dicho marco proporcionaría un sistema sólido para monitorear la sostenibilidad agrícola y su contribución a la conservación de la biodiversidad a escala nacional para informar a la CBD.

Además, debería apoyar la toma de decisiones a escala local en ámbitos que van del local al nacional mediante la inclusión de información espacialmente explícita y detallada acerca del estado de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en paisajes agrícolas. En este caso, presentamos los protocolos para medir y monitorear la biodiversidad en paisajes agrícolas que cumplen dichos criterios y que en el ámbito nacional están diseñados para implementarse en una serie de paisajes “centinela”.

El protocolo se centra en los árboles en las chacras (TonF, por sus siglas en inglés) y cómo se relacionan con los otros componentes de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Los TonF representan un

componente esencial de la biodiversidad de la chacra, debido a su contribución a la diversidad de hábitats y la movilidad de las especies dependientes del bosque a través del paisaje agrícola. Además, como los árboles y sus características pueden verse desde el espacio, los TonF representan una forma para escalar evaluaciones de campo y monitorear de manera rentable el estado de la biodiversidad agrícola a través del tiempo. Entre los protocolos principales se incluyen también las aves, un componente bien conocido de la biodiversidad que se puede medir de manera segura y rentable. Al usar datos de aves, podemos evaluar el valor de los hábitats agrícolas y sus componentes arbóreos, para especies de preocupación para la conservación y para comprender la conectividad del hábitat para especies dependientes del bosque. Además, proporcionamos protocolos opcionales para monitorear los polinizadores y enemigos naturales, la calidad del suelo, la biota del suelo, la salud de los pastizales y los vertebrados terrestres. Al aplicarlos, las entidades ejecutoras pueden adaptarlos para que cumplan las prioridades nacionales o locales, asegurando al mismo tiempo que la recopilación de datos esté estandarizada. Cada protocolo usa las mismas parcelas, lo que nos permite relacionar los datos y modelar los otros componentes de la biodiversidad y servicios ecosistémicos mediante el uso de TonF.

02 INDICADORES DE BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA Y SOSTENIBILIDAD

Un buen indicador debería proporcionar información sobre el atributo a medir de manera clara y transparente. Debería basarse en un fundamento científico sólido y funcionar de manera consistente en distintas situaciones. De manera ideal, debería aplicarse a nivel mundial.

Existe una gran cantidad de literatura sobre indicadores de biodiversidad. Muchos de ellos se han desarrollado para tareas específicas, como calificar los ríos según la calidad del agua o evaluar el valor de conservación del bosque.

Lamentablemente, pocos cumplen todas las cualidades que requiere un buen indicador a nivel mundial. Muchos tienen una aplicación limitada; por ejemplo, su campo de aplicación se limita a un río o ambiente forestal en cuestión, y a menudo existe tensión entre la necesidad de claridad y de que transmita complejidad y matices al mismo tiempo.

Por lo tanto, en lugar de entrar en un debate acerca de cuál es el “mejor” indicador, preferimos identificar una serie de parámetros útiles para la biodiversidad agrícola y la sostenibilidad que pueden derivarse de nuestros protocolos. Además, preferimos mantenerlos como índices independientes, ya que cada uno transmite información diferente que es útil para los decisores de políticas y los administradores de estas tierras agrícolas. Cada indicador debería mapearse a lo largo de los paisajes centinela e idealmente a lo largo de todo el país.

BIOMASA POR ENCIMA DEL SUELO (AGB)

La biomasa por encima del suelo (AGB) depende en gran manera de la cantidad y tamaño de los árboles. Es muy importante también para el reporte nacional de la reducción de emisión de gas de efecto invernadero (GEI) y la mitigación del cambio climático. En muchas regiones, AGB no se ha descrito correctamente en tierras agrícolas. Muchas veces los estimados se basan en la cobertura forestal con escasa consideración por los TonF; incluso en los casos en los que se ha evaluado los TonF, los dispositivos de teledetección usados no resultan adecuados para su medición. Por lo tanto, las herramientas diseñadas específicamente para medir AGB en tierras agrícolas mejorarán las estimaciones actuales y contribuirán a un mejor monitoreo del avance en las metas nacionales de GEI.

AGB se expresa en $t\ ha^{-1}$.¹ La división de las aportaciones entre especies nativas (AGB nativa) y especies exóticas (AGB exótica) proporciona un índice de valor de esta biomasa para la conservación de la biodiversidad y ciertos servicios ecosistémicos. Las especies nativas proporcionan considerablemente más recursos y un hábitat adecuado para la biodiversidad nativa, incluyendo especies como los polinizadores.

ÁREA BASAL DEL ÁRBOL POR CLASE DIAMÉTRICA

Los árboles grandes albergan una mayor biodiversidad que una cantidad equivalente de árboles pequeños. Los árboles grandes también tienden a proporcionar servicios ecosistémicos mejorados, como sombra. Una parcela de área basal por clase diamétrica puede usarse para determinar la contribución de árboles grandes. En un paisaje con más árboles grandes, la curva se ubica más a la derecha. Como el foco de atención gira en torno a la contribución de los árboles a la biodiversidad, las curvas de especies nativas y exóticas debería presentarse de manera separada. La curva puede generarse sobre un área definida o mapearse como una medida continua de “área basal proporcional” de árboles con un DAP de >30 cm entre los 500 m.

RIQUEZA DE ESPECIES ENRARECIDAS DE ÁRBOLES

En los bosques, la diversidad de especies de árboles está en gran medida relacionada con la cantidad de especies de artrópodos tanto en las parcelas como en el paisaje, y está relacionado con la inclusión de hábitats para aves y mamíferos. Hay estudios que han demostrado que existe una relación entre la diversidad de especies de árboles y la diversidad de organismos beneficiosos para el suelo. Es probable que estas relaciones también apliquen en el caso de los TonF, aunque ha sido poco probada hasta ahora.

La riqueza de especies enrarecidas (o *Rarefied Species Richness*) controla el número de árboles de una muestra y por lo tanto permite que se puedan comparar entre distintos lugares y a través del tiempo. La riqueza de las especies enrarecidas debería presentarse en el caso de especies nativas y especies exóticas de manera independiente. La riqueza de las especies enrarecidas se calcula en hectáreas.

ÍNDICE DE INTEGRIDAD DEL ÁRBOL

El índice de integridad (o *Intactness Index*) mide hasta qué punto la composición de la comunidad representa una referencia deseada. Por lo tanto, el índice de integridad de los TonF se comparará con la composición de árboles del bosque del mismo sitio. Ello proporcionará información de hasta qué punto los TonF, incluyendo los fragmentos forestales, proporcionan un hábitat para las especies dependientes del bosque. El índice de integridad del árbol se calcula en hectáreas.

ÁREA DE FRAGMENTO FORESTAL / DENSIDAD DEL MARGEN DEL BOSQUE

Los fragmentos forestales mantienen una gran parte de la biodiversidad en los paisajes agrícolas y proporcionan una matriz para el movimiento de las especies dependientes del bosque, al conectar las poblaciones entre grandes porciones de bosque. La biodiversidad que se adapta a los fragmentos forestales depende del área total del fragmento forestal y la cantidad de su margen, que se evalúa al medir la densidad del margen. Estos parámetros pueden calcularse como medidas continuas basadas en círculos de radio de 5 km y 500 m.

DIVERSIDAD DE USOS DE ÁRBOLES / ESPECIES POR USO

La diversidad de los usos de árboles y las especies de árboles por uso miden la importancia socioeconómica de los árboles para los medios de vida. La diversidad de los usos de árboles evalúa la contribución de los

árboles a diferentes actividades de subsistencia, como el abastecimiento de energía, alimentos y nutrición, y materiales de construcción. Si no hubiera árboles, estas necesidades tendrían que cumplirse mediante compras. El indicador de especies de árbol por uso, calculado usando el índice de Simpson, evalúa la resiliencia del uso a las fluctuaciones de la oferta. Estos parámetros se calculan según un radio de 500 m.

ÁREA OCUPADA POR ESPECIES DE AVES AMENAZADAS

Las especies amenazadas están definidas en la lista roja de la UICN e incluyen todas las especies en las categorías de casi amenazadas, vulnerables, en peligro de extinción y especies más críticamente amenazadas. Las especies amenazadas pueden dividirse en especies forestales y especies de espacios agrícolas (o de hábitat abierto). Según los modelos de ocupación multiespecies, se puede mapear la idoneidad del hábitat de cada especie (expresado en probabilidad de ocurrencia). Se puede calcular una versión continua del parámetro como proporción de hábitat adecuado (>50% de probabilidad de ocurrencia) o hábitat muy adecuado (>80% de probabilidad de ocurrencia) en un radio de 5 km o 500 m.

CONECTIVIDAD DE HÁBITAT PARA ESPECIES DE AVES FORESTALES

Si nos centramos en las 10-20 especies forestales comunes, la idoneidad del hábitat para las especies dependientes del bosque se estima usando el modelo de ocupación multiespecies. A cada pixel del paisaje se le asigna un puntaje según el número de especies con una probabilidad de ocurrencia del >80%. Los puntajes se utilizan así para parametrizar los modelos de circuito del paisaje.

PROTOCOSOS OPCIONALES

Los indicadores para los protocolos opcionales se describen en cada uno de los protocolos.

03

SELECCIÓN DE PAISAJES

El monitoreo de la biodiversidad mediante recolección de datos en campo es costoso y toma tiempo. Por lo tanto, es crucial proporcionar una muestra a nivel nacional que sea rentable. Debería seleccionarse un grupo de paisajes “centinela” que cubra la amplitud de los ambientes agroecológicos¹ característicos de un país o región. Por lo tanto, la cantidad de paisajes centinela necesarios variarán según el tamaño de un país y la variabilidad ecológica. Debería haber al menos un paisaje centinela por zona agroecológica y de manera idónea entre 2 a 3. La selección de paisajes debería basarse en el consejo de expertos locales

y debería incluir aspectos como los datos de largo plazo, la accesibilidad para los equipos encuestadores y la importancia de la conservación. Lo ideal sería que cada paisaje cubriera el amplio grupo de tipos de cobertura terrestre que se encuentran en la zona agroecológica que representan, pero no es necesario definir los límites exactos del paisaje. A nivel nacional, el desarrollo de los paisajes debe ser gradual para evitar una sobrecarga de la capacidad de los equipos encuestadores y los presupuestos.

RESUMEN

1. Debería seleccionarse al menos 1 paisaje por zona agroecológica en el país, con 1-2 adicionales seleccionados para poder replicarlo cuando sea posible.
2. Idealmente, los paisajes deberían incluir todos los tipos de cobertura terrestre dentro de la zona agroecológica que representa.
3. La selección de los paisajes deberían basarse en el asesoramiento de expertos y considerar aspectos como la disponibilidad de datos de largo plazo y la importancia que el paisaje tiene para la conservación.

04

SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

Dentro del paisaje seleccionado se coloca un área de muestreo de 25 x 25 km (Figura 1). Lo ideal es que incluya todos los tipos de cobertura de la tierra importantes dentro del paisaje, incluyendo bosques o

pastizales que colindan con las zonas agrícolas. Debería incluir cualquier gradiente ambiental crucial, como la altitud u otras gradientes de suelo. Sin embargo, si bien el enfoque está en la parte agrícola, no es necesario

¹Los países utilizan sistemas diferentes para caracterizar sus zonas agroecológicas, como las zonas de vida de Holdridge o las zonas delimitadas por la lluvia. Lo que importa no es el sistema utilizado, sino los paisajes seleccionados que proporcionen una muestra representativa de las zonas agroecológicas que se dan en un país o región.

Dentro del paisaje seleccionado se coloca un área de muestreo de 25 x 25 km (Figura 1). Lo ideal es que incluya todos los tipos de cobertura de la tierra importantes dentro del paisaje, incluyendo bosques o pastizales que colindan con las zonas agrícolas. Debería incluir cualquier gradiente ambiental crucial, como la altitud u otras gradientes de suelo. Sin embargo, si bien el enfoque está en la parte agrícola, no es necesario incluir los tipos de hábitat que están restringidos a áreas protegidas o terrenos forestales.

Después, se desarrolla una amplia clasificación de la cobertura de la tierra que incluya las principales clases de cobertura de la tierra (por ejemplo, bosque, fragmentos forestales, plantaciones, tierra cultivable, pastos, cuerpos de agua y otros (carreteras, edificios, etc.)). El área mínima para una unidad de cobertura de la tierra es una hectárea. Si existe una clasificación de cobertura de la tierra, puede usarse, pero es necesario que se simplifique.

Los bosques se definen como vegetación natural² leñosa con una extensión³ >100 ha. Las zonas más pequeñas (1-100 ha) de vegetación natural leñosa se definen como fragmentos forestales. En el caso de ensambles de árboles altamente manejados, como las plantaciones o huertos forestales, deberían clasificarse independientemente. De igual manera, las plantaciones cultivadas bajo cobertura, como el café, el cacao y el cardamomo bajo sombra, deberían clasificarse como plantaciones incluso si la cobertura está formada por árboles remanentes forestales. La definición de los tipos de cobertura de la tierra tiene sentido desde la perspectiva de gestión de la tierra y la biodiversidad. Por lo tanto, estas decisiones de valor deberían ser tomadas por ecologistas familiarizados

con el paisaje. Menos categorías de cobertura de la tierra contribuyen a un muestreo menor (y una teledetección más fácil) pero aumenta la variación de características de biodiversidad en cada una de las categorías. Por lo tanto, el número de categorías representa un equilibrio entre el esfuerzo y la precisión. Normalmente, deberían existir entre 3-5 de clases de cobertura de la tierra⁴, sin incluir los cuerpos de agua y las áreas construidas. Teniendo en cuenta que el área mínima de una unidad de cobertura de la tierra es 1 ha, si las características son menores que esta extensión, debería reclasificarse en una unidad mayor (por ejemplo, campos de cultivo mixto y pequeñas plantaciones). Además, si hay otros tipos menores de cobertura de la tierra (por ejemplo, <5% del total de cobertura de la tierra) que aparecen solamente en una parte del paisaje, se puede eliminar del muestreo (o reclasificarse como una unidad mayor), ya que tendrán poca influencia en la biodiversidad del paisaje en conjunto.

El siguiente paso consiste en la división de un área de muestreo de 25x25 km en celdas de malla de 5x5km. Se seleccionan dos celdas de cada fila y cada columna de la malla es decir 10 celdas en total (Figura 1). Así se asegura que el muestreo esté distribuido por el paisaje y que cada punto del mismo tenga la misma probabilidad de ser seleccionado.

Después se coloca una malla de 125x125 m de 1.600 puntos⁵ sobre cada una de las celdas seleccionadas y se clasifica cada punto según la categoría de cobertura de la tierra. Las superficies construidas y los cuerpos de agua no están incluidos. Cada punto se clasifica según una segunda variable de estratificación. En los casos de

²En este caso, natural hace referencia a lo que ocurre de manera natural. Muchos árboles se regeneran de manera natural, aunque puede que sean gestionados hasta cierto punto por personas mediante la cosecha. Esta definición incluye las tierras en barbecho que se regeneran de manera natural en un sistema de rotación de cultivos. Las comunidades de árboles pueden incluir algunas especies no nativas, pero normalmente representan una pequeña parte. Las definiciones varían entre barbecho, purma enriquecida y una plantación (por ejemplo, cultivos de caucho en la selva). Si predominan las especies no nativas/gestionadas, debería considerarse una plantación. De no ser así, debería considerarse como bosque o fragmento forestal.

³Esta definición incluye la vegetación nativa con arbustos y árboles, y se orienta a la biodiversidad. No pretende corresponder con las definiciones locales o internacionales con relación a los bosques o tierras forestales. La definición se usa solamente para ayudar en la selección de ubicación de parcelas.

⁴El sistema de clasificación de la cobertura terrestre (LCC, por sus siglas en inglés) normalmente implica la simplificación de sistemas LCC existentes, si existen. Ello se debe a que el objetivo es comprender los procesos de biodiversidad a escala de paisaje, lo que es posible al tener un pequeño grupo de clases de cobertura terrestre amplia, para seleccionar las ubicaciones de parcela. Nuestro análisis usa la teledetección que permite la medición continua de características de biodiversidad, como diversidad de especies o biomasa, que se puede replicar en cualquier LCC, como los mapas de uso nacional de tierras, si fuera necesario.

⁵Esta distancia asegura que no haya solapamiento entre las parcelas.

⁶Nos centramos en especies nativas / vegetación porque soportan más niveles altos de biodiversidad. Las especies exóticas y las plantaciones se incluyen en el muestreo de campo.

tipos de coberturas de cultivos agrícolas y plantaciones, se calcula el porcentaje total de la cobertura arbórea nativa en un radio de 500 m (como nos enfocamos en la cobertura arbórea nativa, en este cálculo no deberían incluirse las plantaciones exóticas)⁶. Para los puntos en los fragmentos forestales, se calcula el tamaño del fragmento forestal, mientras que para el caso de los puntos en los bosques, se calcula la distancia más corta al margen del bosque. Se usan estas variables porque la cobertura de bosques nativos vecinos, el tamaño del fragmento y la distancia del margen son importantes para determinar la biodiversidad en las tierras de cultivo (o plantaciones), fragmentos forestales y bosques, respectivamente. Después, las variables de estratificación se agrupan en grupos bajos, medios o altos según el rango de valores⁷.

En el último paso, en el caso de los tipos de coberturas de cultivos agrícolas, las plantaciones y los fragmentos forestales, se seleccionan al azar tres puntos para categoría de cobertura de la tierra por cada celda de 5x5km, uno de cada grupo de estratificación. Por lo tanto, un total de 30 puntos por categoría de cobertura de la tierra. Sin embargo, a menudo no se da un tipo de cobertura de la tierra o uno de sus grupos de estratificación en algunas celdas de la malla. Esto no

representa ningún problema si el número total de puntos seleccionados es ≥ 15 . Sin embargo, si el número de puntos seleccionados es menor a 15, se deberían seleccionar seis puntos en cada una de las celdas de la malla donde ocurran. En el caso de los bosques, se seleccionan al azar 12 puntos en todas las celdas de la malla, cuatro por cada grupo de estratificación⁸. Los puntos seleccionados se convierten en las posiciones de las parcelas de muestreo.

Este protocolo de muestreo proporciona una muestra imparcial que es representativa de los principales tipos de cobertura de la tierra en el paisaje. El muestreo de las celdas de la malla asegura que todo el paisaje queda cubierto, al mismo tiempo que el uso de la estratificación aumenta significativamente la eficiencia al tomar muestras de la biodiversidad.

En el caso no hubiera estratificación, sería necesario estudiar de tres a cinco veces el mayor número de parcelas posible para obtener una muestra representativa de los tipos de cobertura de la tierra menos comunes. El muestreo de las celdas de la malla también significa que las parcelas están agrupadas, lo que reduce el tiempo en el campo.

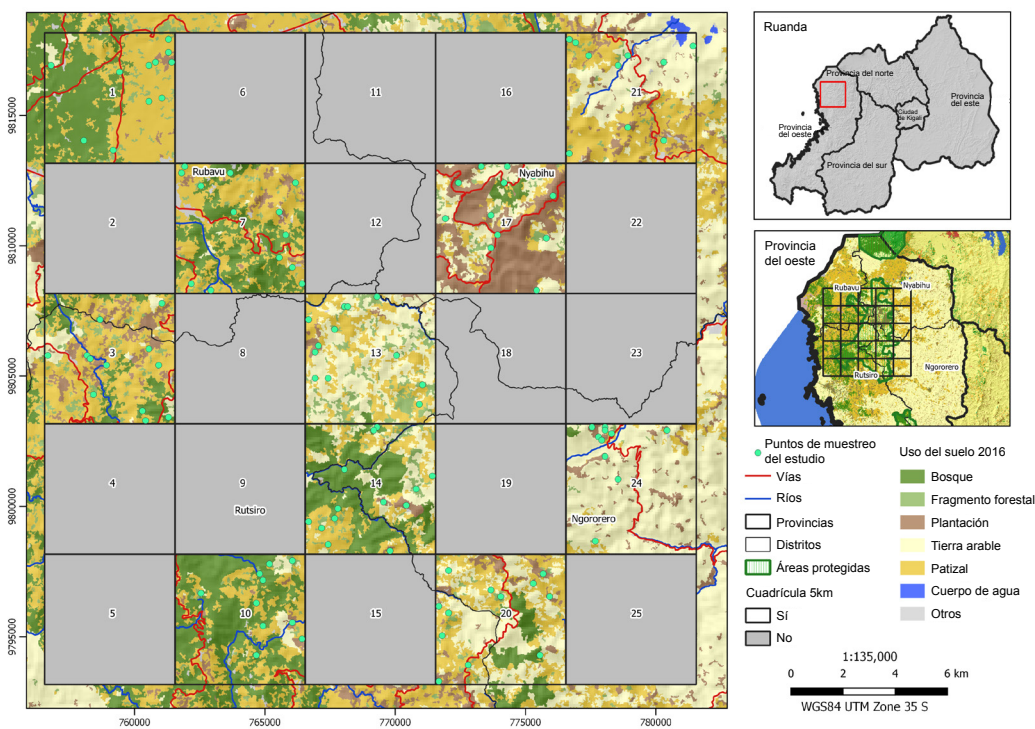


Figura 1. Área de muestreo (25x25 km) con 10 celdas de la malla 5x5 km seleccionadas al azar. Se tomaron muestras de los puntos de muestreo (puntos en color verde claro) usando el protocolo estratificado al azar, lo que hace que la toma de muestras de biodiversidad sea más eficiente.

⁷ Por ejemplo, si el tamaño del fragmento varía de 3 ha a 75 ha, entonces habría que generar tres grupos de 3-27 ha, 28-51 ha, y 52-75 ha.

⁸ Ello se debe a que los bosques a menudo están agrupados en una o dos partes del paisaje.

RESUMEN

1. Se coloca un área de muestreo de 25x25 km en el paisaje agrícola para incluir los principales tipos de cobertura de la tierra y gradientes ambientales.
2. Se desarrolla una clasificación de cobertura de la tierra que incluye solo los principales tipos de cobertura de la tierra, según un área mínima de 1 ha por unidad de cobertura de la tierra.
3. Los bosques se definen como ensambles de árboles nativos >100 ha. Los fragmentos forestales se definen como ensambles de árboles nativos 1-100 ha. Los ensambles de árboles no nativos, incluyendo plantaciones bajo sombra, se definen de manera independiente. Los cuerpos de agua y las zonas de construcción no están incluidos. La clasificación debería tener sentido desde las perspectivas de la biodiversidad y gestión de tierras. La clasificación final debería tener entre 3 y 5 categorías de cobertura de la tierra.
4. El área de muestreo queda dividida en una malla de x 5 km; un total de 10 celdas se seleccionan al azar, 2 por cada fila y cada columna.
5. Se distribuye una malla de puntos de 125x125 m en las celdas seleccionadas y a cada punto se le asigna una clase de cobertura de la tierra. Se asigna un valor a los puntos en cultivos agrícolas y en plantaciones para las coberturas terrestres nativas de 500 metros. Se asigna un valor a los puntos en bosque según la distancia al margen del bosque más cercano. A los puntos en fragmentos forestales se les asigna un tamaño del fragmento. Después, las variables de estratificación se agrupan en grupos bajos, medios o altos.
6. En el caso de tipos de cobertura de cultivos agrícolas, plantaciones y los puntos de árboles de fragmentos forestales se seleccionan en cada celda de la malla tres puntos por clase de cobertura de la tierra; un punto por categoría de variable de estratificación. Si los resultados son menos a 15 puntos, entonces el número de puntos seleccionados por celda de la malla podría aumentar a 6 (2 por categoría de variable de estratificación). Los puntos se convierten en centros de parcelas de muestreo. En el caso de bosques, se seleccionan 12 puntos (4 por categoría de estratificación) de todas las celdas de la malla.

05 PROTOCOLOS CENTRALES: ÁRBOLES EN LAS CHACRAS Y AVES

5.1 ESTUDIANDO LOS ÁRBOLES EN LAS CHACRAS

Los árboles en las chacras (TonF) tienen patrones de abundancia y distribución bastante variables, incluyendo características lineares, pedazos de forma irregular y árboles dispersos. Esto crea dificultades para el diseño del estudio y, de hecho, enfoques anteriores a menudo han promovido la aplicación de múltiples protocolos, cada uno adaptado específicamente a los diferentes tipos de rasgos del árbol. Sin embargo, se pueden superar la mayoría de estas dificultades al usar parcelas relativamente grandes (por ejemplo, de 1

ha). Esto permite que se aborden rasgos de elementos arbóreos de pequeña escala, como cercos vivos, árboles en linderos, dispersos y pequeños fragmentos forestales, como parte integral del sistema agrícola. Cuando se mide un árbol, se registra el tipo de característica y el uso, de manera que se pueda evaluar la contribución de los diferentes rasgos y manejos. Usar parcelas relativamente grandes también facilita relacionar los parámetros de los árboles con los datos teledetectados, ya que varios píxeles de imágenes medidos de manera remota pueden atribuirse de manera unívoca a una parcela. Sin embargo, proporcionamos un protocolo opcional para estudiar rasgos lineales, como los bosques de galería o cortavientos, en el caso de que dicho rasgo sea un componente importante del paisaje.

Antes de ir al campo: la recolección de datos en campo es costosa y por lo tanto es importante estar bien preparados para evitar retrasos y que se malgasten los esfuerzos. En primer lugar, se debe programar en un momento adecuado del año. Por ejemplo, puede que tenga sentido evitar las fuertes lluvias o por el contrario un periodo seco cuando no haya hojas en los árboles. Una o dos semanas antes de programarlos, el jefe de equipo debería visitar todas las ubicaciones de las parcelas y pedir permiso para entrar a las tierras y realizar el muestreo a los propietarios agrícolas y autoridades pertinentes (por ejemplo, el servicio forestal, o el gestor de áreas protegidas). Es aconsejable tener un documento sencillo donde se explique quién está realizando la actividad y por qué, qué incluye el trabajo, así como los números de contacto para más información. Se aconseja tener una lista con los números de teléfono, de manera que cuando el equipo esté en el campo, el jefe de equipo pueda hacer una llamada de cortesía el día antes de entrar a la parcela. En segundo lugar, el jefe de equipo debería reunir a todo el equipo (véase Composición del equipo que aparece después de cada protocolo) y asegurarse de que los miembros de cada equipo están familiarizados con los protocolos y el rol que cumplen. Deberían practicar mediante el uso de formularios ODK y los botánicos podrían recopilar una lista de especies comunes (véase Identificación de Especies más adelante), de manera que se introduzcan en los formularios ODK.

También es importante planear el manejo y la identificación de especímenes, como las colecciones botánicas y las colecciones de insectos, para evitar perder el tiempo después de regresar del campo. Algunos tipos de especímenes necesitan un manejo especial. Por ejemplo, la biota del suelo necesita mantenerse en un

congelador a -20°C , por lo que hay que considerar que haya acceso a un congelador en el campo.

Identificar la ubicación de la parcela: cuando se lleve a cabo el estudio, el equipo identifica el punto seleccionado mediante el uso de GPS. La alarma que le indica que ha llegado al punto debería configurarse a una precisión de ~ 3 m, y al sonar se coloca inmediatamente una estaca en el suelo para señalar el punto central. Así se evita cualquier sesgo en la selección del punto central y es mucho más eficiente que ir de un lado a otro para obtener el “verdadero” centro.

Diseño de la parcela: en los cultivos agrícolas se usa una parcela circular de 1 ha (radio=56,4 m). Sin embargo, en los bosques y fragmentos forestales (donde la cantidad de árboles con un DAP ≥ 10 cm es ≥ 100) para no muestrear una gran cantidad de árboles usaremos parcelas de 0,50 ha (radio de 39,9 m). Una parcela de 0,50 ha es suficiente para proporcionar un aproximado razonable de α diversidad en los bosques tropicales, pero es lo suficiente pequeña para que se muestree de manera eficiente usando una parcela circular en un bosque denso. Las dimensiones de la parcela deben medirse mediante el uso de una distancia horizontal; si la parcela se encuentra en una pendiente el equipo debe tener cuidado para compensar la pendiente. Por este motivo, recomendamos usar un instrumento de estudio forestal (como, por ejemplo, el Nikon Forestry Pro), ya que pueden medir rápidamente la distancia horizontal al centro de una parcela (para confirmar si un árbol está “dentro”) y también puede usarse para medir la altura de un árbol.

Datos de clasificación de la tierra: los siguientes datos se recogen desde el centro de la parcela: la posición GPS, la elevación, la inclinación, la clase de cobertura de la tierra, la posición topográfica, el tipo de vegetación, el manejo y el histórico del uso de la tierra. Además, se recogen datos desde cuatro subparcelas de 5,64 m de radio (100 m²) ubicadas en el centro de la parcela y que describen una pendiente ascendente y descendiente en Y del centro (Figura 2). La distancia desde el centro de la parcela al centro de la otra subparcela debe ser de 34 m (Figura 2). Entre los datos de la subparcela encontramos: la categoría de cobertura de la tierra, el porcentaje de cobertura (rocas/piedras, coberturas de arbustos leñosos, cobertura arbórea, cobertura herbácea); la erosión visible (tipo y porcentaje de la zona de la subparcela afectada); la fotografía de la cobertura de copa (mediante el uso de una Tablet); número de tallos de árbol de DAP ≥ 5 cm

y <10 cm (diámetro-altura-pecho, 1,3 m); número de tallos de árbol de DAP ≥ 1 cm y <10 cm. Si la parcela se superpone con el margen del tipo de cobertura de la tierra bajo estudio, debería medirse la distancia más corta a ese, de manera que pueda calcularse el área en cada categoría de cobertura de la tierra.

Árboles: comenzando desde el norte en el sentido del reloj, se registran todos los árboles dentro de la parcela (a veces, en el bosque es útil marcar los primeros árboles del estudio para evitar duplicar el conteo). Se incluyen los árboles en la muestra si el punto medio de la base del tronco es igual o menor que la distancia radial horizontal desde el centro de la parcela. Podríamos definir un árbol como cualquier planta que tenga un tallo independiente, sin incluir plantas como el banano, los bambús, las trepadoras o los higos hemiepifíticos. En el caso de bosques y fragmentos forestales, se incluyen todos los árboles con DAP ≥ 10 cm. En el caso de cultivos agrícolas, se incluyen todos los tallos DAP ≥ 5 cm. Para todos los árboles se registran el DAP y la especie. Si un árbol está “muerto en pie” –la especie a registrar es “muerta”. El DAP se mide a 1,3 m desde la base a lo largo de todo el tronco. Si el árbol se encuentra en una pendiente, debería medirse desde la base en un punto perpendicular a la pendiente (es decir, ni en pendiente ascendente o descendente). Si el tronco presenta una deformidad (por ejemplo, una bifurcación o hinchazón), el punto óptimo de medición (POM, por sus siglas en inglés) debería cambiarse y registrarse el nuevo POM, en el caso de árboles con múltiples tallos, se registra el DAP por cada tallo que sobrepase el DAP mínimo. Cada árbol recibe un identificador único y a cada tallo que pertenezca a dicho árbol se le asigna un subidentificador independiente, de manera que se pueden asignar correctamente los datos a nivel de árbol y de tallo. Si un árbol presenta un tallo roto, se mide el DAP y la altura al punto de quiebre medido/estimado. En el caso de los árboles en general, deberían registrarse los siguientes datos: plantado o regeneración natural, el manejo (por ejemplo, poda de copas, aprovechamiento de la madera), número de tallos, si hay o no rebrotes, tipo de característica de árbol (por ejemplo, cerco vivo, árbol lindero, árbol de sombra) y tipo de cobertura de la tierra. Se registra la presencia/ausencia de trepadoras e higos hemiepifíticos y en caso de que estén presentes, la proporción de copa de árbol cobertura por las trepadoras.

Altura del árbol: la altura se registra para los cinco árboles más grandes (con el DAP mayor) en la parcela y los datos se relacionan con DAP y especie a través del identificador único.

Residuos leñosos gruesos: a los árboles muertos se les conoce como residuos *leñosos gruesos* (CWD, por sus siglas en inglés), y son importantes para medir la estimación de la biomasa. Para estudiar los CWD, se usa el método de transectos lineales. Se camina 25 m dirección norte en un transecto lineal desde el centro de la parcela y se miden todos los troncos muertos al suelo con un DAP ≥ 20 cm. De estos se registran el DAP y la longitud. Se camina un transecto parecido de 25 m al sur desde el centro de la parcela.

Bananos y bambús: para cada mata de bananos y bambús, se cuentan los tallos más altos de 1,3 m y se identifica la especie. Se mide el DAP del tallo más largo por mata. Si los tallos están dispersos, se cuentan los tallos en la parcela.

Trepadoras: se identifican las trepadoras con un tallo de DAP ≥ 5 cm y se mide el diámetro del tallo a 1,3 m desde el suelo. Después se registra el número de árbol anfitrión.

Hemiepifíticos: se identifican las estranguladoras o los higos hemiepifíticos con un tallo/raíz aérea de DAP ≥ 5 cm y se mide el diámetro de raíz aérea a 1,3 m desde el suelo. Se registra el número del árbol anfitrión. En el caso de los higos con raíces que encierran al árbol anfitrión, se puede estimar el diámetro de la raíz aérea al medir el diámetro total del árbol y el higo, pero debe registrarse en la hoja de datos.

Identificación de las especies: la identificación precisa de las especies arbóreas es clave para calcular los parámetros de biodiversidad, pero ello no resulta sencillo en áreas tropicales donde hay una gran riqueza de especies y pueden encontrarse varias especies juntas con el mismo género. Lamentablemente, los botánicos locales muchas veces son demasiado confiados o pueden usar nombres locales, en especial para especies forestales más raras, que corresponden a dos o más especies biológicas. Sin embargo, la recolección toma tiempo y el trabajo herbario aumenta los costos. Por lo tanto, sugerimos el enfoque que mencionamos a continuación. Se elabora una lista de especies comunes que son fáciles de identificar por parte del equipo de campo y se registran las especies de la lista durante la observación (el nombre de las especies puede introducirse en los formularios ODK que también acelera el trabajo de campo). Es básico que el equipo pueda identificar con precisión todas las especies de la lista. Después, cada una de las morfoespecies se recogen una vez al día. Cada voucher o certificado lleva el número del

árbol del que se recogió (por ejemplo, parcela 15 #34). Es importante que el equipo tenga cuidado al comparar las observaciones con los certificados. Si hubiera alguna duda, deberían crear un nuevo certificado. Los vouchers se prensan y se identifican después en un herbario. Una labor importante del jefe de equipo es mantener la calidad de la identificación de especies.

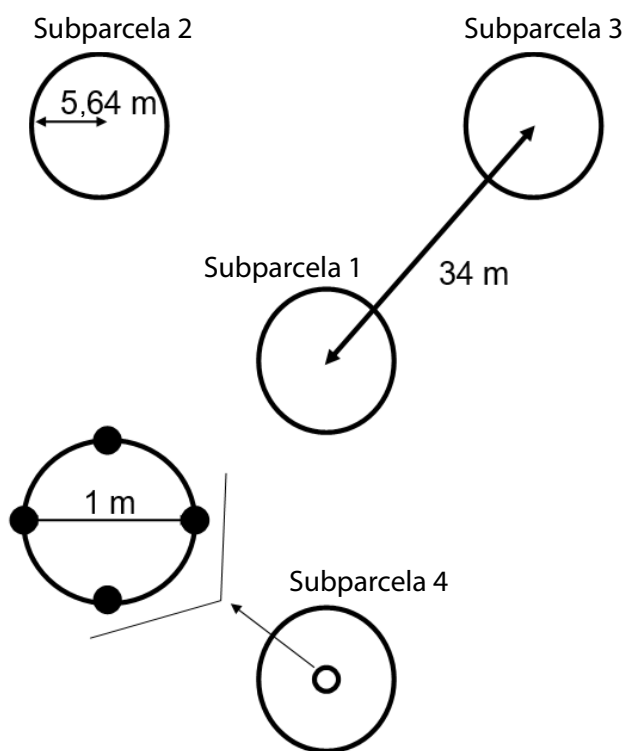


Figura 2. Disposición de las subparcelas y del esquema de muestreo de la biota del suelo. Cada subparcela tiene un radio de 5,64 m (100 m²). La primera subparcela está ubicada en el centro de la parcela. La segunda y tercera subparcelas se ubican en una ladera arriba, aproximadamente a 120° de distancia, y 34 m del centro de la parcela. La cuarta subparcela se encuentra a 34 m de bajada. En cada subparcela se recogen datos sobre la cobertura de la tierra y la vegetación. En el caso del muestreo de la biota del suelo (el círculo que se expande hacia la izquierda), se describe un círculo con un diámetro de 1 m cerca del centro y se toma una muestra principal de los cuatro puntos alrededor del borde de este círculo (los puntos negros).

RESUMEN

1. En el caso de cultivos agrícolas, se usan parcelas circulares de 1 ha (radio de 56,4 m), mientras que en el caso de bosques o fragmentos de bosques, se usan parcelas de 0,5 ha (radio de 39,9 m).
2. Datos a nivel de la parcela: posición de GPS, elevación, inclinación, clase de cobertura de la tierra, posición topográfica, tipo de vegetación, manejo de la tierra.
3. Se han establecido cuatro subparcelas (radio de 5,64 m) en forma de Y, a una distancia de 34 m, y se han registrado los siguientes datos: categoría de cobertura de la tierra; porcentaje de cobertura (rocas/piedra, cobertura de arbustos leñosos, cobertura arbórea, cobertura herbácea); cobertura de copa; erosión visible; y número de muestreo (≥ 1 cm de DAP y < 5 cm de DAP) y estacas (≥ 5 cm de DAP y < 10 cm de DAP).
4. Se registran el DAP y la longitud (altura) de los residuos leñosos gruesos (≥ 20 cm de DAP) junto con dos transectos lineales de 25 m. Se registran el DAP y las especies para todos los árboles con un DAP de ≥ 5 cm en cultivos agrícolas y un DAP de ≥ 10 cm en los bosques y fragmentos forestales. Se identifican en el campo las especies arbóreas comunes, pero para el resto se recoge al menos un voucher por día. También se registran datos sobre las características de los árboles y el uso para cada árbol.
5. En el caso de las bananeras y los bambús, se registra el número de tallos por mata, el DAP de la raíz más larga y las especies.
6. En el caso de las especies escaladoras/hemiepífitos ≥ 5 cm de DAP, se registran el DAP y el número de anfitrión.
7. Se mide la altura de los cinco árboles más grandes en DAP.

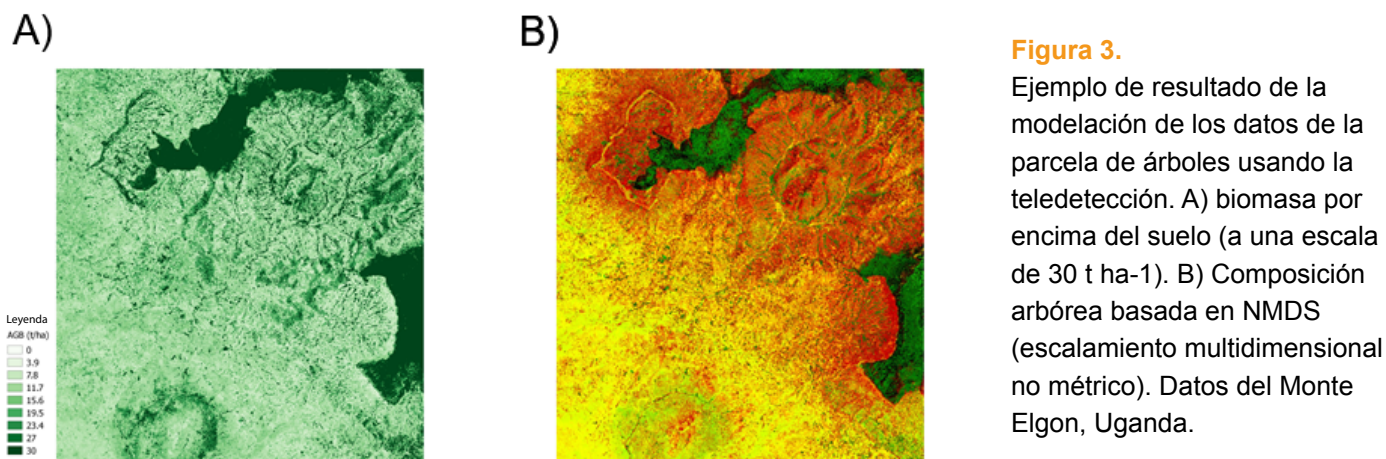


Figura 3. Ejemplo de resultado de la modelación de los datos de la parcela de árboles usando la teledetección. A) biomasa por encima del suelo (a una escala de 30 t ha⁻¹). B) Composición arbórea basada en NMDS (escalamiento multidimensional no métrico). Datos del Monte Elgon, Uganda.

Composición del equipo

La conformación más eficiente del equipo es de cinco personas, incluyendo dos botánicos con asistentes contratados a nivel local y un jefe de equipo.

Equipo requerido	
Nikon Forester Pro x2	Tablets, con formatos ODK cargados x3
GPS x3	Caja de plástico con una tapa buena para almacenar dispositivos electrónicos
2 kg de gel de sílice	Bolsas de plástico Ziplock
Cinta de 5 m DBH x2	Cinta de 2 m de DAP x10
Escalera plegable x2	Cuchilla para plantas de mango largo
Bolsas para especímenes	Etiquetas de especímenes x1.000
Prensa de plantas	Papel botánico / periódico/ cartón
50 m de cinta métrica x4	30 m de cinta métrica x2
Estacas de 1,5 m x10	Cinta reflectora x2
Estacas de 1,8 m para medir POM x4	Calibres para CWD (residuos leñosos gruesos)

5.2 ESTUDIO DE PÁJAROS EN CHACRAS

El objetivo de este protocolo es permitir que los datos de composición de aves estén relacionados con las características de los TonF, de manera que con la teledetección se pueda evaluar el estado de las aves. Los

datos también pueden usarse para contribuir al Índice Mundial de Aves nacional (WBI, Sheehan *et al* 2010).

Se usan las mismas parcelas que en la recolección de datos de los TonF. Cada centro de la parcela se convierte en un centro de un conteo de punto fijo de 30 m de ancho. Al aplicar los métodos estándar, el observador camina al punto, espera 5 minutos y entonces realiza un conteo de 20 minutos. Se registran todas las observaciones visuales y auditivas, incluyendo, las especies, tamaño de grupo y distancia cuando se observen por primera vez.

Si se observa una bandada mixta de especies, deben anotarse las observaciones registradas como parte de la bandada. Los pájaros sobrevolando que no se detengan en un radio de 30 m del punto no se cuentan.

El objetivo de este protocolo es permitir que los datos de composición de aves estén relacionados con las características de los TonF, de manera que con la teledetección se pueda evaluar el estado de las aves. Los datos también pueden usarse para contribuir al Índice Mundial de Aves nacional (WBI, Sheehan *et al* 2010).

Se usan las mismas parcelas que en la recolección de datos de los TonF. Cada centro de la parcela se convierte en un centro de un conteo de punto fijo de 30 m de ancho. Al aplicar los métodos estándar, el observador camina al punto, espera 5 minutos y entonces realiza un conteo de 20 minutos. Se registran todas las observaciones visuales y auditivas, incluyendo, las especies, tamaño de grupo y distancia cuando se observen por primera vez. Si se observa una bandada mixta de especies, deben anotarse las observaciones registradas como parte de la bandada. Los pájaros sobrevolando que no se

detengan en un radio de 30 m del punto no se cuentan. Se recolectan datos por ~3 horas durante la actividad pico temprano en la mañana (normalmente 7-10 am) y cada punto se muestrea por lo menos cinco veces. El orden de muestreo de los puntos se mezcla para evitar sesgos mientras dure la recolección de datos y por la presencia de múltiples observadores.

RESUMEN

1. En las mismas parcelas que en el estudio de los TonF se registran las aves durante 20 minutos, contándolas en puntos fijos en una amplitud de 30 m.
2. Se repite la medición 5 veces como mínimo en estos puntos, y se selecciona aleatoriamente tanto el orden en el cual los puntos son registrados como el observador.

Composición del equipo

Recomendamos que haya dos equipos independientes, incluyendo un observador de aves y un asistente contratado localmente. Si el asistente tiene una motocicleta, puede ayudar a que el acceso a la parcela sea más rápido.

Equipo requerido

Binoculares de 8x32 o 8x40 (1 par por observador)
Guía de campo / aplicación para pájaros y llamada de pájaros
30 m de cinta métrica
GPS (1 por equipo)
Libro de notas de campo

06 PROTOCOLOS OPCIONALES

6.1 MUESTREO DE POLINIZADORES Y ENEMIGOS NATURALES

La biodiversidad y la abundancia de polinizadores y enemigos naturales proporcionan información valiosa acerca del estado de los servicios del ecosistema que albergan. Además, al relacionar el protocolo de muestreo con el de los TonF, se obtiene información valiosa acerca

de la contribución de los beneficios de los TonF para estos servicios. A través de la creación de modelos, las predicciones futuras sobre la biodiversidad de estos grupos podrían basarse en un análisis de los TonF y teledetección. Los protocolos que presentamos en este documento son rápidos y no requieren de conocimiento experto en el campo, por lo que son rentables. Sin embargo, clasificar los especímenes en grupos funcionales debería realizarse bajo la supervisión de un entomólogo capacitado.

Polinizadores: las cosechas que requieren polinización de insectos incluye a la mayoría de frutas y frutos secos, entre los que se encuentran las cosechas como el café y cacao, y muchas verduras. A menudo la calidad de la polinización afecta tanto al rendimiento como a la calidad de una cosecha (por ejemplo, café). Además, entre las cosechas que no necesitan polinización para la producción de un componente comestible de la planta, muchos todavía necesitan polinizadores para producir semillas viables. La calidad de la polinización está determinada por la diversidad de los polinizadores además de la abundancia de polinizadores importantes, como las abejas.

Enemigos naturales: muchos de los organismos que viven en los campos de los agricultores y sus ambientes se alimentan de las plagas de los cultivos y, por lo tanto, reducen el daño de la plaga y las pérdidas de las plagas para los agricultores. A estos organismos se les conoce como enemigos naturales e incluyen muchos artrópodos, en especial las arañas y los insectos, aves y murciélagos. De nuevo, la diversidad es un componente esencial porque diferentes enemigos naturales se alimentan de diferentes plagas y de plagas en diferentes momentos de su ciclo de vida. Nuestro método se centra en artrópodos, pero también se pueden obtener datos de insectívoros de nuestro estudio de aves.

Indicadores: la abundancia y diversidad funcional de los polinizadores y enemigos naturales.

Método de estudio: la recolección de datos de artrópodos puede ser muy costosa y tomar mucho tiempo. Sin embargo, el método que proponemos no es costoso y estudia al mismo tiempo tanto a los polinizadores como a los enemigos naturales. Las trampas están fabricadas de material asequible y necesitan muy poca capacitación para usarlos. La clasificación de las capturas es sencilla al centrarse en los grupos funcionales.

Al usar las mismas parcelas de muestreo que el estudio de los TonF, se estudia los artrópodos junto con las trampas de caída de tres colores: blanco, amarillo y azul. Las trampas deberían tener aproximadamente 20 cm de diámetro y 6 cm de profundidad. Los lados de las trampas deberían tener una inclinación de $>45^\circ$. Evitando causar alteraciones, se cava un agujero en la tierra con una pala y se coloca una trampa en el hueco para que los bordes estén al mismo nivel del suelo. Es importante que no haya ninguna tapa, para evitar que los artrópodos se arrastren hasta la trampa. La tierra que queda debería usarse para llenar cualquier otro hueco o espacio alrededor de la trampa. A menudo resulta de utilidad colocar dos trampas, una dentro de la otra, mientras nos aseguramos de que encaje y sacamos la trampa interior de manera que la tierra que ha caído pueda eliminarse. Se coloca agua (2 cm de profundidad) con un detergente sin perfume se coloca en la trampa para que sirva como líquido para trampas. Para vaciar la trampa, el contenido se coloca en una malla fina (por ejemplo, un colador de té) y después se enjuaga con alcohol al 70% en una botella de muestra de boca ancha (usando un colador). Las botellas de muestra deberían almacenarse en un lugar fresco, bodega o habitación con aire acondicionado, sin que reciba la luz solar directa.

Se distribuyen nueve trampas de la siguiente manera: un grupo de tres, una de cada color, se colocan a 2 metros del centro de la subparcela de la 2da, 3ra y 4ta subparcela. Las trampas deberían colocarse en una ubicación abierta, sin obstruir la vegetación y de manea ideal, con luz solar directa durante la mayor parte del día. Se revisan y se vacían las trampas después de 48 horas. Una persona puede cubrir una parcela en 30 minutos (sin incluir el tiempo que toma llegar a la ubicación). Se pueden clasificar todas las capturas de una parcela en una única muestra compuesta. Una etiqueta que registra el nombre del paisaje, el número de parcela, la fecha de la recogida y el nombre de los recopiladores se coloca en la botella de muestra. Lo ideal sería que el muestreo se realizara durante la mejor estación, que normalmente ocurre entre el comienzo y la mitad de la estación húmeda. Sin embargo, debería evitarse los periodos de fuertes lluvias. En caso de que las fuertes lluvias borren el contenido de las trampas, será necesario repetir el muestreo.

Colocar cebos para abejas sociales: las abejas sociales son polinizadores extremadamente importantes. Se pueden estudiar usando estaciones de

cebo. En cada subparcela, se coloca un plato de plástico blanco en el suelo con una esponja amarilla (5x5 cm) en el medio. Se rocía una solución azucarada (20%) con saborizante alimenticio (por ejemplo, limón o rosa) sobre la esponja y en la vegetación circundante en un radio de 1 m. Se revisan las estaciones después de 30 minutos y se registra la cantidad de abejas observadas de cada especie con un tiempo de espera de 1 minuto.

Clasificación de las muestras: las personas siempre subestiman el tiempo y el costo de clasificar las muestras de artrópodos. Es importante que el equipo cuente con un plan, así como con recursos para llevar a cabo la clasificación antes de recoger las muestras en el campo. Debería supervisarse la clasificación por parte de un entomólogo, pero también puede realizarlo un trabajador con una mínima capacitación. El equipo necesario incluye una lupa grande con iluminación, placas de Petri, bandejas blancas, fórceps, botellas variadas para los especímenes, y provisión de alcohol al 70%. Se clasifica la muestra en grupos funcionales, dando especial importancia a los polinizadores y los enemigos naturales. Entre estos grupos se encuentran las abejas sociales (abejas melíferas, abejas sin aguijón, abejorros y abejas carpinteras), abejas solitarias, avispas grandes solitarias, avispas sociales, avispas pequeñas (es decir, parasitoides), arañas, escarabajos terrestres (por ejemplo, Carabidae, Staphylinidae), escarabajos pequeños voladores (por ejemplo, Chrysomelidae), tijeretas, moscas y otros. La diversidad de las morfoespecies y la abundancia de estos grupos se usa como un índice de disponibilidad de enemigos naturales y polinizadores, que se puede modelar con relación a las características de TonF. Una alternativa a la clasificación manual es usar enfoques de nuevas

tecnologías de secuenciación de nuevas tecnologías de alto rendimiento. En algunos países, el costo no será muy diferente a los enfoques tradicionales de conservación. Una ventaja es que el enfoque de ADN proporciona una mayor cobertura taxonómica. Sin embargo, los actuales métodos no pueden utilizarse para evaluar la abundancia, sino que la información que proporciona es presencia/ausencia solamente, lo cual representaría una desventaja a la hora de evaluar los servicios ecosistémicos proporcionados.

RESUMEN

1. Se toman muestras de artrópodos mediante el uso de una combinación de trampas de caída.
2. Se colocan tres trampas (diámetro de ~20 cm; blanco, amarillo y azul) en tres lugares idénticos en cada parcela (Figura 2, 2da, 3ra y 4ta subparcelas).
3. Las trampas se nivelan al suelo y se usa agua con detergente sin perfume como el líquido para trampas. La ubicación de la trampa debe elegirse para evitar obstruir la vegetación de manera que las trampas reciben la luz solar directa al menos durante parte del día.
4. Se dejan las trampas por un periodo de 48 horas. La trampa se vacía a través de una red fina de acuario y después se enjuaga en una botella de muestra de alcohol al 70%. Todas las capturas de una parcela se clasifican juntas.
5. Las muestras se clasifican en grupos funcionales y morfoespecies.



Trampas de bandeja diseñadas para mostrar polinizadores y enemigos naturales.

Composición del equipo

En el campo debería haber un técnico no experto. En el laboratorio, un entomólogo experto y 3-4 técnicos no expertos para clasificar el material.

Equipo requerido

30 trampas de caída blancas (diámetro ~20 cm)	30 trampas de caída azules
30 trampas de caída amarillas	Tablet
GPS	30 m de cinta métrica
Azada/espada pequeña	Envase de plástico 5 l x2
Detergente sin perfume	Malla fina (colador de té)
Suministro de alcohol al 70%	Botella flexible de plástico para el alcohol
Bandeja blanca	Fórceps grandes, sin punta
Embudo de plástico	Jarras de especímenes ~0.25 l
Papel para etiquetar / lapiceros 2B	Platos y esponjas
Aerosol en lata con una solución azucarada perfumada al 20%	

6.2 ANÁLISIS DE NUTRICIÓN DEL SUELO

La nutrición del suelo puede brindar parámetros importantes de sostenibilidad agrícola, tales como el carbono orgánico de suelo, el índice de infiltración de suelo y la fertilidad de suelo. Sin embargo, el muestreo y el procesamiento de suelo requieren de mucho tiempo. Si se realiza el análisis de suelo usando un espectroscopio infrarrojo medio, los costos se reducen considerablemente.

Indicadores: carbono orgánico en el suelo (COS), prevalencia de erosión, fertilidad de suelo, índice de infiltración.

Los métodos aplicados aquí cumplen con lo definido en el Marco de Vigilancia sobre la Degradación de la Tierra (LDSF⁹). La infiltración de suelo se mide dentro de los 2 m del centro de la parcela y una muestra de masa de suelo acumulativa¹⁰ se recoge cerca, incluyendo profundidades de 0-20 cm, 20-50 cm, 50-80 cm y 80-110 cm. Además, se recogen muestras de la superficie (0-20 cm de profundidad) y del subsuelo (20-50 cm de profundidad) en cuatro puntos (en la misma forma de las subparcelas, pero a 12.2 m del centro) usando un

barreno. Estas muestras se agrupan en una muestra de superficie y de subsuelo por parcela. Las muestras deben secarse y tamizarse (2 mm) en el laboratorio de campo antes de tomar una submuestra para su análisis. Las muestras de masa acumulada se secan y tamizan, y se mide la masa seca de las raíces y piedras en cada muestra. Posteriormente, las muestras se someten a un nuevo muestreo para análisis.

RESUMEN

1. Se recogen muestras del suelo de la superficie (0-20 cm de profundidad) y del subsuelo en cada subparcela con un barreno y se agrupan a nivel de parcela.
2. Se recoge una muestra de masa de suelo acumulativa desde el centro de la parcela para profundidades de 0-20 cm, 20-50 cm, 50-80 cm y 80-110 cm.
3. Se recogen medidas de infiltración para cada parcela.

⁹ Por Vagen et al. 2016. *Geoderma* 263, 216-225

¹⁰ Winoweicki et al. 2015. *Geoderma* 263, 274-283

Composición del equipo

En campo: dos técnicos no especializados. Uno para el uso del barreno y otro para tomar medidas de infiltración del suelo.

Equipo requerido
GPS
Barreno de suelo
Placa de masa acumulativa
Papel para etiquetas / Lápices
2 tamices de 2 mm
Cinta métrica de 30 m
2 baldes de plástico de distintos colores
Bolsas Ziploc
Placas de metal para el secado de muestras
Hoja de datos para la infiltración de suelo

se limpia el muestreador con alcohol y papel toalla entre las parcelas. Para cada réplica, hay que colocar los 4 testigos en una bolsa Whirl Pak o Ziploc resistente con etiqueta. En el laboratorio, se homogeneiza

RESUMEN

1. Se recogen cuatro testigos (3-5 cm de diámetro) a 15 cm de profundidad de 4 puntos de muestra en cada subparcela y se agrupan en una muestra de composición por subparcela (Figura 2).
2. Se homogeneizan las muestras en el laboratorio y se retiran las raíces. Luego, se toma una submuestra de 10 ml y se almacena a -20°C hasta extraer el ADN.

6.3 BIOTA DEL SUELO

Los organismos del suelo pueden muestrearse fácilmente al mismo tiempo que se recolectan datos de los TonF. Sin embargo, se pueden identificar mejor usando los enfoques de secuencia de última generación de alta producción debido al alto alcance taxonómico y a la gran cantidad de organismos del suelo que pertenecen a los taxones pocos conocidos.

Indicadores: la abundancia y diversidad funcional de los organismos del suelo.

Las muestras replicadas deberán recogerse de cada subparcela usada para el estudio de los TonF. Para cada réplica, hay que agrupar 4 testigos de suelo de 4 puntos en un círculo de 1 m de diámetro (Figura 2). Para recoger muestras de los suelos, en cada punto, hay que retirar la hojarasca y usar un muestreador de suelos (3-5 cm de diámetro) para sacar una muestra del suelo a 15 cm de profundidad. Recoger muestras del material del suelo, no de la rizosfera, y evitar las raíces largas. Para evitar la contaminación cruzada entre las réplicas, hay que tomar un "testigo de simulación" y descartarlo. Después

Composición del equipo

En campo: un técnico no especializado.

Equipo requerido
GPS
Bolsas Ziploc / Whirl Pak
Alcohol al 70%
Muestreador de suelos
Papel para etiquetas / Lápices 2B
Papel toalla

6.4 ESTUDIO DE VERTEBRADOS TERRESTRES

Los vertebrados terrestres incluyen varias especies que son de interés de conservación. Así como en el caso de las aves, se pueden usar los datos de los vertebrados terrestres para calibrar los modelos de circuitos a fin

de entender la conectividad entre los bosques u otros hábitats naturales.

Indicadores: área ocupada por especies de interés de conservación y conectividad del hábitat para la fauna que depende del bosque.

Los vertebrados terrestres se estudian usando cámaras trampa. Se ancla un poste en el suelo cerca al centro de la parcela, y luego se monta una cámara trampa en el poste a aproximadamente 0,5 m de altura. La cámara deberá tener una vista frontal clara y deberán realizarse pruebas antes de dejar la cámara en el área. Se dejan las cámaras trampa por 2 semanas en cada parcela. El orden de las parcelas estudiadas deberá ser aleatoria y todo el estudio deberá realizarse en la misma estación.

Composición del equipo

Dos técnicos de campo familiarizados con la configuración de cámaras trampa.

RESUMEN

1. Se monta una cámara trampa en un poste cerca del centro de la parcela (0,5 m de alto).
2. Se dejan las trampas por 2 semanas en cada ubicación y se deberá completar todo el estudio en una estación.

Equipo requerido

GPS
Baterías de repuesto
20 cámaras trampa
Disco duro para guardar imágenes

6.5 SALUD DE LOS PASTIZALES

En los prados, incluyendo las sabanas y las praderas, la salud de los pastizales puede ser más importante que la biodiversidad de los TonF.

Indicadores: densidad y diversidad de las especies gramíneas perennes y anuales, proporción de puntos que no están debajo de la cobertura arbórea u arbustiva.

Se realiza un transecto de 50 m desde el centro de la parcela en dirección norte. Los siguientes datos se registran a intervalos de 2 m a lo largo del transecto: por debajo de la copa de un árbol (Y/N), por debajo de la copa de un arbusto (Y/N), mechón de pasto (Y/N), pasto o hierba más cercano (anual/perenne), especie de pasto perenne más cercano, distancia de las especies de pasto perenne más cercano.

Composición del equipo

Un botánico especialista en identificación de pastos y hierbas, y un asistente de campo.

Equipo requerido

GPS
Tablet
Prensa de plantas
Bolsas para especímenes de plantas
Cinta métrica de 50 m
Cinta métrica de 10 m
Papel / periódico / cartón para uso botánico
Etiquetas para especímenes

RESUMEN

1. Se realiza un transecto de 50 m para muestreos a intervalos de 2 m.
2. Se recoge la siguiente información en cada punto: por debajo de la copa de un árbol (Y/N), por debajo de la copa de un arbusto (Y/N), mechón de pasto (Y/N), pasto o hierba más cercano (anual/perenne), especie de pasto perenne más cercano, distancia de las especies de pasto perenne más cercano.

6.6 PROTOCOLO PARA EL ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS LINEALES DE LOS TONF

Los elementos lineales amplios, tales como los cortavientos y bosques de galerías, no se pueden muestrear apropiadamente en parcelas circulares. Para ello, se puede usar este protocolo opcional en caso de que los elementos sean un componente importante en el paisaje. Se deberá completar el protocolo, además del muestreo de parcela circular para los TonF.

Indicadores: igual que para los árboles conforme a los protocolos principales.

Definimos los elementos lineales como aquellos de ≤ 50 m de ancho y con un eje largo como mínimo 5 veces más largo que el eje corto. Se analiza la densidad de los elementos lineales con el Método de Transecto Lineal usando herramientas de teledetección como el software Collect Earth. Se genera un grupo de 10 transectos x 1 km usando puntos de partida al azar y direcciones aleatorias dentro de cada una de las celdas de la malla. Luego se «recorre» cada transecto usando las herramientas de teledetección. Cuando se cruza un elemento lineal, se identifica la categoría del elemento (p. ej. bosque de galería o cortaviento), y se miden las distancias de los puntos a y b a lo largo del transecto donde este cruza los límites del elemento lineal y el ángulo más pequeño del elemento lineal al transecto. Posteriormente, se pueden usar estos datos para calcular la densidad de los elementos lineales.

De la lista de los elementos identificados, se selecciona aleatoriamente para el estudio una muestra de 30 de cada tipo, tres de cada cuadrado de la malla.

Estudio de los elementos lineales de los árboles

Se estudian los elementos lineales usando el método de transectos. Se estudian árboles en un transecto lineal de 50 m de largo que cubra todo el ancho del elemento (nota: los elementos lineales tienen ≤ 50 m de ancho). El punto a anterior se toma como punto de partida y se realiza el estudio hacia dirección norte y/u oeste. Para los elementos lineales menores a 50 m en esta

dirección, se estudia el largo total del rasgo y se registra el largo estudiado. El ancho y dirección del rasgo lineal deberán medirse a intervalos de 10 m de modo que el área pueda tener una estimación precisa. Esta medida es especialmente importante para los rasgos con límites irregulares, tales como los bosques que siguen una corriente de agua. Todos los árboles que forman parte del rasgo lineal deberán ser estudiados; sin embargo, se omitirán los que se consideren parte de las categorías de la cobertura de la tierra en ambos lados.

Composición del equipo

Un botánico y un asistente de campo.

Equipo requerido

GPS
Tablet
2 cintas métricas de 50 m
Otro equipo como el de los TonF anteriormente descritos

RESUMEN

1. «Se recorren» 10 transectos de 1 km usando el software Collect Earth o herramientas similares, y se registran los puntos a y b, y el ángulo más pequeño al transecto.
2. Para el estudio, se seleccionan tres de cada categoría de rasgo lineal por celda de malla.
3. Se estudia cada rasgo usando el punto a como punto de partida en una dirección norte y/u oeste con un transecto de 50 m. Registrar el ancho y dirección del rasgo a intervalos de 10 m.
4. Los métodos de medición de árboles son los mismos que los de las parcelas circulares.

07 ANÁLISIS DE DATOS

TonF: calcularemos las estadísticas generales básicas para cada parcela, incluyendo la AGB, el área basal por clase de tamaño, la riqueza de especies enrarecidas, la composición de especies, y la diversidad del uso de árboles y las especies por uso de árbol. Luego, se modelarán estos parámetros usando datos de teledetección (principalmente los datos Sentinel-1 y Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea) utilizando un aprendizaje automático (Algoritmo de Bosques Aleatorios o *Random Forest Algorithm*) para obtener el mejor modelo. Se pueden aumentar los aportes del modelado para incluir parámetros topográficos y de paisaje. Se analizará el funcionamiento del modelo mediante la verificación del modelo, en la cual se ocultarán los datos del 20% de las parcelas y se pronosticarán usando el modelo obtenido del 80% restante de las parcelas. Se usa el r^2 de los pronósticos versus observaciones del modelo como parámetro del funcionamiento del modelo.

A menos que las ecuaciones alométricas locales estén disponibles, se calculará la AGB usando las ecuaciones de Chave *et al* (2014) con la altura de los árboles. La densidad específica de la madera se obtendrá de la base de datos global y la altura de los árboles se estimará tomando como base la relación altura del árbol específico de la parcela-DAP según la medición de los cinco árboles más grandes.

Los parámetros de las especies se calcularán generando primero una matriz de sitio por especies. La riqueza de especies enrarecida tomará como base 30 individuos por parcela. La composición se analizará usando un Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) y la integridad estimada se basará en la distancia Jaccard desde el centroide de las parcelas del bosque. Los usos de los árboles se presentarán como el número total de usos de los árboles conforme a una lista estandarizada, y la diversidad de uso de los árboles conforme al Índice de Simpson de especies por uso de árboles. El fragmento del área y la densidad del margen se calcularán tomando como base 5 km y 500 m de radio para cada parcela.

Aves: se usará el modelado de ocupación de múltiples especies para estimar la probabilidad de ocurrencia de una especie en cualquier punto del paisaje. Los aportes al modelo incluirán la distribución de fragmentos de bosques, los TonF, la topografía, el uso del terreno y la ocupación humana. Se podrán juntar los mapas de las múltiples especies para calcular el número de especies con >50% de probabilidad de ocurrencia o >80% de probabilidad de ocurrencia. Estos mapas adoptados se usarán para analizar las zonas críticas de las especies de interés de conservación y, centrándose en las especies del bosque comunes, como un índice de la sostenibilidad del hábitat para las especies que dependen del bosque.

También investigaremos si podemos o no usar modelos tomando como base los datos de teledetección para pronosticar la composición de especies de aves.

Insectos: se tomarán medidas de los polinizadores y la abundancia de enemigos naturales y de la diversidad funcional para cada parcela y luego se modelarán en todo el paisaje usando los datos de los TonF.

Fertilidad del suelo: se medirán los parámetros de la fertilidad del suelo para cada parcela y luego se modelarán usando los datos de los TonF y de teledetección, así como la topografía y los mapas geológicos / de suelo.

Biota del suelo: se medirá la abundancia de la biota del suelo y la diversidad funcional para cada parcela y luego se modelará usando los datos de teledetección y de los TonF.

Vertebrados terrestres: igual que para las aves.

Salud de los pastizales: se medirán los parámetros por parcela y después se amplían a través de la simulación de los modelos con imágenes de teledetección.

