



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

CATIE
Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Programa Regional de Cambio Climático de USAID

**Herramienta para
priorizar e implementar**
medidas que generan sinergias
entre adaptación y mitigación
del cambio climático: un enfoque
basado en servicios ecosistémicos

Claudia Medellín
Lenin Corrales
Miguel Cifuentes Jara
Pablo Imbach
Christian Brenes



En coordinación con



Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

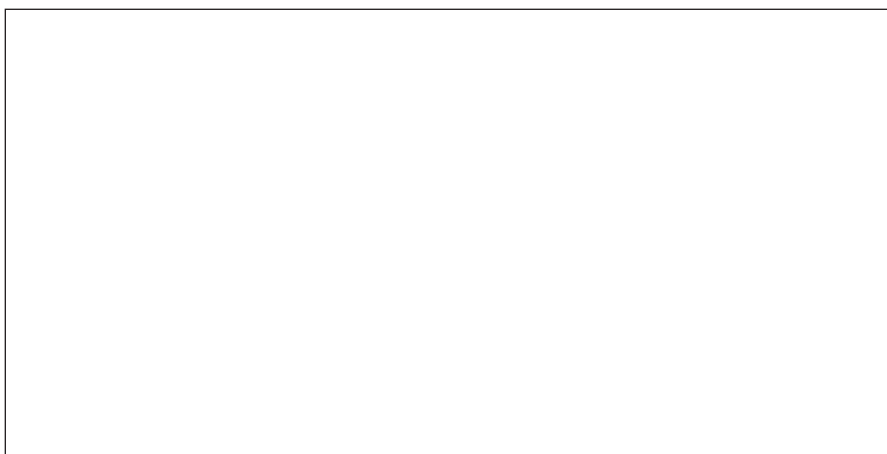
Claudia Medellín
Lenin Corrales
Miguel Cifuentes Jara
Pablo Imbach
Christian Brenes

Turrialba, Costa Rica,
2018

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2018

ISBN



Revisores:

Michael Moya Calderón/Universidad de Costa Rica (UCR)
Christian Herrera Martínez/Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos del Acuerdo Cooperativo No. AID 596-A-13-00002 (Programa de Cambio Climático Regional de USAID), ejecutado por el CATIE con apoyo de IUCN, CARE International y TerraGlobal Capital, LLC. Los contenidos y opiniones expresadas aquí no son responsabilidad del Programa Regional de Cambio Climático y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Citación

Medellín, C; Corrales, L; Cifuentes Jara, M; Imbach, P; Brenes, C. 2018. Herramienta para la priorización e implementación de medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 82 p. (Serie técnica. Informe técnico).

Esta investigación fue desarrollada por la Unidad de Modelado Ecosistémico e Hidrológico del Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático. La Unidad de Modelado está enfocada en la investigación y la asistencia técnica sobre el efecto del cambio global en los ecosistemas, servicios ecosistémicos e implicaciones para la sociedad latinoamericana, mediante el desarrollo y la aplicación de herramientas de modelado biofísico y socioeconómico dirigidas a apoyar la planificación de toma de decisiones y la gestión de proyectos para mitigación y adaptación a la variabilidad y el cambio climático.

Contenido

Acrónimos y siglas	
Introducción y orientación sobre el uso de la herramienta	7
Antecedentes	7
¿Quién puede utilizar la herramienta?	9
Marco conceptual	10
Adaptación y mitigación: diferencias, objetivos en común, sinergias y disyuntivas	10
Sinergias desde la perspectiva de servicios ecosistémicos y beneficios	12
Priorización espacial para maximizar las SAM en función de la oferta y demanda de SE	13
La implementación de SAM paso a paso	14
FASE 1. Preparación	14
Paso 1 Definir el objetivo del proceso y el equipo de trabajo	16
Paso 2 Identificar el contexto en el que se realiza la planificación y sus implicaciones	17
Paso 3 Elaboración del plan de trabajo	18
FASE 2. Identificación de acciones que generan sinergias entre adaptación y mitigación (SAM)	19
Paso 4 Identificación de acciones de interés	19
Paso 5 Identificación de acciones que generan sinergias y su priorización por su factibilidad de implementación	22
Paso 6 Priorización de medidas por factibilidad para su implementación	25
FASE 3. Priorización espacial para la implementación de acciones priorizadas	28
Paso 7 Identificación del efecto de actividades SAM en la oferta de servicios ecosistémicos y su priorización espacial	29
Paso 8 Identificación espacial de la DEMANDA (usuarios) del SE que se mejora o conserva	37
Paso 9a Priorización espacial para maximizar las SAM	42
Paso 9b Análisis comparativo entre diversas actividades y ubicaciones para su implementación: índice SAM	53
FASE 4. Implementación y monitoreo	56
Paso 10 Planificación para la implementación	56
Paso 11 Diseño del sistema de monitoreo y evaluación	59
Paso 12 Implementación de acciones y del sistema de monitoreo	63
Bibliografía	64
Anexos	67

Acrónimos y siglas

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Agencia Alemana para la Cooperación Internacional
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
MEA	Millennium Ecosystem Assessment, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.
PREP	Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes, El Salvador.
REDD+	Reducción de emisiones causadas por la deforestación y degradación forestal
SAM	Sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático
SE	Servicios ecosistémicos
SIG	Sistemas de información geográfica
USAID	United States Agency for International Development, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Introducción y orientación sobre el uso de la herramienta

Antecedentes

Actualmente, muchos países y comunidades enfrentan cambios climáticos que han impactado sus medios y estilos de vida de diferentes maneras. En su quinto informe (2013), el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) advirtió que la producción de gases de efecto invernadero (GEI) ha alcanzado el nivel más alto de la historia. Desde mediados del siglo XX, los GEI han provocado un calentamiento de la atmósfera y los océanos, por lo que han ido desapareciendo grandes extensiones de hielo, lo cual está contribuyendo a un aumento del nivel del mar (IPCC 2014). A la vez, se ha demostrado que los cambios en la temperatura, la precipitación y, en algunos casos, la mayor presencia de eventos extremos, han afectado negativamente la producción de una gran variedad de cultivos en un amplio rango de regiones, alterando el sistema hidrológico y provocando cambios en la distribución y migración de algunas especies (IPCC 2014). La continuidad en la producción de gases de efecto invernadero (GEI) causará en el futuro más aumentos y cambios en los componentes de los sistemas climáticos, tales como el incremento de la temperatura y, muy probablemente, en la ocurrencia de olas de calor, la intensificación de eventos extremos, la acidificación de los mares y océanos y el aumento del nivel medio del mar (IPCC2014).

La respuesta internacional ante el cambio climático se ha dado a través de dos mecanismos complementarios, principalmente: la adaptación y la mitigación. Se debe disminuir la producción de GEI (mitigación) para reducir sus efectos sobre el sistema climático y, de manera paralela, se deben llevar a cabo medidas de adaptación para enfrentar los impactos esperados. Algunos especialistas afirman que las medidas de adaptación solo tienen sentido si su efecto sobre la mitigación es neutral (no aumenta o libera GEI) o, en el mejor de los casos, positivo (reducen la producción de GEI o aumentan su retención); por ello, se deben considerar las interacciones entre mitigación y adaptación para optimizar los procesos y lograr una relación “ganar-ganar” (ADEME 2013).

En los sectores forestal, agrícola y de conservación se identifican acciones que benefician tanto la mitigación como la adaptación y logran una sinergia entre los dos mecanismos. Dicha sinergia se refleja en el mantenimiento de la provisión de los servicios ecosistémicos (SE) y los beneficios que las poblaciones reciben de ellos. Sin embargo, en estos sectores, es poco frecuente que las actividades de adaptación y mitigación se planifiquen considerando posibles sinergias (Locatelli *et al.* 2010, Duguma *et al.* 2014 Harvey *et al.* 2014, citados en Vallejo *et al.* 2016), lo cual limita la eficiencia en el uso de los recursos para enfrentar el cambio climático. Con la implementación de un enfoque de generación de sinergia entre adaptación y mitigación (SAM), se busca “aumentar la efectividad, minimizar costos y asegurar continuidad de producción y/o provisión de servicios al minimizar riesgos” (Duguma *et al.* 2014, citado en Godoy 2017).

La separación entre los dos mecanismos puede deberse al trato individual que la mitigación y la adaptación reciben en el contexto político (Vallejo *et al.* 2016); sin embargo, varios estudios identifican acciones en la ciencia y la política que empiezan a explorar las SAM, considerando oportunidades para la adopción de un enfoque integrado para la gestión del cambio climático (Locatelli *et al.* 2010, Chazarin *et al.* 2014, Obiang-Mbomio y Pérez-Terran 2014, Pramova *et al.* 2015 citados en Vallejo 2016). Ejemplo de lo anterior es el reconocimiento de las SAM en el Acuerdo de París, donde se recomienda utilizar el enfoque conjunto entre adaptación y mitigación para el manejo forestal sostenible e integral y, además, se incentiva a financiar su implementación a través de mecanismos internacionales como el Fondo Verde del Clima (Leonard *et al.* 2016 citado en Godoy 2017). En el sector forestal, en el contexto de proyectos de reducción de emisiones causadas por la deforestación y degradación forestal (REDD+), los proyectos de carbono incluyen criterios sociales y ambientales, demostrando la pertinencia de integrar la adaptación en REDD+ (Vallejo *et al.* 2016). De acuerdo con Vignola *et al.* (2009), una manera de fortalecer las sinergias entre mitigación y adaptación es desarrollar e implementar guías y estándares en proyectos de mitigación para considerar su contribución a la adaptación.

Al generar SAM a través de programas o proyectos, podemos incrementar su aceptación por parte de las personas involucradas y su compromiso en el largo plazo; aumentar la eficiencia en el uso limitado de los recursos disponibles a través de la generación de múltiples beneficios (Leonard *et al.* 2016, Locatelli 2016 citados en Godoy 2017); y eludir disyuntivas o efectos negativos de las medidas de adaptación sobre las de mitigación o viceversa, evitando impactos perjudiciales para la biodiversidad o los seres humanos (Duguma *et al.* 2014).

El Programa Regional de Cambio Climático de USAID, ejecutado por el CATIE, identificó la necesidad de generar insumos que aporten a establecer directrices, tanto conceptuales como metodológicas, para facilitar la planificación y lograr la implementación efectiva de medidas SAM en el contexto regional. Como parte de esta iniciativa surgen varios documentos, entre ellos: el concepto y propuesta de acción de sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático en los sectores agrícola y forestal (Vallejo *et al.* 2016), priorización de paisajes para fomentar sinergias entre adaptación y mitigación al cambio climático en áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad (Herrera *et al.* 2016) y la presente herramienta.

El objetivo de esta herramienta es contribuir al proceso de planificación de programas, proyectos u otras iniciativas en el contexto de la gestión de recursos naturales para identificar medidas y actividades que generen sinergias entre adaptación y mitigación, priorizar espacialmente los sitios donde la sinergia se maximice y, al mismo tiempo, aumentar los beneficios provenientes de los servicios ecosistémicos (SE).

¿Quién puede utilizar la herramienta?

Esta herramienta puede utilizarse tanto en procesos de planificación estratégica –de tipo general y de largo plazo, que tiene como finalidad básica el establecimiento de guías de acción o estrategias–, como en procesos de planificación operativa –enfocados en el corto o mediano plazo, en implementar las acciones para alcanzar lo propuesto en las estrategias–; en el contexto de identificación de prioridades a nivel nacional; en la planificación territorial o en un proyecto específico interesados en implementar el enfoque de SAM. Una gran gama de usuarios puede utilizar esta herramienta, desde instituciones gubernamentales hasta grupos locales u organismos no gubernamentales (ONG). La herramienta puede adaptarse a diferentes escalas de trabajo, desde lo nacional hasta lo local. Además, puede utilizarse para vincular procesos de adaptación y mitigación ya iniciados que busquen lograr sinergias a pesar de haber sido diseñados para abordarlos por separado.

Los requisitos para utilizar esta herramienta consisten en centrarse en la temática de interés, es decir, ejecutarse en el contexto de la gestión de recursos naturales y contar con acceso o capacidad para generar información geográfica y procesarla a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Marco conceptual

Adaptación y mitigación: diferencias, objetivos en común, sinergias y disyuntivas

10

Como se ha mencionado, los mecanismos de adaptación y mitigación son complementarios para enfrentar el cambio climático, aunque cada uno tiene una finalidad específica (Cuadro 1). Se define adaptación como “la acción que evita los impactos no deseados del cambio climático, y que además puede ser una forma de mantener o mejorar la resiliencia del ecosistema ante una o múltiples estresores” (Convención en Diversidad Biológica 2005, citada en Berry *et al.* 2015). Por su parte, la mitigación se entiende como cualquier acción cuyo fin sea lograr la reducción neta de emisiones de GEI o el aumento y la protección de sumideros de carbono (Berry *et al.* 2015).

Cuadro 1. Diferencias principales entre adaptación y mitigación.

	Adaptación	Mitigación
Objetivos	Abordar el impacto del cambio climático	Abordar la causa del cambio climático (acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera)
Escala espacial	De importancia local, ya que la adaptación principalmente provee beneficios a escala local	De importancia internacional, ya que la mitigación provee beneficios globales
Escala temporal	La adaptación puede tener efecto en el corto plazo en la reducción de la vulnerabilidad	La mitigación tiene efecto en el largo plazo para revertir el sistema climático al reducir emisiones de GEI en la atmósfera
Sectores	Adaptación tiene prioridad en los sectores de salud, manejo del recurso hídrico y en áreas costeras o zonas de baja altitud	Las prioridades para mitigación son los sectores de energía, transporte, industria y manejo de residuos.
	Los dos son relevantes para los sectores forestal y agrícola	

Fuente: Tomado de Locatelli *et al.* (2011).

A pesar de sus diferencias, la adaptación y la mitigación también tienen características en común, como el objetivo final de contribuir al desarrollo sustentable (Locatelli *et al.* 2011). Algunos autores apoyan que la adaptación y la mitigación se busquen de manera simultánea, debido a su complementariedad, en busca de una situación “ganar-ganar” (Locatelli *et al.* 2011).

Las sinergias entre adaptación y mitigación son definidas en el estudio de Vallejo *et al.* (2016) como “las interrelaciones entre la adaptación y la mitigación del cambio climático, reflejadas en decisiones y acciones planificadas y sujetas a monitoreo y evaluación”. En un sentido práctico la sinergia es creada cuando las acciones o medidas que controlan las concentraciones de GEI también reducen efectos adversos del cambio climático o viceversa (Duguma 2014).

Por el contrario, la disyuntiva se presenta cuando una actividad genera impactos negativos o en contra de la efectividad de la adaptación y la mitigación o viceversa (Willbanks *et al.* 2007, citado en Vallejo *et al.* 2016). Por ejemplo, algunas medidas de mitigación a gran escala, como plantaciones comerciales forestales que podrían impactar la seguridad alimentaria de la población (Locatelli 2015, citado en Godoy 2017); la utilización de agroquímicos para aumentar la productividad agrícola como medida de adaptación al cambio climático, que resulta en una mayor emisión de GEI (Harvey *et al.* 2013, citado en Godoy 2017) y posible contaminación de afluentes de agua para consumo humano. Planificar acciones de adaptación y mitigación de manera conjunta, buscando las SAM, aumenta la posibilidad de identificar conflictos y tomar decisiones de manera consciente e informada para evitar dichas disyuntivas o minimizarlas.

La implementación de las SAM puede generar beneficios adicionales, entre ellas:

- Mejoramiento de la eficiencia relativa al costo del diseño e implementación de medidas conjuntas.
- Oportunidad de trabajar con sistemas completos y aprovechar sus propiedades emergentes en un contexto de cambio climático.
- Posibilidad de abordar el desarrollo sostenible bajo un enfoque integral a nivel local.
- Posibilidad de controlar y balancear los efectos negativos de estrategias separadas.

Tomado de: Vallejo *et al.* (2016).

Las sinergias entre adaptación y mitigación se manifiestan particularmente en actividades relacionadas con el manejo del suelo, como los sectores forestal y agrícola (Locatelli *et al.* 2015, Harvey *et al.* 2014, Thuy *et al.* 2014 citados en Locatelli *et al.* 2015). Las prácticas desarrolladas en dichos sectores son relevantes para la mitigación porque pueden liberar o almacenar carbono (dependiendo de la actividad, p.ej. deforestación o reforestación), mientras que pueden contribuir a la adaptación social, a través de la provisión de servicios ecosistémicos como la regulación de inundación en una cuenca debido a la cobertura forestal o la protección contra tormentas en la costa por los manglares (Pramova *et al.* 2012 citado en Locatelli *et al.* 2015).

Sinergias desde la perspectiva de servicios ecosistémicos y beneficios

A nivel ecológico y de paisajes, las sinergias se pueden entender como propiedades emergentes de los ecosistemas, que pueden ser medidas como las magnitudes de provisión de los servicios ecosistémicos (SE). De acuerdo con lo propuesto en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés; MEA 2003), se define como servicio ecosistémico (SE) los beneficios que obtienen los humanos de la naturaleza. Estos beneficios pueden ser disfrutados, consumidos o usados con el fin de alcanzar el bienestar humano, en cuyo caso se conocen como servicios ecosistémicos finales (Boyd y Banzhaf 2007, citado en Buckard *et al.* 2012).

Para el estudio y entendimiento de los Servicios Ecosistémicos se han desarrollado diferentes marcos de referencia que definen y agrupan los diferentes tipos de servicios. El marco propuesto por la MEA identifica cuatro grupos¹:

- i. Servicios de apoyo: aquellos necesarios para la producción de los demás servicios ecosistémicos. Por ejemplo, formación de suelo, ciclos de los nutrientes, producción de materias primas.
- ii. Servicios de aprovisionamiento: productos que se obtienen de los ecosistemas. Por ejemplo: alimentos, agua potable, leña, fibras, bioquímicos, recursos genéticos.
- iii. Servicios de regulación: beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas. Incluyen: regulación del clima, regulación de las enfermedades, regulación del agua, purificación del agua.
- iv. Servicios culturales: beneficios intangibles que se obtienen de los ecosistemas. Entre ellos: de recreación y turismo, de inspiración, espirituales y religiosos, estéticos, herencia cultural, y sentido de identidad y pertinencia (MEA 2003).

12

La **oferta** de servicios ecosistémicos corresponde a la capacidad que presenta un área en particular para proporcionar un conjunto específico de bienes y servicios dentro de un periodo de tiempo dado. La provisión de SE depende de la condición biofísica del ecosistema (integridad ecológica) y los cambios en el espacio y tiempo debido a cambios en uso del suelo por actividades humanas (Buckard *et al.* 2012).

La **demanda** por servicios ecosistémicos consiste en la suma de todos los bienes y servicios del ecosistema que se consumen o utilizan en un sitio específico en un tiempo dado (Buckard *et al.* 2012). El bienestar humano (económico, social o personal) está basado en los beneficios derivados del actual uso que las personas dan a los SE, y este uso determina la demanda (Buckard *et al.* 2012; Figura 1). Por definición, un SE solo existe si hay un beneficiario (en este caso humano); sin beneficiarios humanos, los procesos y funciones ecosistémicos no son servicios (Buckard *et al.* 2012).

En medidas relacionadas con el manejo de recursos naturales, las SAM deberán mejorar la provisión del SE en sitios donde los usuarios se benefician de esas mejoras. Siguiendo lo propuesto por Locatelli *et al.* (2013), las prioridades para conservar o restaurar SE pueden mapearse según criterios de provisión, su flujo en el paisaje, y su demanda; se asume que pueden priorizarse sitios donde se maximice las SAM utilizando los mismos criterios.

¹ A partir de la clasificación anterior han surgido adaptaciones y nuevas propuestas; entre ellas, cabe mencionar la propuesta por el proyecto Economía de Ecosistemas y Biodiversidad (TEBB, por sus siglas en inglés - <http://www.teebweb.org/> Consultado ene. 2017) y la establecida por La Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos (CICES, por sus siglas en inglés - <https://cices.eu/> Consultado ene. 2017). En el Anexo 1 se muestra una comparación de las tres clasificaciones mencionadas

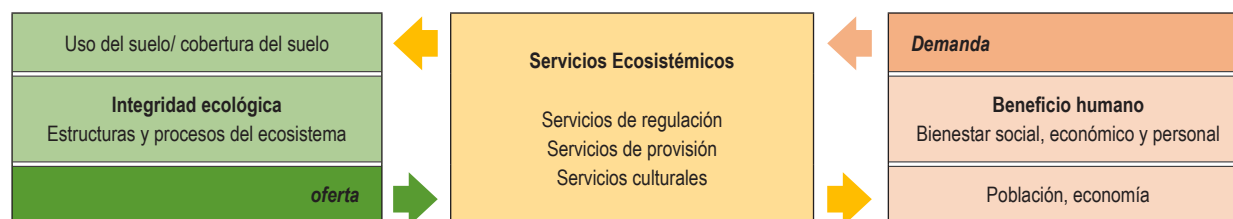


Figura 1

Marco conceptual que enlaza la integridad ecológica, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano.

Tomado de Buckard *et al.* 2012

La distribución espacial de la provisión de los servicios depende de la distribución del uso y la cobertura del suelo y de la capacidad de producción del servicio de cada ecosistema. La demanda dependerá de la ubicación de los usuarios del SE de interés en el territorio. Además, debe considerarse el flujo del SE cuando este no es producido y consumido en el mismo sitio. La forma en que fluye el servicio define el método que se utilizará para priorizar sitios donde se maximice las SAM. Por ejemplo, en casos donde se han priorizado sitios para conservar o restaurar servicios hidrológicos (donde el servicio fluye cuenca abajo en un contexto de cuenca), se ha utilizado la red de drenajes de la cuencas (González *et al.* 2008, Leguía *et al.* 2008a, 2008b, Locatelli *et al.* 2010, 2013).

Priorización espacial para maximizar las SAM en función de la oferta y demanda de SE

Para realizar la priorización espacial considerando varios factores existen diferentes métodos y decisiones. Es importante considerar que la mayoría de los problemas de geografía humana carecen de una respuesta única, y que “esta se encuentra altamente vinculada a lo que el investigador está dispuesto a buscar y a la forma con la cual ordenará los hechos de la realidad” (Haggett 1977, citado en Buzai y Baxendale 2006). Por ello, esta herramienta busca reflexionar sobre el abordaje geográfico de la oferta y la demanda de los SE y proporcionar algunos ejemplos de la identificación de áreas prioritarias (para conservación, restauración, u otras medidas), donde se maximice las SAM, considerando la oferta y demanda de los SE, sin que estos sean necesariamente los únicos o los más adecuados en todos los casos.

Existen diversas alternativas para el uso de la tecnología SIG como herramienta de apoyo en la toma de decisiones que incluyen el componente geográfico (Buzai y Baxendale 2006). La superposición temática de un mapa raster en SIG que consiste en el cruce de categorías de forma tabular, considerando una nueva categoría para cada combinación definida (Buzai y Baxendale 2006). Dicha operación es conocida como “álgebra de mapas”. El resultado del cruce puede ser el resultado de una operación aritmética: en esta herramienta utilizaremos la multiplicación.

Existen algunos estudios en la región centroamericana que proveen información sobre áreas prioritarias para conservación y restauración con énfasis en algún servicio ecosistémico; por ejemplo, Legía (2006) y Legía *et al.* (2008a, 2008b) identifican ecosistemas forestales que proveen SE importantes para la adaptación del sector hidroenergético en Nicaragua y Costa Rica, respectivamente.

La implementación de SAM paso a paso

En esta sección, describimos cada uno de los pasos que conforman las cuatro fases de esta herramienta. Se contempla un total de 12 pasos, mediante los cuales se busca implementar acciones SAM en los sectores relacionados con el manejo de recursos naturales. La Fase 1 se centra en establecer los lineamientos básicos del proceso; la Fase 2, en la identificación de acciones que generan SAM y acciones complementarias, y la definición de cuáles son factibles; la Fase 3 incluye los pasos a seguir para priorizar espacialmente los sitios donde se maximizan las SAM; y la Fase 4 se enfoca en lo necesario para implementar la acción en campo y su monitoreo (Figura 2).

Abordaremos los pasos a partir de tres preguntas: ¿qué hacer?, ¿cómo hacerlo? y ¿cuáles son los resultados esperados? Se incluyen además ejemplos y, en algunos casos, añadimos formatos que facilitan la captura y el análisis de la información. Cabe anotar que los mapas utilizados para ilustrar el proceso de priorización espacial para maximizar las SAM y el análisis comparativo entre distintos sitios fueron elaborados con fines didácticos y no representan un producto validado por autoridades o representantes de los países (Honduras y El Salvador), por lo que no recomendamos su uso con un fin distinto al ilustrativo.

FASE I. Preparación

La Fase 1 está constituido por tres pasos que se centran en definir el objetivo del proceso, identificar el contexto del trabajo y definir el plan a seguir (Figura 3). A continuación, desarrollamos cada uno de esos pasos, brindando explicaciones de qué hacer, cómo hacerlo y cuáles son los resultados esperados.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

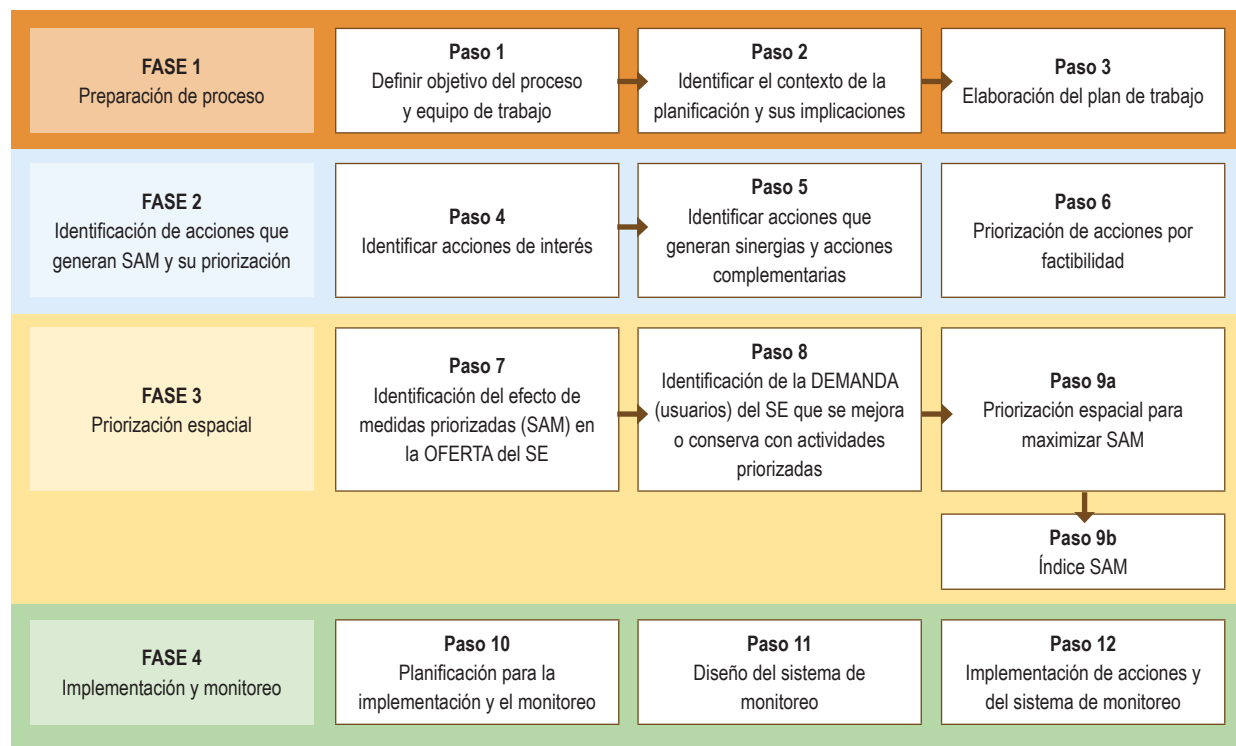


Figura 2. Fases y pasos contemplados en la herramienta para apoyar la identificación e implementación de medidas o actividades SAM.

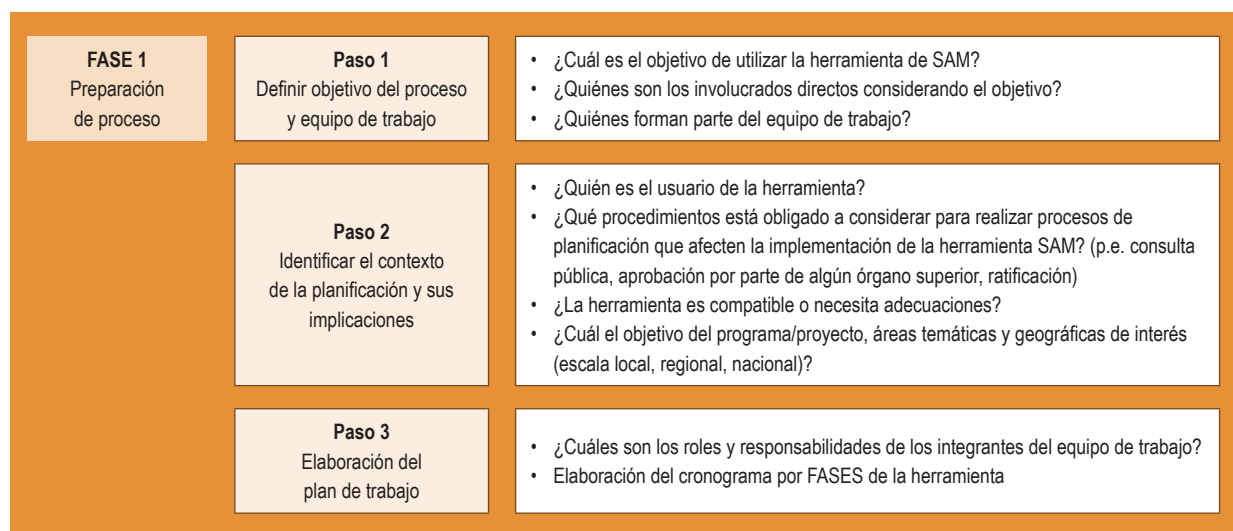


Figura 3 Pasos considerados en la fase 1 y principales preguntas a responder en cada uno de ellos

Paso 1 Definir el objetivo del proceso y el equipo de trabajo

¿Qué hacer?

Una vez que se decidió utilizar la herramienta para la planificación de actividades o medidas que generan SAM, el primer paso es definir cuál es el objetivo que se busca cumplir con su uso y formar el equipo de trabajo encargado de implementar el proceso.

¿Cómo hacerlo?

Para definir el objetivo por alcanzar, debemos responder a las siguientes preguntas: ¿qué queremos lograr?, ¿cómo? y ¿para qué? Generalmente, el objetivo empieza por un verbo en infinitivo; p. ej., “Asegurar que al menos el 80% de las actividades que promueve el proyecto generen sinergias entre la adaptación y mitigación al cambio climático, utilizando la herramienta de identificación y priorización de sitios para implementación de actividades que producen SAM, para alcanzar un uso eficiente de los recursos disponibles y eliminar medidas que generan disyuntivas entre mitigación y adaptación”.

Idealmente, el equipo de trabajo debe estar formado por personal de la institución o instituciones responsables del proceso, ya sea del gobierno u ONG. El equipo de trabajo puede incluir expertos en la temática de interés, así como representantes de la sociedad civil. El tamaño del grupo de trabajo dependerá de la complejidad del programa o proyecto, de si existen diferentes temáticas de interés o es un proyecto focalizado en un solo tema, o de si se implementa en una iniciativa multisectorial o multiinstitucional. Sin embargo, se recomienda considerar al menos los siguientes roles en la formación del equipo:

- Líder o coordinador del equipo
- Responsable de bitácoras de reuniones y acuerdos
- Representante del área administrativa/financiera del programa o proyecto
- Responsable de logística
- Responsable de gestión de información
- Responsable procesamiento de información espacial
- Responsable de planificación por tema de interés
- Especialistas temáticos
- Otros de interés de acuerdo con los procedimientos propios de la institución y el grado de complejidad del contexto.

Una vez identificados los miembros del equipo de trabajo, se requiere socializar la herramienta entre ellos y garantizar que todos conozcan el enfoque utilizado, basado en la provisión de servicios ecosistémicos y la demanda de los mismos (usuarios). Al socializar la herramienta, se recomienda informar sobre cuál será la dinámica por seguir. Lo anterior puede realizarse en una sesión de trabajo donde se presente la herramienta y se confirme la formación del equipo de trabajo.

Es fundamental que el grupo de trabajo responsable tenga un sentido de pertenencia y compromiso en la planificación de acciones de SAM a través del uso de la herramienta.

Resultados esperados

Se establece el objetivo del proceso.

Se define y establece por escrito quiénes conforman el equipo de trabajo, así como sus principales roles (Anexo 2).

Paso 2 Identificar el contexto en el que se realiza la planificación y sus implicaciones

¿Qué hacer?

Identificar qué implicaciones tiene el contexto en el desarrollo del proceso de planificación de SAM.

¿Cómo hacerlo?

Contestar la siguiente serie de preguntas que definen el contexto de implementación e identificar sus implicaciones para el proceso de planificación de acciones SAM.

Contexto de la planificación para apoyar la identificación e implementación de medidas o actividades SAM

Usuario. Se busca describir brevemente el tipo de usuario y sus implicaciones para la planificación. Algunas preguntas clave son: ¿Quién es el usuario de la herramienta? ¿Qué procedimientos está obligado a cumplir? ¿El uso de la herramienta es compatible con los procesos de planificación establecidos?

Programa, proyecto o iniciativa. Identificar características del programa/proyecto en el marco del cual se utiliza la herramienta SAM, para asegurar la congruencia entre lo planteado en la iniciativa y la planificación de actividades SAM. ¿Cuál es la temática de interés? ¿Cuál es el objetivo del programa, proyecto o iniciativa? ¿Existen metas establecidas? ¿Cuál es la escala temporal y espacial (¿Nacional, regional, municipio, comunidad, etc.)? ¿Cuál es el área geográfica de interés? ¿Es posible incluir otras áreas geográficas? ¿Existen actividades ya definidas? ¿Cuál es el mecanismo de implementación de las acciones consideradas? ¿Se cuenta con fondos para el uso de la herramienta SAM?

Socios. Identificar los socios o grupos de interés del programa/proyecto, especialmente si el proceso de uso de la herramienta se realizará de manera participativa. Será fundamental incluir representantes de estas organizaciones o socios como apoyo en algunos pasos de la herramienta (p.ej., en el Paso 5 para identificar beneficios o disyuntivas). ¿Cuáles son las principales organizaciones socias o grupos de interés?

La definición del contexto puede realizarse en una sesión de trabajo o taller entre los integrantes del equipo de trabajo. También puede ser asignada a una persona o grupo más reducido si reunir al equipo resultara complejo, para que el grupo la revise más tarde, especialmente en lo referente a las implicaciones para la implementación de la herramienta.

En la práctica puede suponer diferencia si la herramienta es utilizada por una institución gubernamental en la cual existen protocolos establecidos para la planificación, o si es implementada por una ONG local con mayor autonomía para decidir cómo planificar. De igual manera, si la planificación de acciones SAM se realiza en el

contexto de un programa nacional –por ejemplo, un Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador– o como parte de un plan de manejo de cuenca –por ejemplo, el Plan de Ordenamiento y Manejo Integral de los Recursos Naturales de la Subcuenca del Río Hombre en Honduras²–, las implicaciones son distintas.

Resultados esperados

Ficha de contexto, donde se resume la información de contexto y sus implicaciones en la implementación de SAM (Anexo 3).

Saber si el uso de la herramienta es compatible con procesos de planificación establecidos dentro de la institución o si es necesario realizar ajustes, en cuyo caso deberá identificarse al responsable de llevarlos a cabo.

Paso 3 Elaboración del plan de trabajo

¿Qué hacer?

El uso de la herramienta de SAM requiere la participación de un equipo de trabajo cuyos miembros por lo regular deben atender otras responsabilidades; por eso, para alcanzar el objetivo de usar la herramienta es fundamental organizarse. Una vez conformado el equipo de trabajo e identificado el contexto, el siguiente paso es elaborar el plan de trabajo que guiará su uso.

¿Cómo hacerlo?

El plan de trabajo debe contener al menos la siguiente información: i) antecedentes, ii) objetivo, iii) equipo de trabajo, iv) actividades y responsables y v) cronograma de trabajo.

Lo ideal es elaborar el plan de trabajo con la participación de todos los miembros del equipo, especialmente la definición de las actividades y el cronograma. Si es necesario, se puede realizar un plan de trabajo independiente por temática de interés, y revisar que todos los planes sean congruentes entre sí.

Resultados esperados

Un documento, preferiblemente sencillo, que describa el plan de trabajo según el contexto de planificación. El cronograma puede organizarse de acuerdo con las FASES propuestas por la metodología (Anexo 4).

² Ver el Plan de Ordenamiento y Manejo Integral de los Recursos Naturales de la Subcuenca del Río Hombre en Honduras como ejemplo de un posible contexto para el uso de la herramienta. Disponible en: <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/plan-de-ordenacion-y-manejo-integral-de-los-recursos-naturales-de-la-subcuenca-rio-del-hombre1.pdf> Consultado ene. 2018

FASE 2. Identificación de acciones que generan sinergias entre adaptación y mitigación (SAM)

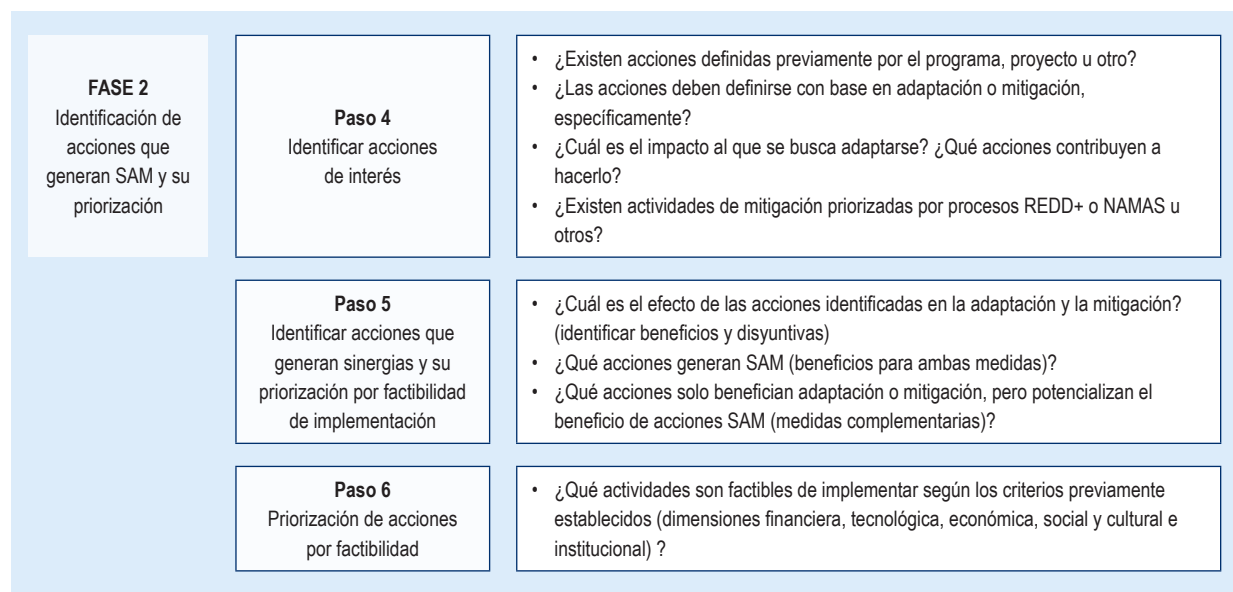


Figura 4
Pasos considerados en la Fase 2 y principales preguntas por responder en cada uno.

Paso 4 Identificación de acciones de interés

¿Qué hacer?

Identificar acciones que respondan al objetivo del programa/proyecto que contribuyan a la adaptación y/o mitigación del cambio climático.

¿Cómo hacerlo?

Dependiendo del contexto en el que se ejecute la planificación, las actividades pueden estar ya definidas o haber un interés específico para abordar acciones desde la perspectiva de adaptación o mitigación.

Actividades ya establecidas por el programa, proyecto u otro

Compilar la información sobre las actividades que ha priorizado o seleccionado el programa/proyecto, incluyendo nombre, descripción, y responsable de la implementación.

A partir de beneficio a la adaptación al cambio climático

Si el proyecto/programa no ha identificado acciones específicas, será necesario hacerlo. Dichas actividades pueden determinarse a partir del beneficio que se genera para la adaptación. Para identificarlas, lo primero es tener muy claro cuál es el impacto del cambio climático al que se busca adaptarse. Por ejemplo, al aumento de vientos fuertes en la cuenca del río Jalponga en El Salvador (CATIE 2014); el perjuicio económico debido a la

pérdida de cultivos de granos básicos; o a la seguridad alimentaria del corredor seco Centroamericano, afectada por las pérdidas de cultivos temporales causadas por periodos de sequía más largos, o a la mayor presencia de plagas y enfermedades. Las preguntas clave son ¿quién se adapta? y ¿a qué se adapta?

En el siguiente cuadro encontramos un ejemplo de los cambios observados en el clima y sus impactos sobre la producción de café y la provisión de agua en la cuenca media del río Pirrís, en Costa Rica. La información fue elaborada de forma participativa durante la elaboración de la Estrategia Local de Adaptación al Cambio Climático en la cuenca media (CATIE 2014; Anexo 5).

Cuadro 2. Impactos observados de cambios en el clima sobre la cuenca media del río Pirrís, Costa Rica.

Cambios observados en el clima	Los impactos identificados del cambio climático	
	Caficultura	Provisión de agua
Lluvias esporádicas en abril	Se afecta la maduración, la pulpa se seca, aparecen enfermedades, en época de cosecha se afecta la siguiente floración.	Baja el caudal; la disponibilidad de agua en las nacientes es baja.
Lluvias más intensas	Aumentan las plagas, enfermedades y pudrición de raíces; aumento en el uso y escurrimiento de agroquímicos; empeoran las propiedades del café: cuerpo, aroma, taza y acidez; se dificulta el acceso para cosechar y sacar la producción.	Aumenta la disponibilidad, pero también los sedimentos; hay pérdida de infraestructura.
Aumento en temperatura	Las plantas se deshidratan y debilitan; aumentan plagas y enfermedades.	Baja el caudal en las nacientes; aumentan las bacterias, el pH baja.
Extensión de la canícula y veranillo	Aumenta el número de plantas por reponer en la siembra; los cafetos pierden hojas y flores; se afecta la cosecha.	Baja el caudal en las nacientes; aumentan las bacterias, el pH baja.
Vientos más fuertes	El suelo se erosiona; daños a cafetales e infraestructura.	Pérdida de infraestructura.

Fuente: tomado de CATIE (2014).

Los impactos se pueden identificar con base en un análisis histórico que muestre la tendencia de los cambios en el clima y luego identificar cómo estos cambios han impactado al grupo o sector de interés del programa/proyecto. Es recomendable hacerlo a través de un proceso participativo (talleres de consulta) que involucre expertos en el tema y, de preferencia, representantes de quienes sufren los impactos (p.ej., productores de granos básicos del corredor seco Centroamericano) y de quienes implementaran las acciones. No obstante, en muchos casos, dependiendo el tema de interés, ya existe información documentada que recopila el esfuerzo de procesos participativos e investigación referente a impactos del cambio climático y acciones clave. Si hay suficientes datos, no será necesario invertir tiempo y esfuerzo en volver a hacer talleres.

Las principales preguntas por responder son: ¿Cómo ha cambiado el clima en los últimos años? (comparando los últimos 20 a 30 años con años anteriores), ¿Cómo han afectado los cambios al objeto de interés del proyecto (p.ej., pequeños agricultores, productores de café, ganaderos, población en general, etc.), ¿Qué acciones o aspectos clave contribuyen a disminuir el impacto? ¿Qué acciones son factibles considerando fondos, capacidades técnicas y logísticas? (CATIE 2014; Anexo 5).

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Prosiguiendo con el ejemplo de la cuenca media del río Pirrís –donde se identificaron los impactos del cambio climático y se definió que el objeto de adaptación es la actividad cafetalera y los productores de café–, podemos ver en el siguiente cuadro ejemplos de posibles medidas para contribuir a la adaptación.

A pesar de que el enfoque de esta herramienta radica en medidas implementadas en el contexto del manejo de los recursos naturales, que podrían ser consideradas como adaptación basada en ecosistemas (AbE), hay medidas que, aunque no son de manejo de recursos naturales, sino enfocados en mejorar el aspecto humano, social o de infraestructura, que complementan y potencializan los beneficios derivados de las medidas de AbE. Por esta razón se recomienda que la identificación de acciones incluya aquellas bajo el enfoque de adaptación basada en la comunidad, sobre todo si el programa/proyecto está en posibilidad de implementarlas. Si el programa no está en posibilidad de implementarlas, se podría recurrir al apoyo de socios claves.

Identificación de medidas de interés			
Nombre de medida/actividad	Descripción	Identificar si es:	
		AbE*	AbC* otro
Abonos orgánicos	Uso de abonos orgánicos e incorporación de materia orgánica en el suelo para mejorar su fertilidad.	x	
Cercas vivas	Uso de cercas vivas como protección frente a los vientos y para evitar la erosión y los deslaves en zonas de caminos.	x	
Renovación de cafetales	Renovar cafetales con variedades mejoradas.	x	
Prácticas de conservación de suelos	Elaborar terrazas para evitar el arrastre de suelo ante lluvias fuertes.	x	
Emprendimientos empresariales	Capacitación empresarial a productores de café.		x
Protección de área cerca a fuentes de agua	Conservación de bosques cuenca arriba de las fuentes de agua de la comunidad.	x	
Infraestructura de acueductos	Mejorar la infraestructura de los acueductos locales.		x

Fuente: tomado de CATIE (2014). * AbE: adaptación basada en ecosistemas, AbC: adaptación basada en comunidad.

A partir de acciones para mitigar el cambio climático

En algunos casos, es necesario abordar la planificación desde la óptica de la mitigación del cambio climático, sobre todo si el programa/proyecto es financiado con fondos que buscan este objetivo. Las principales preguntas por responder son: ¿Qué actividades contribuyen a la implementación de medidas REDD priorizadas por el país? ¿Existen acciones priorizadas en las NAMA (forestal, agropecuario)? ¿Cuáles son las principales fuentes de emisión y sumideros de los sectores de agricultura, silvicultura y otros usos del suelo?

Si el contexto del proyecto permite identificar acciones desde las perspectivas de adaptación y mitigación, es recomendable hacerlo. Si el programa/proyecto solo permite un punto de entrada, las SAM posibles se identifican a partir de este.

Medidas REDD+

- Reducción de las emisiones debidas a la **deforestación**
- Reducción de emisiones debidas a la **degradación forestal**
- **Conservación** de reservas forestales de carbono
- **Manejo forestal** sostenible
- **Incremento** de las reservas forestales de carbono

Resultados esperados

Lo ideal es contar con una lista de las actividades que el programa/proyecto podría promover o implementar, tomando en cuenta sus capacidades económicas, técnicas y logísticas, así como las restricciones administrativas del caso (p.ej., en algunos casos el uso de fondos de gobierno o cooperación internacional es restringido a cierto tipo de actividades).

Paso 5 Identificación de acciones que generan sinergias y su priorización por su factibilidad de implementación

¿Qué hacer?

Describir los efectos de las medidas identificadas en el paso anterior en ambos contextos, adaptación y mitigación del cambio climático, para identificar si existen sinergias entre ambas, solo aportan a una de las dos o si existen disyuntivas.

¿Cómo hacerlo?

Para identificar actividades que generen SAM, el primer paso es describir los efectos de cada una de las actividades sobre la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo. La manera más simple de hacerlo es a partir de una matriz que muestre las actividades en las filas, y en las columnas la adaptación y la mitigación.

En el Cuadro 3, podemos identificar ejemplos de medidas que generan efectos positivos tanto para la adaptación como para la mitigación (en verde); y un ejemplo de disyuntiva (en rojo), donde la medida de adaptación genera un efecto negativo en la mitigación del cambio climático. Algunas actividades (en amarillo) no generan sinergias ni disyuntivas implícitas (p.ej., la capacitación de productores que favorece la adaptación, pero no directamente a la mitigación); sin embargo, es necesario responder a la siguiente pregunta: ¿implementar la medida complementa o potencializa el efecto de actividades que generan sinergias? Si la respuesta es positiva (en morado), es altamente recomendable implementarla para complementar las medidas SAM. En el caso descrito, capacitar a los productores sobre el uso y procesamiento de frutos de árboles utilizados en reforestación o sistemas silvopastoriles complementa la medida de reforestar o establecer esos sistemas y podría contribuir a su sostenibilidad a través del tiempo.

Las medidas que generan disyuntivas se eliminan en el contexto de implementación de la herramienta SAM; sin embargo, en el contexto general del programa o iniciativa, su establecimiento debe ser cuidadosamente evaluado. Podría ser preferible evitarla o considerar medidas compensatorias.

Resultados

La matriz donde se identifican las medidas u acciones identificadas, sus efectos para la adaptación o mitigación y si hay sinergias o disyuntivas, así como identificación de medidas complementarias a medidas SAM (Anexo 6).

Cuadro 3. Ejemplos de medidas y sus efectos en la mitigación/adaptación para la identificación de SAM, disyuntivas o complementariedad a SAM

Medida	Si es una medida de adaptación identificar si es		Implicaciones para la adaptación	Implicaciones para la mitigación	SAM	Disyuntiva	Potencializa el beneficio en la adaptación
	AbE	AbC/ otro					
Aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados para compensar las pérdidas potenciales de rendimiento ¹	NA	NA	Aumento en la productividad ¹	Aumento de emisiones generadas durante la aplicación de fertilizantes sintético ¹		x	
Conservación y restauración de humedales costeros y manglares ¹	x		Disminuye el impacto de tormentas y la erosión, genera hábitat a especies y anidamiento de peces, producción de productos o maderables y no maderables ¹	Aumenta el carbono en biomasa y en el suelo ¹	x		
Conservación de humedales ¹	x		Regulación del flujo del agua, filtración de agua ¹	Aumento en el almacenamiento de carbono en turbas y sedimentos ¹	x		
Conservación de bosques y biodiversidad	x		Posible aumento en la polinización, protección de cuenca, mejores medios de vida para comunidades locales ^{1a}	Aumento en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo ¹	x		
Restauración y conservación de corredores forestales, incluyendo bosque de galería ¹	x		Protección contra inundaciones y deslizamientos, conservación de aguas y pesquerías, control de pesticidas, conservación de biodiversidad ¹	Aumento en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo ¹	x		
reforestación con especies nativas y diversas especies de árboles ¹	x		protección de hábitat y especies, control de flujo y preservación de suelos ¹	aumento en el almacenamiento de carbono ¹	x		
Barreras cortavientos ¹	x		Reducción de erosión por viento, protección de cultivos, ingresos por productos forestales ^{1b}	Aumento en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo ¹	x		
Manejo integrado de incendios ¹	x	x	Reducción de daños por incendios forestales ¹	Aumento en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo ¹ , disminuye la generación de gases efecto invernadero	x		
Menor uso de fertilizantes nitrogenados ¹	x	x	Menor dependencia de insumos externos, reducción de costos ¹	Reducción de emisiones de GEI causadas por la producción de fertilizantes ¹	x		

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Diversificación de ingresos con árboles o productos forestales en sistemas silvopastoriles ^{1c}	x		Menor incertidumbre en cuanto al impacto del tiempo y el clima en los cultivos o actividades con diferentes sensibilidades, menor vulnerabilidad de los agricultores a problemas en mercado al no depender de un solo producto ¹ . mejor nutrición para ganado utilizando bancos de forraje	Aumento en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo ¹	x		
Prácticas para aumentar el almacenamiento de carbono en suelos ¹	x		Reducción de la erosión y contaminación del agua, mejor función biológica del suelo, mayor retención de agua en el suelo ¹	Almacenamiento de carbono en el suelo ¹	x		
Desalinización, reutilización del agua, bombeo de agua subterránea, transferencia de agua entre cuencas ^{1d}		x	Proporciona agua a comunidades que han visto afectada la provisión del servicio ¹	Posible aumento en la generación de GEI ¹		x	
Reforestación o aforestación con especies no nativas o altamente demandantes de agua ¹	x		Competencia por suministros de agua, pérdida de biodiversidad servicios ecosistémicos limitados ^{1e}	Aumento en almacenamiento de carbono		x	
Sustitución de carbón por combustible bajos en carbono ¹	NA	NA	Reducción de medios de vida de las poblaciones que viven de la minería del carbón, lo que aumenta su vulnerabilidad potencial ¹	Reducción de emisiones de GEI		x	
Reemplazo de algunos combustibles fósiles por biocombustibles ¹	NA	NA	La producción de biocombustibles puede reemplazar ecosistemas más diversos, impactos negativos potenciales en la producción de alimentos y en la seguridad alimentaria	Reducción de emisiones de GEI		x	
Elaboración de planes de manejo sencillo para los bosques comunales (reducción de incendios, protección y restauración del bosque), basados en el análisis de vulnerabilidad de la comunidad ^{2f}	NA	NA	Protección de fuentes de agua, mejora de los corredores verdes para fauna, capital financiero más sólido ²	aumento de las reservas de carbono mediante un proyecto REDD+ de manejo forestal comunitario ²	x		
Sustitución de prácticas de "tumba y quema" (reducción de la deforestación y degradación) ²	x		Conservación de la biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos a las comunidades vecinas ²	Reducción de emisiones por deforestación ²	x		

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Capacitación a productores sobre el uso y procesamiento de frutos de árboles utilizados en reforestación o sistemas silvopastoriles, para incluir como parte de la dieta familiar y comercializar	x	x	Aporte a la seguridad alimentaria familiar, diversificación de ingresos					x
Uso de fogones o estufas ahorradoras de leña		x	Al utilizar menos leña, se dedica menos tiempo a su recolección o se gasta menos en su compra	Disminuye el uso de leña, menos emisiones de GEI	x			

Notas: Elaborado con base en: ¹Bernal *et al.* (2016); ²Vallejo *et al.* (2016); ejemplo de actividades del proyecto REDD+ COMBAR-CIFOR). NA: no aplica, Abe: Adaptación basada ecosistemas, Abc: Adaptación basada comunidad.

- La conservación del bosque puede contribuir a mejorar algunos medios de vida de las comunidades locales; p.ej., al generar ingresos por turismo, productos no maderables para realizar artesanías, etc., siempre y cuando estas actividades estén permitidas en el área bajo conservación.
- Las barreras contra vientos pueden generar ingresos por productos forestales si la especie es valorada en los mercados y si se desarrollan capacidades en los agricultores para poder aprovecharla. La disponibilidad de productos forestales per se no significan un ingreso, a menos que el productor sepa aprovecharlo y tenga los elementos suficientes para materializar la venta. Por eso, este tipo de actividades asegura el beneficio a la adaptación, si se complementa con acciones que fortalezcan otros capitales (p.ej., capital humano, infraestructura, social) que efectivamente contribuyan a generar ingresos por productos forestales.
- Al igual que en el caso de las barreras contra vientos, el aprovechamiento de productos derivados de sistemas silvopastoriles no se da por la sola presencia de los árboles. Para lograr la diversificación de ingresos aprovechando los productos derivados de sistemas silvopastoriles, se requiere acciones que fortalezcan los capitales enfocados en materializar el aprovechamiento de los productos.
- Especialmente si la energía utilizada para los procesos de desalinización o bombeo procede de fuentes de energía fósil; si la energía proviene de energías limpias o renovables (como eólica, solar o hídrica), la generación de GEI puede no ser significativa.
- Especialmente en climas secos o semisecos.
- El beneficio en la mitigación no se verá reflejado solo con la elaboración de los planes, es necesario que se lleve a la implementación.

Paso 6 Priorización de medidas por factibilidad para su implementación

¿Qué hacer?

Una vez identificadas las acciones que generan SAM y aquellas que las complementan, es recomendable priorizarlas para tener una lista final donde se asegure que las medidas son factibles para implementación.

¿Cómo hacerlo?

Existen diferentes herramientas para la priorización de medidas de adaptación o mitigación, las cuales utilizan diferentes métodos, siendo los más comunes el análisis costo-beneficio, análisis costo-eficiencia y el análisis multicriterio (Grafakos y Olivotto 2012, Zorrilla y Kuhlmann 2015 y 2015, Guillen *et al.* 2016). Las herramientas desarrolladas para priorizar medidas de adaptación consideran diversos objetivos para hacerlo; por ejemplo, la evaluación del potencial de escalonamiento de las medidas (ASP, Assessing Scaling Potential), el compromiso y priorización de sectores empresariales (BSPE, Business Sector Priorization and Engagement), los escenarios de desarrollo participativos (PSD, Participatory Scenario Development) o el análisis costo-beneficio (CBA, Cost Benefit, Analysis; Chaudhury *et al.* 2016).

El objetivo de esta priorización es identificar aquellas medidas cuya implementación es más factible, y aquellas donde esta podría verse limitada por varios factores. En este caso, proponemos la priorización de las medidas considerando la metodología de análisis multicriterio (AMC); sin embargo, esto queda a criterio del equipo de trabajo.

Identificación de criterios y rangos de evaluación o desempeño para la priorización utilizando el análisis multicriterio

Considerando el objetivo de la priorización, se identificaron nueve criterios en función de los cuales se determina si es más o menos factible implementar cierta medida (Cuadro 4). Los rangos de evaluación describen las posibles opciones o valores sobre los cuales serán evaluadas las medidas. Los rangos pueden ser representados numéricamente cuando el criterio así lo permita, o simplemente como una descripción de condición (malo, regular o buen desempeño) asociada a un ranking numérico (en este caso de 1 a 3, respectivamente), como se ejemplifica en esta herramienta.

Los criterios y sus rangos de evaluación presentados pueden ser modificados si el equipo los considera pertinente.

Propiedades que deberían cumplir los criterios

Son completos: ¿Se han incluidos todos los criterios importantes?

No redundantes. ¿Algún criterio es redundante o innecesario?

Operacionales: ¿Los criterios son medibles o definibles

Mutuamente independientes: ¿El desempeño de una opción ante un criterio es independiente de su desempeño ante otro criterio?

Sin doble conteo: ¿Están dos criterios describiendo lo mismo?

Tamaño adecuado: ¿Hay demasiados criterios?

Fuente: DCLG (2009), citado en Dixit y Mc Gray (2013).

Asignación de pesos a los criterios

Una vez establecidos los criterios, se debe asignar importancia o un peso a cada uno de ellos. En este caso, ¿Cuál de los criterios es más importante para determinar si la implementación de una medida es factible o no? ¿Que genere un beneficio económico? ¿Que haya fuentes de financiamiento? ¿Que el costo de implementación sea bajo? ¿Que esté alineado con la política y normatividad?, etc.

Existen diferentes métodos para asignar pesos a los distintos criterios (Anexo 7); el usuario de la herramienta puede escoger el que mejor le convenga. En esta herramienta utilizamos el método Rank-sum (Malczewski 1999), con fines demostrativos. En el Anexo 8 presentamos un ejemplo de cómo utilizarlo. Si el usuario considera pertinente que los criterios tengan el mismo peso, entonces se procede a calcular el peso dividiendo la unidad (1) entre el número de criterios.

Análisis y resultados

Una vez establecidos los criterios, los rangos y la asignación de pesos, debemos evaluar cada una de las medidas. Para esto se ha elaborado una plantilla modelo (Anexo 9). Es recomendable definir el rango de desempeño de cada una de las medidas a través de sesiones con expertos o miembros del equipo de trabajo.

Cuadro 4. Criterios propuestos para evaluar la factibilidad de la implementación de acciones SAM y complementarias.

Dimensión*	Criterios	Definición	Rangos de evaluación
Financiera	Costo de implementación	La medida tiene un costo de implementación factible.	La inversión inicial es alta (1); la inversión inicial es considerable, pero en un rango intermedio (2); inversión inicial baja (3) ³ .
	Costo de operación/ mantenimiento	El costo de operación o mantenimiento es bajo	Costo alto (1), costo intermedio (2) y costo bajo (3)
	Fuentes de financiamiento disponible	Existen fuentes de financiamiento disponibles adecuada a la medida propuesta	No existen fuentes de financiamiento (1), Existe al menos una fuente de financiamiento (2), Existen diversas opciones para solicitar financiamiento adecuada para la medida descrita (3)
Tecnológica	Capital humano	Capital humano capacitado disponible para apoyar la implementación de la medida	Capital humano insuficiente y poco capacitado (1), capital humano cuenta con capacidades adecuadas (2), capital humano suficiente y altamente capacitado (3)
	Tecnología/ insumos disponibles	La tecnología y los insumos están disponibles en los sitios de implementación	La tecnología e insumos no están disponibles (1), al menos uno de los dos está disponible en el sitio de implementación (2). La tecnología e insumos están disponibles en el sitio o en sitios cercanos.
Económica	Contribución a la generación de empleo o diversificación de ingresos	la medida genera empleo o mejora ingresos de empleos ya existentes	No contribuye a la generación de empleo (1), se genera empleo solo en la etapa inicial (2). Se genera empleo sostenido en el tiempo y/o aumenta ingresos de empleos existentes
Social y cultural	Aceptación social	La medida es compatible con el contexto cultural donde se implementa	La medida es opuesta a valores culturales establecidos (1), la medida es ajena, sin ser opuesta al contexto cultural (2), la medida es conocida y compatible con el contexto cultural (3)
Institucional	Alineación con la política nacional, otros planes y proyectos	La medida está alineada con la política nacional, otros planes y proyectos	La medida no está alineada con la política nacional (1), la medida está alineada al menos con la política nacional (2), la medida además de estar alineada a la política, también está alineada con otros planes o proyectos
	Complejidad política, institucional, normativa o regulatoria.	Los procesos, políticos institucionales o normativos que afectan la implementación de la medida son poco complejos	La complejidad política, institucional o normativa impiden la implementación de la medida (1). Los procesos políticos, institucionales o regulatorios obstaculizan, pero no impiden la implementación de la medida (2), los procesos políticos, institucionales o regulatorios no obstaculizan ni impiden la implementación de la medida (3)

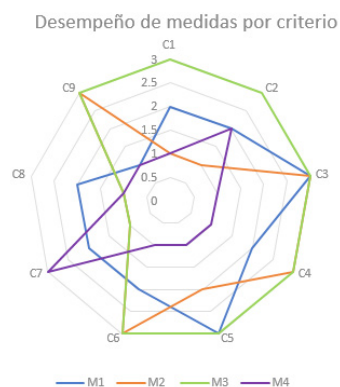
* Criterios para priorización basados en los utilizados en la iniciativa Plan de Acción para el Cambio y la Variabilidad Climática del Valle de Aburrá (PAC&VC). Iniciativa ejecutada en colaboración del gobierno del área metropolitana y la Universidad Nacional de Colombia. La definición y rangos fueron elaborados como insumo para esta herramienta. (1), (2) y (3) representan menor, regular, o mayor factibilidad de implementación.

Una vez determinado el valor de cada una de las medidas (que en este caso puede ir de 1 a 3, donde 3 representa una mayor factibilidad de implementación), se escogen aquellas que se llevarán hasta su implementación. Esta selección depende del valor obtenido en la priorización (se escogen aquellas con valores más altos) y del criterio del usuario; por ejemplo, si la institución ha definido previamente el número de medidas que se pueden priorizar. Las medidas que hayan obtenido valores de 1 o cercanos no deberían incluirse en la priorización (Cuadro 5).

3 Pueden establecerse rangos monetarios para especificar cada uno de los rangos de evaluación, en función de costo por hectárea cuando sea adecuado u otra medida.

Cuadro 5. Ejemplo de cuadro resumen que puede utilizarse para sintetizar los resultados de las evaluaciones por medida

Criterio (C)/Medidas (M)	M1	M2	M3	M4
C1	2	1	3	1
C2	2	1	3	2
C3...	3	3	3	1
C9	1	3	3	1
Total	2.24	2.02	2.68	1.377



Nota: Basado en la propuesta de Zorrilla y Kuhlmann (2015) para la visualización de resultados.

Resultados esperados

Como resultados intermedios se obtienen los criterios por utilizar, su definición y rangos de evaluación, el peso asignado a cada uno de los criterios y la evaluación de las distintas medidas. El resultado final es un cuadro resumen que muestra el desempeño de las medidas evaluadas y la lista de medidas priorizadas para su implementación.

FASE 3. Priorización espacial para la implementación de acciones priorizadas

Después de la priorización basada en la factibilidad de implementación, la Fase 3 se enfoca en maximizar las sinergias espacialmente. ¿Dónde será mejor implementar las medidas para maximizar las sinergias? Lo anterior está en función de tres factores: el SE de interés, el efecto de las actividades en la oferta del SE y la demanda del mismo (considerando el flujo entre la oferta y la demanda).

Esta priorización espacial se emprende solo para medidas relacionadas con el manejo de recursos naturales que generan SAM; sin embargo, si la lista de medidas priorizadas incluye medidas complementarias (basadas en mejorar el capital social, humano o construido, entre otros, que potencializan las medidas SAM), su priorización espacial será en función de la medida SAM que complementan. Por ejemplo: si la medida SAM de establecer barreras contra vientos con especies que favorezcan la seguridad alimentaria se prioriza espacialmente en las comunidades A y B, la medida complementaria de capacitar a las familias sobre el uso, consumo y procesamiento de frutos de las mismas especies deberá implementarse en esas mismas comunidades.

FASE 3 Priorización espacial	Paso 7 Identificación del efecto de medidas priorizadas (SAM y complementarias) en la OFERTA del SE	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos de interés? • ¿Cuál es el posible beneficio de las actividades priorizadas en la oferta de los SE? • ¿Dónde es mayor el efecto positivo de las actividades? (definir supuestos e indicadores que sea posible mapear).
	Paso 8 Identificación de la DEMANDA (usuarios) del SE que se mejora o conserva con actividades priorizadas	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién es el usuario del SE? • ¿Cómo mapear a los usuarios en el espacio? • ¿Dónde hay mayor número de usuarios o beneficiarios de los SE de interés?
	Paso 9a Priorización espacial para maximizar SAM	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué sitios el efecto positivo de la medida en la provisión del SE es mayor y además beneficia a un alto número de usuarios? • ¿Existen áreas prioritarias para la implementación de varias medidas?
	Paso 9b Índice SAM	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades en ejecución, no diseñadas bajo el enfoque de sinergia, pueden contribuir a la SAM de manera diferenciada dependiendo de su ubicación. • ¿Cómo contribuyen estas actividades a la SAM dependiendo su ubicación?

Figura 5
Pasos considerados en la Fase 3 y principales preguntas por responder en cada uno de ellos.

Paso 7 Identificación del efecto de actividades SAM en la oferta de servicios ecosistémicos y su priorización espacial

¿Qué hacer?

Determinar cuáles son los SE que se ven beneficiados por la implementación de las medidas priorizadas, para después ubicar los sitios donde su implementación genere mayores beneficios a su producción u oferta (a partir de supuestos previamente definidos).

¿Cómo hacerlo?

Selección del SE de interés para la priorización espacial

Dado que la provisión de servicios ecosistémicos abarca una gran variedad de servicios, se recomienda identificar los SE de interés del programa/proyecto que sean congruentes con el contexto en el que se ejecuta. Para seleccionar los SE de interés se recomienda consultar el Anexo 1, donde proporcionamos la lista de tipos de SE según dos sistemas de clasificación (MAE 2003, TEEB⁴ 2010 y CICES 2013⁵).

- Groot, R; Aronson, J, Braat, L; Gowdy, J; Haines-Young, R; Maltby, E; Neuville, A; Polasky, S; Portela, R; Ring, I. Chapter 1: Integrating the ecological and economic dimension in biodiversity and ecosystem services valuation (en línea). In TEEB 2010. The Economics of Ecosystems and Bioersity Ecological and Economic Foundations. Pushpam Kumar. Consultado 20 sept. 2017. Disponible <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/#.Ujr1xH9mOG8>
- Haines-Young, R; Potschin, M. 2013. Common International Classification of Ecosystem (CICES; en línea). European Environment Agency. Cosultado 4 oct. 2017. Disponible en <https://cices.eu/resources/>

En el Cuadro 6, se muestran nueve SE que podrían ser de interés; algunos de ellos se utilizarán en los ejemplos descritos en este documento. Los SE de interés serán la base para realizar la priorización espacial determinada con esta herramienta.

Cuadro 6. Servicios ecosistémicos de interés, utilizados como ejemplo en el uso de la herramienta.

	Tipo de servicios ecosistémicos (TEEB* 2010)
Servicios de provisión	Agua para consumo humano, agrícola o hidroeléctrico
	Biomasa para energía (leña)
Servicios de regulación	Regulación del clima
	Prevención de erosión
	Regulación de flujo hídrico estacional
	Regulación del flujo de agua y moderación de eventos extremos
	Regulación de flujo de masa (prevención de deslaves)
Servicios de hábitat	Mantenimiento de diversidad genética
Servicios culturales y recreación	Recreación y turismo

* Tomado del Capítulo 1 de Groot *et al.* (2010), en The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations.

Identificación del efecto de actividades SAM en la oferta de SE

Una vez identificados los SE de interés, se procede a elaborar una matriz donde se identificarán los efectos de las actividades priorizadas en cada uno de los servicios ecosistémicos seleccionados. La identificación de los efectos requiere la participación de expertos en el manejo de recursos naturales y una revisión de la literatura asociada al tipo de medidas y su impacto en la provisión de SE (Cuadro 7).

Cuadro 7. Posibles efectos de la implementación de medidas en la provisión de servicios ecosistémicos

Medida	Servicios ecosistémicos de interés						
	Servicios de provisión	Servicios de regulación				Servicios de hábitat	Servicios culturales y de recreación
	Provisión de agua	Regulación del clima	Regulación del flujo hídrico (estacional)	Regulación del flujo hídrico (moderación inundación)	Prevención de la erosión	Mantenimiento de la diversidad genética	Recreación y turismo
Restauración y conservación de corredores forestales, incluyendo bosque de galería	La reforestación podría aumentar la retención de humedad y por lo tanto mejorar la disponibilidad del recurso para los usuarios río abajo ^A .	Aumenta el secuestro de carbono	La presencia de bosque podría regular el flujo estacional de corrientes superficiales, mejorando la disponibilidad del recurso en épocas secas ^F .	Podría reducir el flujo pico de los ríos; disminuye el riesgo de inundaciones ^D .	Podría disminuir la erosión; la vegetación ribereña filtra sedimentos y agentes contaminantes	Aumenta la diversidad y disponibilidad de hábitat	
Reforestación con especies nativas y diversas especies de árboles	La reforestación podría aumentar la retención de humedad y por lo tanto mejorar la disponibilidad del recurso para los usuarios río abajo ^A .	Aumenta el secuestro de carbono ^A .		Podría reducir el flujo pico de los ríos ^A .	Podría disminuir la erosión.	Aumenta la diversidad y disponibilidad de hábitats ^A .	
Barreras cortavientos		Aumenta el secuestro de carbono.			Podría disminuir la erosión.	Podrían mejorar la conectividad entre áreas protegidas; aumenta disponibilidad de hábitats ^A .	
Menor uso de fertilizantes nitrogenados	Mejora la calidad del agua para consumo humano debido a la reducción de lixiviación de nitrógeno ^B .	Reducción de emisiones de GEI causadas por la producción de fertilizantes ^E .					

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Conservación de bosques nativos	La conservación de bosques nubosos contribuye a mantener la disponibilidad del recurso hídrico debido a la retención de humedad de las nubes (bosques nubosos), lo cual podría mantener o aumentar el caudal total río abajo ^C .	Aumenta el secuestro de carbono	La presencia de bosque podría regular el flujo estacional de corrientes superficiales, mejorando la disponibilidad del recurso en épocas secas ^F .	Podría reducir el flujo pico de los ríos, disminuye el riesgo de inundaciones.	Evita la erosión.	Conserva la diversidad y disponibilidad de hábitats.	Las áreas protegidas representan oportunidades de recreación y turismo, educación ambiental y la investigación
---------------------------------	---	---------------------------------	---	--	-------------------	--	--

Información extraída de A: Berry *et al.* (2015); B: Leifeld y Fuhrer (2005), citado en Berry (2015); C: Bruijnzeel (1990); D: Calder (2007); E: Herrera (2016); F: Peña (2013)

Establecimiento de supuestos, criterios e indicadores como base para la priorización espacial

El efecto de las medidas sobre la provisión de SE puede ser mayor si se implementan en ciertos lugares; por ejemplo: el efecto del aumento (o mantenimiento) en la provisión de agua (caudal total) para consumo humano, agrícola o energético, debido a la conservación o restauración de bosques es mayor si se realiza en áreas de bosque nuboso (Bruijnzeel 1990).

Como insumo para la priorización espacial se deben identificar criterios que establezcan las condiciones que podrían aumentar el efecto positivo de las medidas sobre la provisión del SE, así como los supuestos que respaldan la selección de dichos criterios. De manera general cuando se trata de medidas de conservación, el supuesto es que se maximiza el beneficio si se conservan y restauran aquellos lugares donde la provisión del servicio es mayor.

Existe una gran diversidad de criterios e indicadores utilizados para mapear los servicios ecosistémicos o la capacidad de los ecosistemas para brindar servicios específicos. Götzl *et al.* (2013) revisaron la literatura reciente sobre su mapeo en Europa. La gran diversidad de enfoques desarrollados por los científicos varía considerablemente en cuanto a su alcance y escala, así como en los métodos de evaluación geoespacial utilizados. Es factible aprovechar alguno de los métodos propuestos en la literatura para identificar áreas de importancia para la provisión del servicio, siempre y cuando se tenga acceso a la información necesaria para el sitio de interés y la capacidad técnica para utilizarlo. En busca de mayor simplicidad, en esta herramienta proponemos el álgebra de mapas para el análisis espacial, en lugar de procesos complejos basados en modelos específicos usados en la literatura científica.

En algunos casos, se podría utilizar información ya existente. Por ejemplo, Imbach (2005) y Locatelli *et al.* (2014) identificaron prioridades espaciales para la provisión de cuatro servicios ecosistémicos: agua, carbono, biodiversidad y belleza escénica para Costa Rica. Leguía *et al.* (2008a y 2008b) identificaron sitios prioritarios para la provisión SE e hidroelectricidad en Nicaragua y Costa Rica. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), utilizando a la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM, por sus siglas en inglés; UICN y WRI 2014), en el contexto de implementación del Programa Regional de Cambio Climático de USAID identificaron áreas de oportunidad para la restauración en Honduras, Guatemala y Costa Rica.

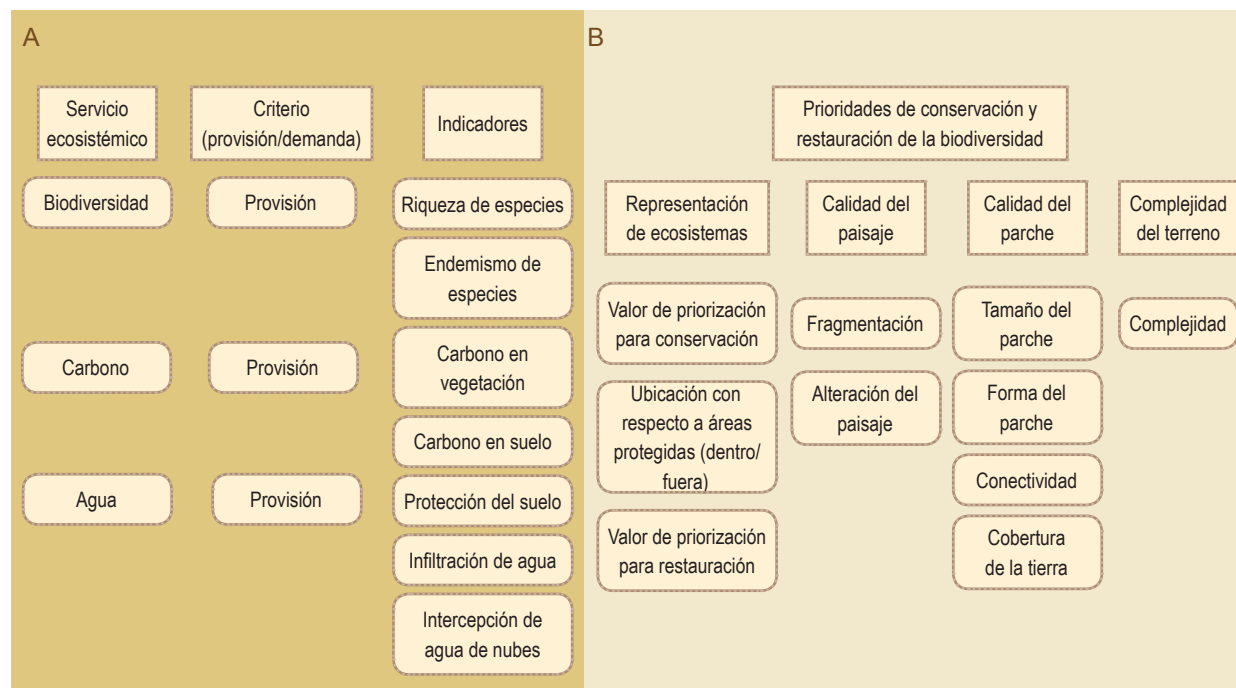


Figura 6

Ejemplos de indicadores utilizados para priorizar áreas para la provisión (oferta) de servicios ecosistémicos en Costa Rica

El grado de complejidad en la definición de los supuestos y sus criterios depende de la capacidad técnica y los recursos disponibles (tiempo, hardware, software). Como se observa en la Figura 6, en algunos casos la identificación de sitios de importancia para provisión de SE está en función de un grupo de indicadores. Locatelli *et al.* (2013) utilizan dos indicadores para mapear el SE de biodiversidad, mientras que Imbach (2005) asume que la provisión de SE asociados a la biodiversidad deben ser evaluados en función de la calidad del paisaje, la calidad del parche de bosque, la complejidad del terreno, y la representación de los ecosistemas en áreas protegidas, criterios que a su vez se conforman de distintos indicadores.

Para definir supuestos y criterios (los cuales deberán ser representados en un mapa) útiles para la priorización espacial en función de la provisión del SE, es recomendable incorporar expertos en el tema y revisar la información disponible en cuanto al mapeo de SE disponible para el sitio de interés (Cuadro 8).

Identificación de áreas que cumplen con los supuestos establecidos (proceso en sistemas de información geográfica)

Los indicadores establecidos para cada uno de los supuestos o criterios identificados en el paso anterior deberán ser representados a través de mapas, utilizando un software de sistemas de información geográfica (SIG; por ejemplo, ArcGis o QGis). Los indicadores pueden ser representados a través de mapas de atributos (conocidos también como mapas temáticos o “data layers”), los cuales permiten la evaluación de alternativas dependiendo del valor del atributo (Imbach 2005). Los mapas deberán ser elaborados en versión raster y la resolución espacial de la información variará dependiendo de la escala de trabajo.

Cuadro 8. Ejemplos de criterio/supuestos e indicadores para la priorización espacial de SAM, basado en el efecto de las medidas sobre la oferta de los servicios ecosistémicos.

Medida	Servicio ecosistémico	Efecto de las medidas en la provisión del servicio ecosistémico	Supuesto/criterio	Indicadores	Escala de desempeño	Información espacial /fuente
Conservación y restauración de bosques	Regulación del clima/captura de carbono	Aumenta el secuestro de carbono	Las actividades de conservación aumentan el secuestro de carbono en mayor proporción si se localizan en zonas de vida con alto contenido de stock de carbono (p.ej., bosques húmedos).	Stock de carbono por zonas de vida	Alto Medio Bajo	Mapa stock de carbono por zonas de vida/ Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
	Prevención de la erosión (calidad del agua río abajo)	Podría mejorar la calidad del agua (al disminuir la erosión y los sedimentos)	Las conservación y restauración de bosques puede beneficiar la calidad del agua, dependiendo de su ubicación en zonas de alta o baja pendiente. Si la actividad se ubica en una zona de pendiente alta, habrá una mayor disminución de escorrentía y sedimentos y, por lo tanto, mayor calidad de agua. La conservación se realiza en zonas donde hay presencia de bosques.	Grados de pendiente Presencia de bosque	Alto > 25° Medio, entre 15° y 25° Bajo < 15°- A Presencia de bosque No presencia de bosque	Modelo de elevación digital/Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)- National Aeronautics and Space Administration (NASA) Mapa de uso de suelo
Regulación del flujo hídrico (estacional)	Regulación del flujo hídrico (estacional)	Podría regular el flujo estacional de corrientes superficiales	La regulación del recurso hídrico es de mayor importancia si la actividad se realiza en zonas con índice de precipitación seco o muy seco (valores del Índice de Variabilidad de Precipitación en Centroamérica).	Índice de variabilidad de precipitación ⁶ Presencia de bosque	Muy seco Seco Húmedo Muy húmedo Hiper húmedo ⁷ Presencia de bosque No presencia de bosque	Índice de variabilidad de precipitación para Mesoamérica/TNC 2009 Mapa de uso de suelo
	Provisión de agua	Mejoran o mantienen el caudal total	Bosque nuboso (presencia-ausencia). La presencia de bosque nuboso contribuye a la retención de humedad de las nubes, aumentando el caudal total.	Bosque Nuboso	En bosque nuboso Fuera de bosque nuboso	Mapa de sitios de bosque nuboso/ AMBIOTEK
Regulación del flujo hídrico y moderación de eventos extremos (prevención de inundaciones)	Regulación del flujo hídrico y moderación de eventos extremos (prevención de inundaciones)	Podría reducir el flujo pico de los ríos; disminuye riesgo de inundaciones	El beneficio de reducir el riesgo de inundaciones es mayor si las actividades se realizan cuenca arriba de áreas con alto riesgo a inundación.	Zonas inundables	Zonas inundables Zonas no inundables	Mapa de zonas inundables

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Regulación del flujo de masa (prevención de deslaves)	Podría disminuir riesgos de deslave	La conservación del bosque para disminuir la erosión y los riesgos de deslave tiene mayor beneficio si se realiza en áreas con pendientes altas y riesgo de movilidad de ladera.	Grados de pendiente	Alto > 25° Medio, entre 15° y 25° Bajo < 15° A
Mantenimiento de la diversidad genética	Mantiene o aumenta la diversidad y disponibilidad de hábitats	Las áreas protegidas representan prioridades para la conservación de la biodiversidad (identificadas por los gobiernos nacionales). Si las actividades se realizan en ellas o en un área de amortiguamiento establecida, el beneficio es mayor que si se llevan a cabo lejos de las áreas protegidas. Otro supuesto que puede utilizarse el que consideran Locatelli <i>et al.</i> (2013), quienes establecen que el mayor beneficio para la conservación de la biodiversidad (considerando solo la oferta) se da si se realiza en zonas con alta riqueza de especies y especie endémicas.	Ubicación de las actividades con respecto a las áreas protegidas (dentro, cerca, lejos) Indicador de riqueza de especies Indicador de especies endémicas	Mapa de áreas protegidas/Word Database on Protected Areas (WDPA)-Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Base de datos regional (Anderson <i>et al.</i> 2008): Map of bird, mammal and amphibian species richness (number of unique species; $r = 0.05^\circ$ or 5 km), Map of amphibian endemic species (number of species; $r = 0.05^\circ$ or 5 km) citados en Locatelli <i>et al.</i> 2013)
Recreación y turismo	El buen estado de los bosques ofrece sitios de interés para turismo	La presencia de bosques está asociada a la belleza escénica que buscan los turistas.	Uso del suelo	Mapa de uso del suelo/(Gobiernos nacionales)
Reforestación con especies nativas y diversas especies de árboles, sistemas silvopastoriles, barreras vivas contra viento	Aumenta el secuestro de carbono	Las actividades que aumentan el stock de carbono a través de la aforestación y reforestación beneficiarían más si se ubican en zonas de cultivo con bajo stock de carbono. La reforestación se realiza en una zona donde no hay bosque.	Stock de carbono en cultivos No presencia de bosque	Mapa de stock de carbono/Saatchi Mapa de uso de suelo
Biomasa para energía	Aumento de biomasa para energía (leña)	Las actividades que aumentan la provisión de biomasa para energía (p.ej., plantaciones dendroenergéticas) a través de la aforestación y reforestación beneficiarían más la oferta del servicio si se ubican en zonas de cultivo con bajo stock de carbono.	Stock de carbono en cultivos	Mapa de stock de carbono/Saatchi

6 Utilizado como indicador indirecto de la variabilidad de caudales en los sistemas acuáticos lóticos.

7 Muy seco: 5 o más meses "secos" al año, cauce seco en la época seca; seco, 2-4 meses "secos" al año, el caudal baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca; húmedo, 1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos" en comparación con los meses húmedos (> 100 mm de precipitación); muy húmedo, ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año; hiper húmedo, ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos (Hijams *et al.* 2005 citado en TCN 2009).

El tamaño de las unidades de mapeo debe ser congruente con la escala espacial de análisis; p.ej., utilizar unidades de mapeo de 10 x 10 km no es adecuado para realizar mapeos a nivel local, sin embargo, para análisis nacionales se considera acertado. En el Cuadro 9 se presentan varios ejemplos de la unidad de análisis utilizados en distintos estudios de mapeo de SE en Europa. La resolución de la información usada para mapear SE debe ser congruente con la unidad de análisis y está determinada por el tipo de servicio que se mapea. Los SE con procesos específicos por sitio (como polinización) demandan una mayor resolución en la información, comparados con servicios generales, como la regulación del clima (Crossman *et al.* 2013). Cada mapa de la misma área de estudio debe tener la misma escala y proyección, para poder ser procesados de manera conjunta más adelante.

Cuadro 9. Unidades de mapeo de servicios ecosistémicos y la capacidad de los ecosistemas para brindar servicios específicos a diferentes escalas espaciales en Europa.

Unidades de mapeo	Ejemplos de mapeo identificados en las siguientes escalas				
	Continental	Subcontinental	Nacional	Regional	Local
NUTS ⁸ -x regions	16				
0,5° x 0.5 ⁹		7			
NUTS 4_5			2		
10 x 10 km	1		3		
2 x 2 km					1
1 x 1 km				1	2
500 x 500 m	1		1		
100 x 100 m				5	
30 x 30 m				1	
CLC ¹⁰ Polygons				1	3
Total	18	7	6	8	6

Fuente: Traducido de Götzl *et al.* (2013).

La escala de desempeño debe ser definida para cada indicador o atributo y puede ser cualitativa (p.ej., tipo de vegetación) o cuantitativa (p.ej., elevación o pendiente). Con base en esta escala, se define el desempeño del atributo en función de los supuestos. Por ejemplo, riesgo de movilidad de ladera, cuya escala de desempeño es alto, medio o bajo. Si el supuesto en este caso es que el efecto de la medida es mayor para mejorar el SE de control de masas si se la implementa en sitios con mayor riesgo de movilidad de ladera, esta condición sería la de mejor desempeño. Si el supuesto es que el mayor beneficio de la conservación y restauración de bosque para la provisión del SE asociado a la biodiversidad, es mayor si realiza en áreas con alta riqueza de especies endémicas, las zonas con mayor proporción de especie endémicas serán las de mejor desempeño (Figura 7).

- 8** Hace referencia a la Nomenclatura de las Unidades Territoriales Estadísticas, serie de demarcaciones territoriales utilizadas por la Unión Europea.
- 9** 1° en el ecuador equivale a 111 km, por lo que 0, 5° equivale a 55 km aproximadamente; conforme la latitud se acerca los polos, el valor de 1° va disminuyendo. Por ejemplo, en la latitud Norte 36° y Sur 43°, donde se ubica España, el valor de 1° disminuye a 91 km y 85 km, respectivamente. <https://sites.google.com/site/antoniopadillac/Home/pesosymedidas/meridianosyparalelos>
- 10** Corine Land Cover.

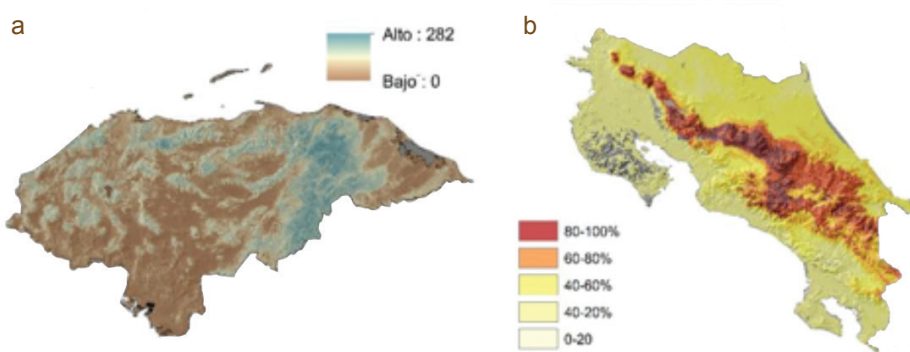


Figura 7

a) Stock de carbono acumulado en los bosques de Honduras; b) riqueza (%) de especies endémicas de fauna de Costa Rica.

Podemos establecer la escala de desempeño por distintos métodos, entre ellos, cuantiles, *natural breaks*, basado en el criterio de expertos o utilizando la lógica difusa (*fuzzy logic*). Una vez identificados los límites que se incluyen en cada escala de desempeño (por ejemplo, más de 500 000 habitantes por unidad administrativa = alta población, entre 100 000 y 499 999 = población media y menos de 100 000 habitantes = baja población), utilizando un programa de SIG se elaboran los mapas de los indicadores definidos por los supuestos.

Si se ha decidido recurrir a varios indicadores (como en Imbach 2005 o Locatelli *et al.* 2013) para identificar sitios que maximicen la provisión debido a una misma actividad, se deberá elaborar un mapa por cada indicador. Estos mapas se combinan con los mapas de demanda del servicio para identificar las áreas prioritarias para la implementación de las distintas medidas (paso descrito más adelante).

Resultados esperados

Una matriz de identificación de efectos de las medidas en la provisión de los SE de interés, que contenga además los supuestos, criterios e indicadores para priorizar áreas donde se podrían obtener mayores efectos de la implementación de medidas sobre la provisión del servicio.

Mapas de los indicadores para evaluar prioridades que contengan la escala de desempeño de acuerdo con los supuestos establecidos.

Paso 8 Identificación espacial de la DEMANDA (usuarios) del SE que se mejora o conserva

¿Qué hacer?

Como hemos mencionado, la provisión del SE está en función de la oferta y la demanda. En el paso anterior se han definido los efectos de las medidas en la provisión (oferta) como un insumo para la priorización especial; sin embargo, es necesario identificar los usuarios (demanda) del servicio para realizar la priorización espacial de manera integral.

¿Cómo hacerlo?

Identificación de usuarios de SE de interés

Una vez identificados cuáles son los SE de interés, es necesario responder las siguientes preguntas: ¿Quién se beneficia de la provisión de los servicios ecosistémicos? ¿Qué usuarios son de interés para el programa o proyecto? Dependiendo de la escala de trabajo y la información disponible, el usuario puede ser la población que habita en una cuenca, análisis a nivel nacional o familias que producen carbón (a partir de madera), análisis a nivel local.

Es necesario establecer claramente cuáles son los usuarios que se considerarán para la priorización, ya que dependiendo de los intereses del programa/proyecto estos podrían cambiar. Por ejemplo, posibles usuarios del SE de provisión de agua son los embalses para producción hidroeléctrica pertenecientes al estado o las pequeñas centrales hidroeléctricas de uso comunal o particular, o los productores que utilizan agua para riego. Dependiendo del interés del programa, de la escala de trabajo y de la disponibilidad de información (o costo de producir la información), debe establecerse cuál o cuáles serán los usuarios considerados en la priorización. Al identificar los usuarios es necesario asegurarse de que podrán ser dibujados en un mapa, ya sea de manera puntal o al menos a través de una aproximación. En el Cuadro 10 presentamos algunos ejemplos generales.

Cuadro 10. Ejemplos de usuarios identificados para distintos SE.

Servicio ecosistémico	Usuario del SE	Flujo del servicio
Regulación del clima/captura de carbono	No es posible identificar usuarios específicos, ya que el beneficio es global sin importar dónde se almacene el carbono.	NA
Provisión de Agua	Poblaciones que utilizan el agua de nacientes cuenca abajo	El servicio fluye cuenca abajo a través del sistema de drenaje de las cuencas (ríos)
Regulación del flujo hídrico (estacional)	Agricultores que utilizan riego	
Prevención de la erosión (calidad de agua río abajo)	Hidroeléctricas	
Regulación del flujo hídrico (moderación inundación)	Poblaciones en sitios propensos a inundación	El servicio regula el flujo cuenca arriba y en áreas aledañas de sitios inundables
Regulación del flujo de masa (prevención de deslaves)	Poblaciones en sitios propensos a movimientos de ladera o deslaves	El servicio regula el flujo de masa en sitios donde se produce el SE
Mantenimiento de diversidad genética	El beneficio de la conservación de la biodiversidad puede asumirse como global, a pesar de que se pueden identificar usuarios locales (debido a falta de información sobre el uso de la biodiversidad)	En el sitio donde se produce
Biomasa para energía	Poblaciones que utilizan leña como principal fuente de energía (principalmente cocina)	En el sitio donde se produce (podría incluirse el flujo del recurso hacia las grandes ciudades, sin embargo, en este ejemplo se asume su uso en el sitio o cercanías)
Recreación y turismo	Turistas y visitantes que visitan áreas naturales; el servicio se consume en sitios de interés turístico asociado a áreas naturales	En el sitio donde se produce

NA: no aplica

Establecimiento de supuestos como base para la priorización espacial

Una vez identificados los usuarios de los servicios, es necesario definir supuestos, los cuales establecen dónde resulta un mayor beneficio considerando la demanda de los diferentes servicios. Los supuestos generalmente se sustentan en torno a la cantidad de usuarios (p.ej., cantidad de población en una cuenca o la densidad de población por unidad administrativa, cantidad de turistas que visitan áreas naturales, etc.). Además de considerar a los usuarios, los supuestos deben considerar el flujo del servicio. Por ejemplo, para priorizar áreas que mejoren el SE de provisión de agua para consumo no basta conocer la población que se beneficia, sino también su ubicación en la cuenca donde se produce el beneficio.

Cuadro 11. Ejemplos de criterios/supuestos e indicadores para la priorización espacial de SAM con base en la demanda de los servicios ecosistémicos.

Servicio ecosistémico	Supuesto/criterio para priorización espacial	Indicadores	Escala de desempeño	Información espacial/fuente
Regulación del clima / captura de carbono	No hay priorización espacial con respeto al SE de regulación del clima.			
Provisión de Agua	Cuanto mayor sea la población beneficiada del agua proveniente de nacientes cuenca abajo, mayor será el beneficio derivado del SE.	Población por cuenca/ subcuenca	Alta Media Baja	Población por unidad administrativa (menor nivel de desagregación posible)
	El servicio fluye cuenca abajo a través del sistema de drenaje de las cuencas (ríos).			Mapa de cuencas y subcuencas
Regulación del flujo hídrico (estacional)	El beneficio del SE es mayor cuando hay presencia de zonas de riego cuenca abajo. A mayor intensidad de riego mayor uso del recurso y mayor beneficio.	Presencia de zonas de riego Número de fincas o área de tierras agrícolas bajo riego por unidad administrativa	Hay zonas de riego agrícola en la cuenca No hay zona de riego agrícola en la cuenca Alta presencia de fincas que utilizan riego Moderada presencia de fincas que usan riego Baja presencia de fincas que usan riego	Mapa de distritos de riego/ Gobiernos nacionales Censo Nacional Agropecuario/ Gobiernos nacionales
Prevención de la erosión (calidad de agua río abajo)	El servicio fluye cuenca abajo a través del sistema de drenaje de las cuencas (ríos).			Mapas de cuencas y subcuencas
Regulación del flujo hídrico (moderación inundación)	El beneficio del SE es mayor cuando hay mayor presencia de embalses cuenca abajo.	Presencia de embalses cuenca abajo	Existencia de embalses cuenca abajo (o en la cuenca) No hay embalses cuenca abajo (o en la cuenca)	Puntos de ubicación de embalses Mapa de cuencas y drenaje
	El beneficio del SE de regulación de flujo es mayor si hay poblaciones en los sitios propensos a inundación.	Poblaciones	Presencia de poblaciones en áreas inundables Sin presencia de poblaciones en áreas inundables	Mapa de zonas con riesgo de inundación
Regulación de flujo de masa (prevención de deslaves)	A mayor densidad poblacional en sitios con alto riesgo de movilidad de ladera, mayor la cantidad de personas expuestas y por consiguiente mayor beneficio del SE de regulación de masa.	Densidad de población	Alta Media Baja	Mapa de zonas con riesgo de movimiento de ladera Densidad de población

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Servicio ecosistémico	Supuesto/criterio para priorización espacial	Indicadores	Escala de desempeño	Información espacial/fuente
Mantenimiento de diversidad genética	No hay priorización espacial con respeto al SE de biodiversidad.			
Biomasa para energía	Se asume que a mayor densidad de hogares que utilizan leña para cocinar, mayor el beneficio. Se asume que el servicio se consume en el sitio de producción.	Densidad de hogares que usan leña para cocinar por km ²	Alto Intermedio Bajo	Hogares que usan leña para cocinar por división administrativa/ censo de población y vivienda
Recreación y turismo	el mayor beneficio del SE se percibe en sitios de interés turístico con mayor número de visitantes.	Sitios de interés turístico Número de visitantes por periodo/sitio turístico	Presencia de sitios turísticos Ausencia de sitios turísticos Alto Medio Bajo	Mapa de sitios turísticos asociados a áreas naturales/Gobiernos nacionales Visitantes por sitio turístico/ Gobiernos nacionales

Identificación de áreas que cumplen con los supuestos establecidos (proceso en sistemas de información geográfica)

Para identificar las áreas que cumplen con los supuestos, será necesario mapear a los usuarios. Dependiendo de la escala, el mapeo de los usuarios podrá ser puntual (p.ej., mapeo de techos de viviendas que utilizan agua de acueductos comunales), o a partir de supuestos (p.ej., en análisis a nivel nacional resulta poco práctico mapear todas las viviendas, así que se puede asumir la distribución homogénea de la población en un área administrativa específica, como municipio, comarca o aldea, y asignar la población al polígono que la representa o calcular su densidad).

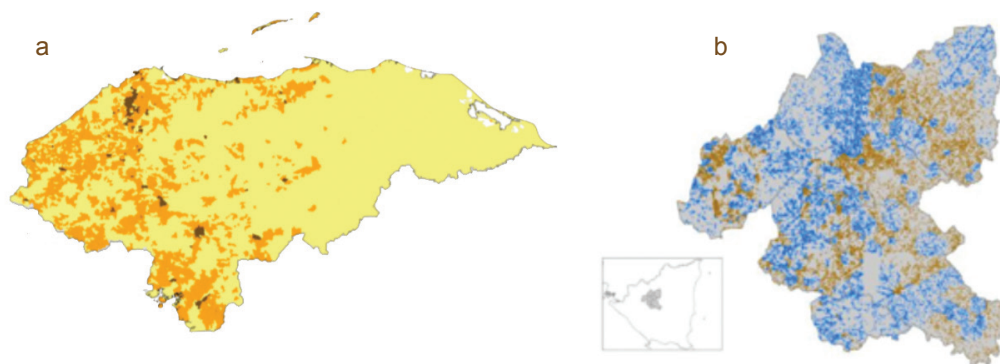


Figura 8.

Mapeo de usuarios del servicio ecosistémico de prevención de la erosión que mejora la calidad de agua para consumo humano. a) Densidad de población por km² por aldea en Honduras (Censo de Población y Vivienda 2001); en amarillo hasta 50 habitantes, naranja entre 50 y 500 habitantes, café más de 500 habitantes. b) Techos de viviendas en ocho municipios de Nicaragua (Brenes *et al.* 2015); los puntos azules pertenecen a un sistema de provisión del servicio, en café aquellos no conectados a un sistema de provisión de agua potable.

Si no es posible ubicar espacialmente el flujo del servicio, puede utilizarse como área de análisis el área a través de la cual fluye el servicio (por ejemplo, una cuenca o subcuenca), asumir que los usuarios se distribuyen homogéneamente en ella y que la calidad del servicio que se produce beneficia a todos sus pobladores independientemente de su ubicación dentro de la misma. Considerando los supuestos anteriores, podría utilizarse como indicador la cantidad de población por cuenca/subcuenca. En la Figura 9, se muestra un ejemplo del mapeo del indicador de población por subcuenca para Honduras.

Para elaborar el mapa de la Figura 9, se asumió que la población por aldea (unidad administrativa de tercer nivel representada por polígonos) se distribuye homogéneamente, se realizó una intersección en ArcGIS del mapa de población por aldeas y las subcuencas para identificar la fracción del territorio por aldea que corresponde a cada subcuenca. Después se asignó la población de manera proporcional y se suma por subcuenca.

En algunos casos se tiene la información y capacidad técnica para mapear el flujo del SE entre la provisión y el usuario. Como ejemplo se puede mencionar el estudio de mapeo de áreas prioritarias para conservar y restaurar agua potable en el territorio de Nica-Central¹¹ (Brenes *et al.* 2015). Dicho estudio se enfoca en la provisión de agua limpia y utilizó información espacial de las microcuencas y la red de drenaje para mapear el flujo del servicio, y el mapeo de techos para mapear a los usuarios. Se utilizó un modelo de elevación digital (resolución a 90 m) y la herramienta RIVERTOOLS 3.1, con la cual se generó la red de drenaje y microcuencas, lo cual permitió vincular espacialmente la oferta y la demanda del SE. Con la información generada fue posible ubicar cuáles microcuencas proveen el servicio a cuáles usuarios, y así saber cuántos se benefician y qué superficie es de importancia para la provisión del recurso. Por ejemplo, si los usuarios se ubicaran en el área de la microcuenca MC_RID_3, recibirían los aportes generados en las microcuencas MC_RID_2 y 1 (Figura 10).

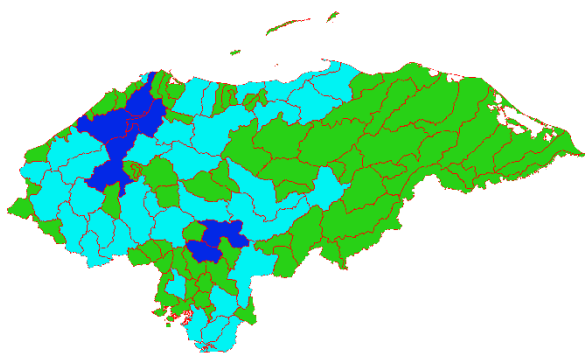


Figura 9

Mapeo de población por subcuenca en Honduras (Censo de población y Vivienda). En verde baja población, menos de 50 mil habitantes; en azul población intermedia, mayor a 50 mil y menor a 150,000 habitantes; en azul oscuro alta población, mayor a 150 mil.

¹¹ Se refiere a ocho municipios del centro-norte de Nicaragua: El Cuá, Waslala, Rancho Grande, Matiguás Muy Muy, San Ramón, Tuma-La Dalia y Jinotega, priorizados por el programa MAP-Noruega (Programa Agroambiental Mesoamericano), implementado por el CATIE y financiado por la embajada noruega.

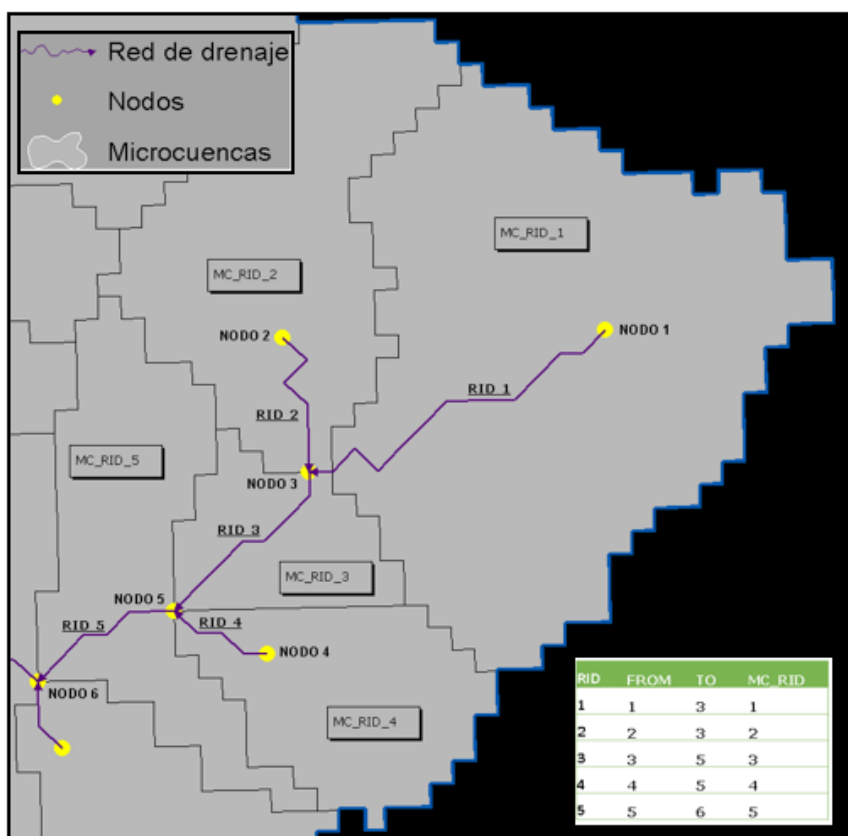


Figura 10
Ejemplo de la red de drenaje y cuencas utilizada en el estudio de Brenes *et al.* (2015) en Nicaragua.

Resultados esperados

Una matriz de identificación de usuarios de los SE de interés, que contenga además los supuestos o criterios e indicadores para priorizar áreas donde se podrían obtener mayores beneficios con base en el número de usuarios.

Mapas de los indicadores para la evaluación de prioridades que contengan la escala de desempeño de acuerdo con los supuestos establecidos y, cuando sea pertinente, considere su ubicación con respecto al flujo del servicio.

Paso 9a Priorización espacial para maximizar las SAM

¿Qué hacer?

Determinar en el territorio de trabajo áreas que maximicen las SAM de las diferentes actividades o medidas, considerando los servicios ecosistémicos de interés.

¿Cómo hacerlo?

Para identificar zonas espaciales que maximicen las SAM, es necesario procesar los mapas a través de SIG. Este análisis podría realizarse mediante la superposición de capas temáticas a través del método booleano

simple, la combinación lineal ponderada, la media ponderada ordenada o el análisis multicriterio que incorpora variables de ponderación de criterios, descritos por Buzai y Baxendale (2006). El usuario puede elegir qué método utilizar, según las capacidades técnicas y los recursos disponibles.

Con fines ilustrativos y para mantener la consistencia y la simplicidad en su implementación, en este paso usamos la superposición temática de capas utilizando los rangos de desempeño o través del método booleano simple, teniendo en cuenta la siguiente premisa: un pixel maximiza las SAM si el valor del mismo es alto en la provisión del SE y (AND) la población que se beneficia del servicio es alta (basado en Locatelli *et al.* 2013).

Superposición temática de capas utilizando los rangos de desempeño

Se realiza un análisis para cada actividad y SE. El principal insumo son los mapas elaborados en las secciones anteriores. Primero, se identifican los mapas temáticos que de acuerdo con los supuestos son importantes para la oferta y demanda del SE. Si consideramos como ejemplo el SE de prevención de la erosión (que mejora la calidad del agua para consumo humano) y la actividad de conservación y restauración de bosque, las capas temáticas de interés se muestran en el Cuadro 12.

Para realizar la superposición temática, es necesario reclasificar cada una de las capas, con el fin de que al realizar la suma se puedan identificar los pixeles que muestran las combinaciones únicas. En este caso se utilizan números únicos aumentando la cantidad de cifras por mapa; por ejemplo, en el mapa uno se utilizan unidades (1, 2, 3) en el mapa dos, decenas (10, 20, 30), en el mapa tres, centenas (100, 200, 300) y así progresivamente. Debemos ser congruentes y siempre asignar el valor con el mejor desempeño de acuerdo con el supuesto en el mismo sentido en todos los mapas (p.ej., 1, 10, 100, y 1000 como valores con mejor desempeño). Esto se realiza utilizando la herramienta reclassify en ArcGIS®.

Cuando se tienen las capas reclasificadas, se realiza el procedimiento de algebra de mapas, utilizando la operación aritmética de suma. Lo anterior se hace con la herramienta Raster calculator de ArcGIS. En la Figura 11 se muestra gráficamente el procedimiento.

Cuadro 12. Capas temáticas o mapas de interés para identificar áreas prioritarias para implementar la actividad de conservación y restauración del bosque, considerando como usuarios a la población por subcuenca beneficiada por mejoras en la calidad de agua por la disminución de la erosión.

Mapa de población por subcuenca		Mapa de pendiente (oferta)		Mapa de bosque/no bosque (oferta)	
Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación
Alta	1	Alta	10	Bosque ¹²	100
Media	2	Media	20	No bosque	200
Baja	3	Baja	30		

12 En el ejemplo ilustrado en las siguientes páginas incluimos como bosque: bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado decídulo, bosque mixto, bosque de coníferas denso, bosque de coníferas ralo, bosque latifoliado húmedo inundable.

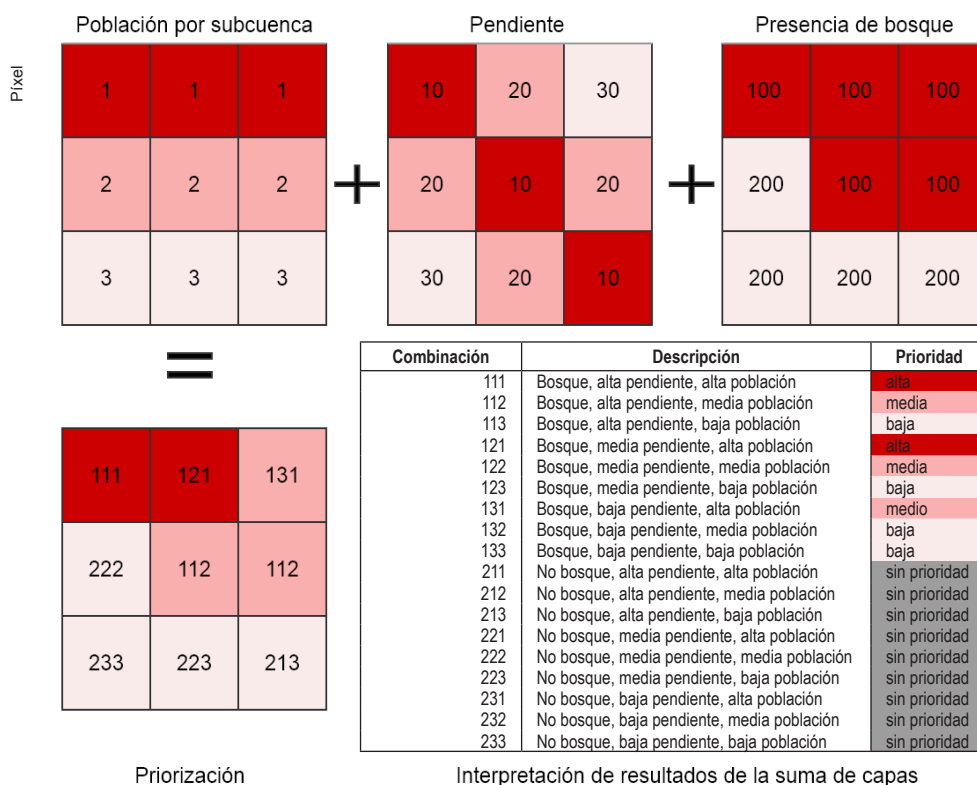


Figura 11

Representación del método suma de capas para la identificación de zonas prioritarias, medidas de conservación y restauración de bosques que favorecen la calidad de agua (previniendo erosión), para consumo humano. En rojo los pixeles que representan el mejor desempeño en cada uno de los indicadores, en rosa oscuro desempeño medio y rosa claro desempeño bajo.

Al sumar las capas temáticas, obtenemos una combinación de valores (Figura 12); de esta manera, podemos conocer detalles sobre lo que significa cada una de las combinaciones y seleccionar aquellas que presentan un desempeño alto o prioritario de acuerdo con las necesidades del proyecto o criterio experto. Por ejemplo, en este caso se han seleccionado como de prioridad alta aquellos sitios donde hay presencia de bosque, alta o media pendiente y alta población. Con este método podemos obtener zonas con alta, media o baja prioridad y su descripción, además de aquellas sin prioridad (sitios donde no hay bosque).

Superposición de capas temáticas a través del método booleano simple

El método booleano simple minimiza el riesgo de seleccionar un lugar inadecuado. Utiliza como insumo los mapas temáticos transformados en mapas de restricciones, donde cada uno de los factores se estandariza según la lógica booleana en dos categorías: 0, áreas sin aptitud; 1, áreas con aptitud. Así, cada uno de los mapas (o indicadores) será evaluado con sus mejores áreas (Buzai y Baxendale 2006). En este método cada uno de los factores tiene la misma importancia para la identificación del área prioritaria.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

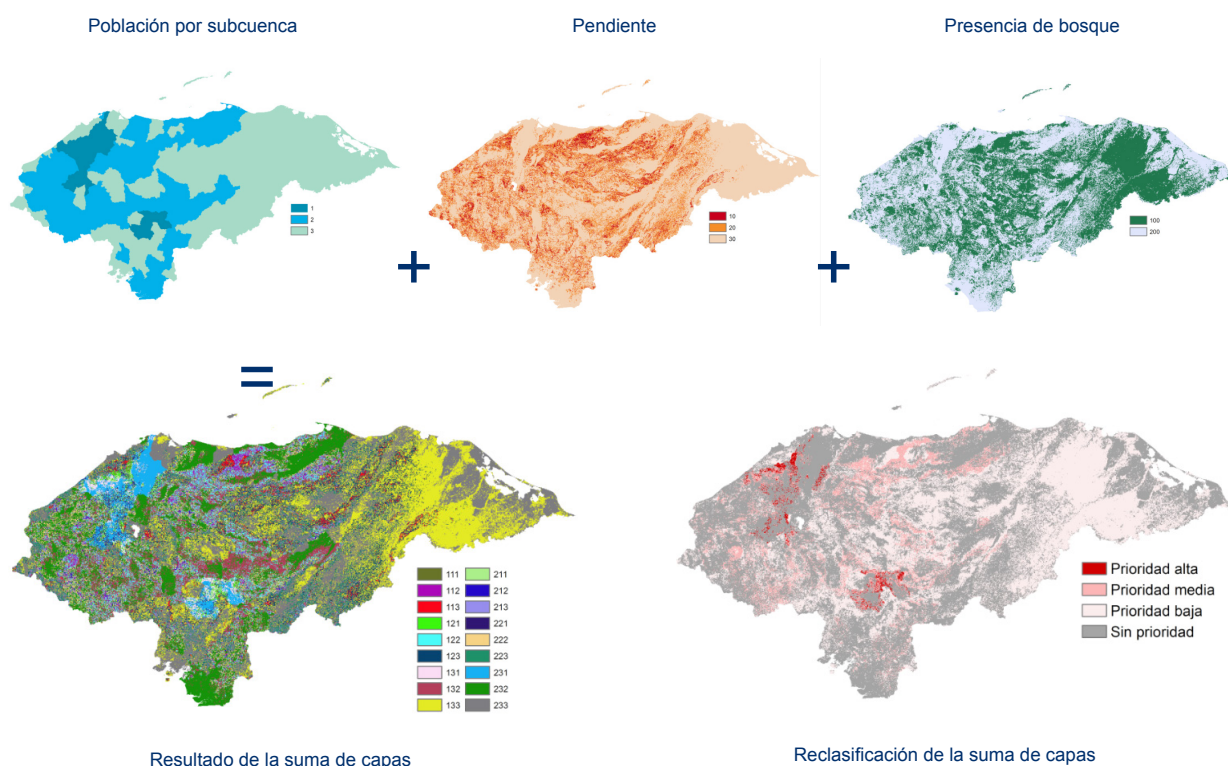


Figura 12

Identificación de áreas que maximizan SAM (áreas prioritarias) para implementar medidas de conservación de bosque que benefician la calidad de agua para consumo humano (por prevención de erosión).

Cuadro 13. Capas temáticas o mapas de interés para identificar áreas prioritarias para implementar la actividad de conservación y restauración del bosque, considerando como usuarios la población por subcuenca beneficiada por mejoras en la calidad de agua por la disminución de la erosión. Reclasificación utilizando la lógica booleana.

Mapa de población por subcuenca			Mapa de pendiente (oferta)			Mapa de bosque/no bosque (oferta)		
Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Valor de reclasificación método booleano	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Valor de reclasificación método booleano	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Valor de reclasificación método booleano
Alta	1	1	Alta	10	1	Bosque	100	1
Media	2	0	Media	20	1 ¹³	No bosque	200	0
Baja	3	0	Baja	30	0			

¹³ En este caso se considera también la pendiente media como alto desempeño.

Los mapas reclasificados se procesan mediante algebra de mapas. Se puede obtener solución a través de dos operaciones aritméticas, usando la función raster calculator en ArcGIS©. Mediante una multiplicación de las capas, los resultados posibles serían 1 (resultado de multiplicar X veces 1), que representa la mejor alternativa, y 0 (resultado de multiplicar 0 por cualquier número), representando áreas donde al menos uno de los indicadores tiene un valor de menor aptitud (Figura 13).

Si se utiliza el método de suma, el resultado cuyo valor es igual al número de indicadores (en este caso, 3) representará las áreas donde todos los indicadores tienen el valor de mayor aptitud. Otros resultados posibles serían el número de indicadores menos uno (N-1), que representaría sitios con segunda aptitud, y así progresivamente hasta llegar al N-N, que representaría las áreas con cero aptitudes. De esta manera se obtiene un mapa con aptitud escalonada; sin embargo, no es posible identificar cuál o cuáles son los indicadores que no cumplen con la mejor aptitud.

Como ejemplo del resultado obtenido con la multiplicación, se muestran áreas prioritarias calculadas con este método (Figura 14), utilizando como insumo los mismos mapas que en el ejemplo del método de superposición de capas o mapas por rangos de desempeño. Al considerar solamente los valores más aptos, el área prioritaria se reduce y se pierde información sobre las áreas con aptitud media, baja o sin aptitud. Sin embargo, dependiendo de las necesidades del usuario de la herramienta, cualquiera de los dos métodos puede ser utilizado (Figura 14).

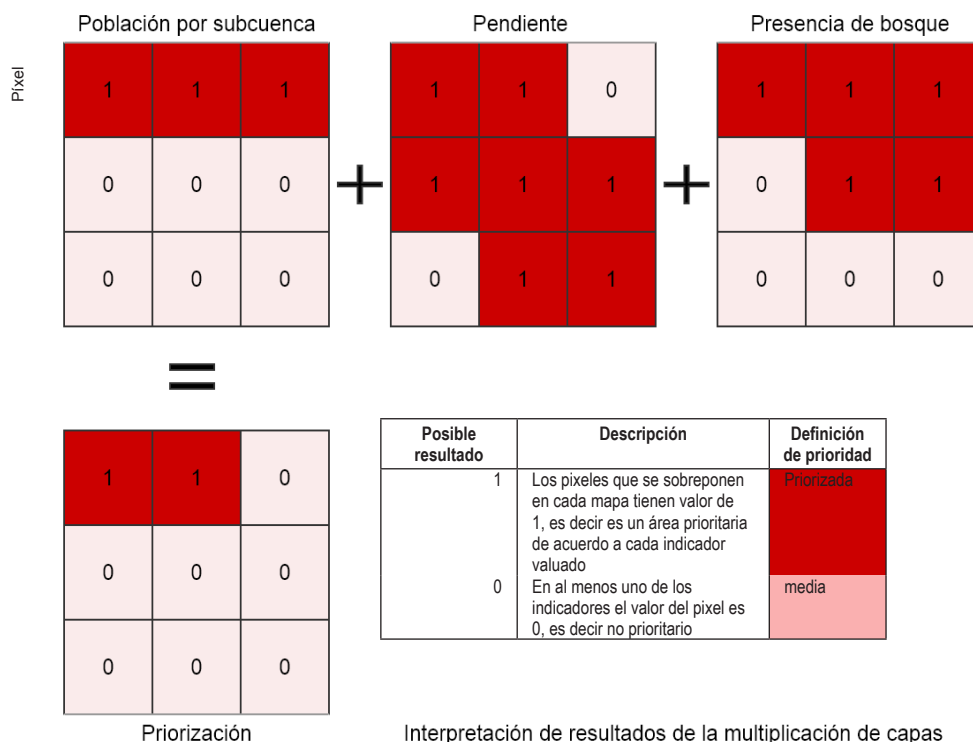


Figura 13
Representación del método de superposición de capas utilizando método booleano simple

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

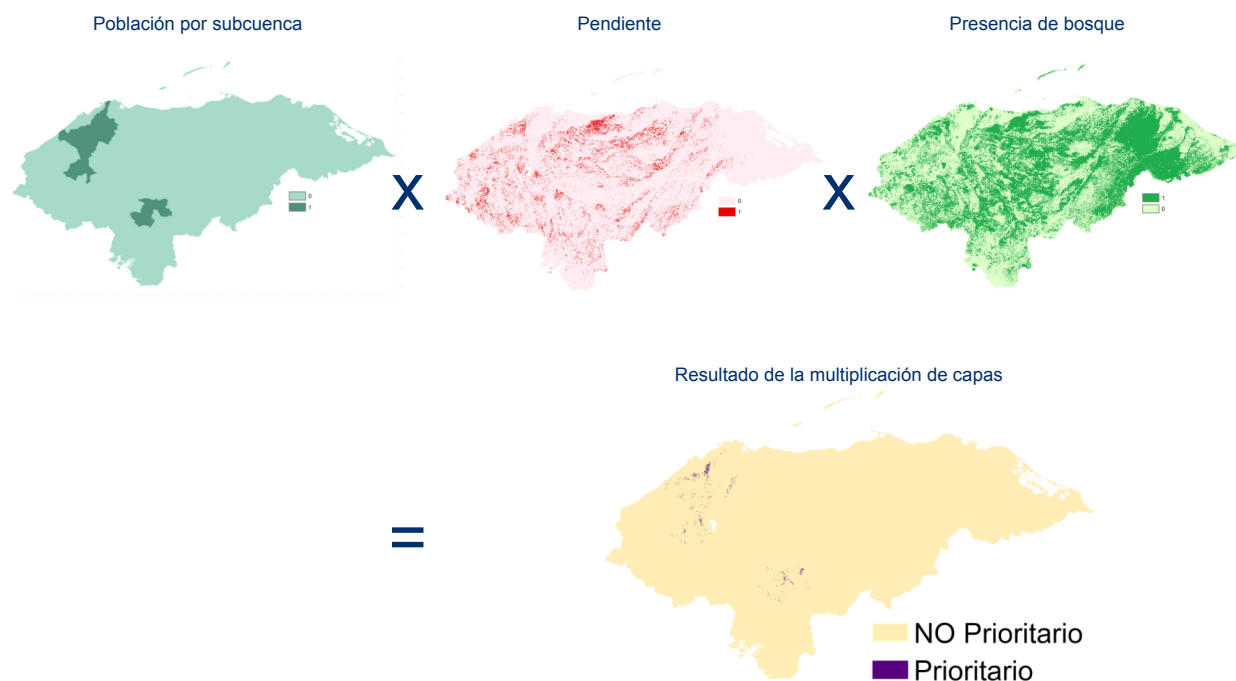


Figura 14

Representación gráfica del método booleano simple (solución por multiplicación) para identificar y priorizar áreas de provisión de servicios ecosistémicos.

Identificación de áreas prioritarias por medida y su efecto en los servicios ecosistémicos priorizados

Después de seleccionar qué método utilizar, se sintetiza la información necesaria para producir los mapas por cada actividad y servicio ecosistémico (ver ejemplo en el Anexo 10). Esta síntesis será la base para la producción de los mapas de prioridad. En la siguiente figura (Figura 15), se muestran los mapas procesados para la priorización de áreas donde implementar una medida de reforestación con especies nativas.

En el ejemplo se considera como usuario de los servicios ecosistémicos relacionados con calidad, cantidad y regulación del flujo estacional del agua a las plantas hidroeléctricas (su presencia), pero si los intereses del programa o proyecto lo establecen, los usuarios podrían ser los consumidores de agua o la población beneficiada del agua para consumo humano proveniente de nacientes y corrientes superficiales.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

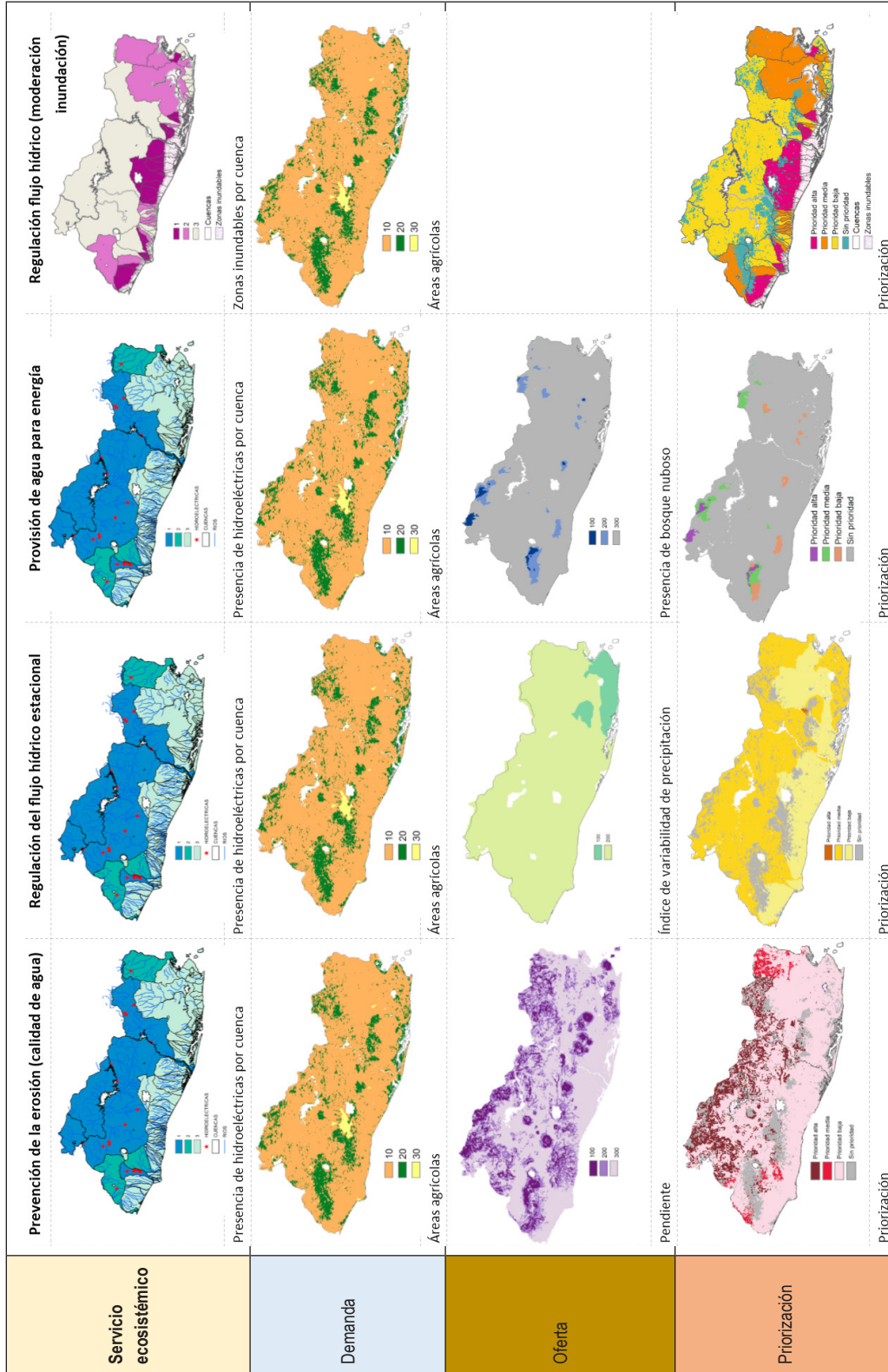


Figura 15 Identificación de sitios prioritarios para reforestar con especies nativas, considerando los diferentes SE de interés, utilizando el método de superposición de capas por rangos de desempeño.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

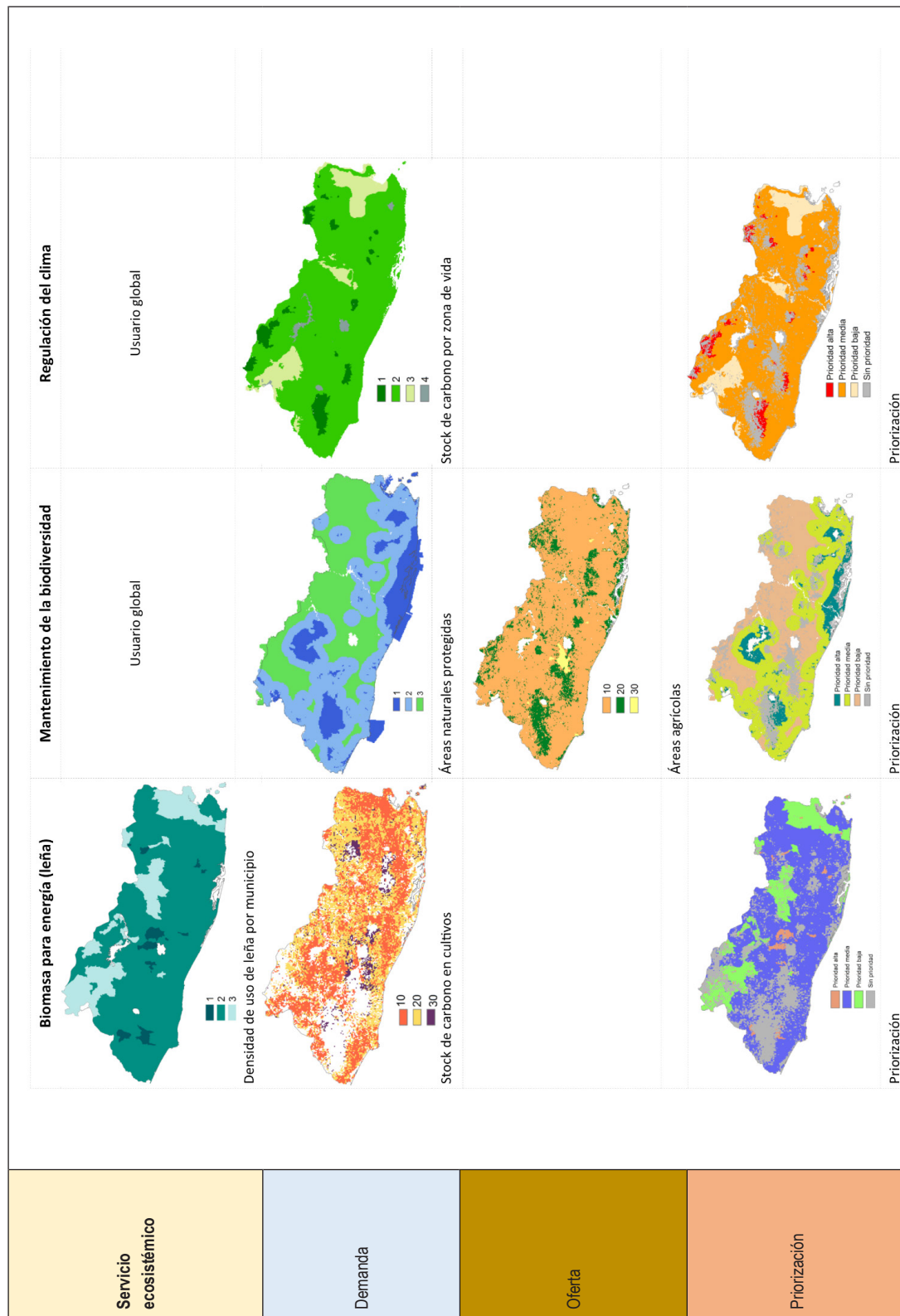


Figura 15 (Continuación). Identificación de sitios prioritarios para reforestar con especies nativas, considerando los diferentes SE de interés, utilizando el método de superposición de capas por rangos de desempeño.

Una vez determinadas las áreas prioritarias, se recomienda llevar a cabo un proceso de validación, el cual se puede realizar de diferentes maneras. Un ejemplo sería a través de un taller con expertos y conocedores del área bajo análisis (representantes de instituciones gubernamentales, ONG y organizaciones civiles o académicas). Este proceso es especialmente importante en el contexto de la planificación estratégica ya que, si se busca que los actores involucrados utilicen la información como guía, se requiere que aprueben el producto.

Herramienta para determinar áreas prioritarias para el apropiamiento de agua (desarrollado para el Programa Agroambiental Mesoamericano)

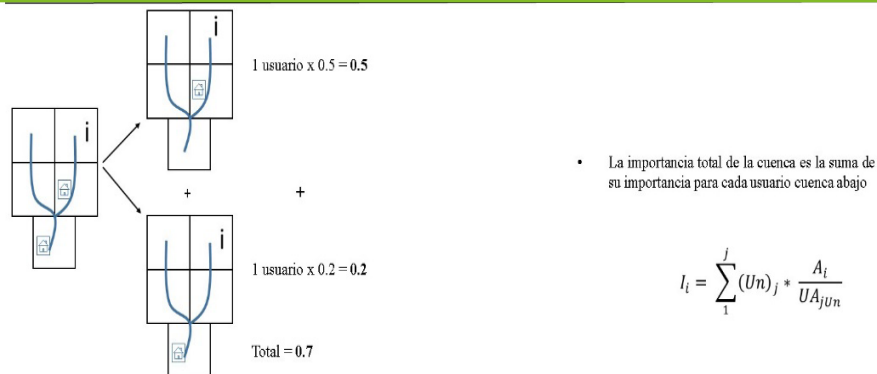
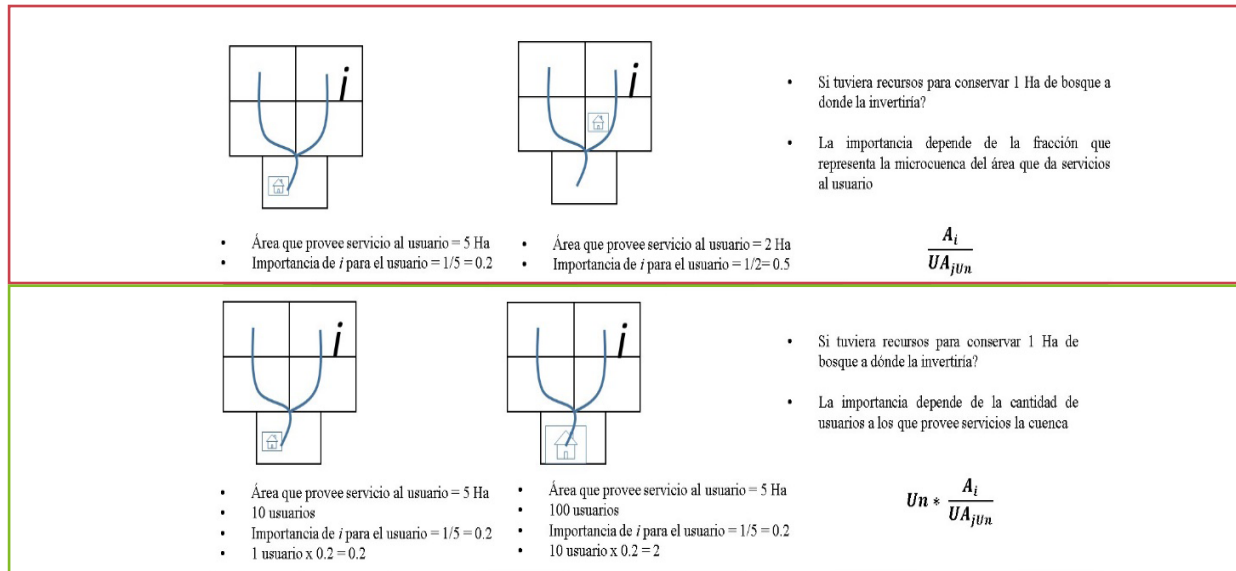
Durante el periodo 2013-2017, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) implementó el Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP-Noruega). Dicho programa operó en dos territorios mesoamericanos: Trifinio (zona fronteriza de El Salvador, Guatemala y Honduras) y NicaCentral (ocho municipios de la región centro-norte).

En el contexto del MAP-Noruega, se desarrolló una herramienta para determinar áreas prioritarias de conservación y restauración en NicaCentral, considerando la provisión del servicio ecosistémico de agua (calidad) para uso humano (oferta), los usuarios (demanda) y el flujo del servicio a través de la cuenca.

En dicha herramienta se asume que los ecosistemas forestales proveen el máximo de servicio y los agrícolas el mínimo. Los usuarios, ubicados en el espacio a través del mapeo de techos y captaciones de agua de acueductos, pueden ser integrados a un acueducto o no utilizar captaciones superficiales (ríos, quebradas, ojos de agua).

Para la delimitación espacial de las áreas prioritarias se programó un algoritmo en lenguaje Python, el cual basa su lógica en asignar importancia relativa a cada una de las microcuencas en el territorio, tomando en cuenta la cantidad de usuarios que consumen el servicio, el área de bosque (para conservación), las áreas agrícolas (para restauración) en cada microcuenca y el área total aguas arriba de cada microcuenca donde hay usuarios.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos



El esquema anterior ejemplifica la lógica utilizada por el algoritmo para asignar valores de prioridad a las microcuencas, donde la priorización resulta de la combinación de dos factores: la fracción que representa la microcuenca del paisaje proveedor del servicio (primera sección del esquema, recuadro rojo) y la cantidad de usuarios beneficiados de la provisión del servicio (segunda sección del esquema, recuadro verde) y según la suma de usuarios cuenca abajo de una microcuenca y los paisajes boscosos o agrícolas (según el caso conservación o restauración) cuenca arriba de cada usuario. El resultado de la implementación de las herramientas desarrollada para el MAP-Noruega se muestra en la Figura 16.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

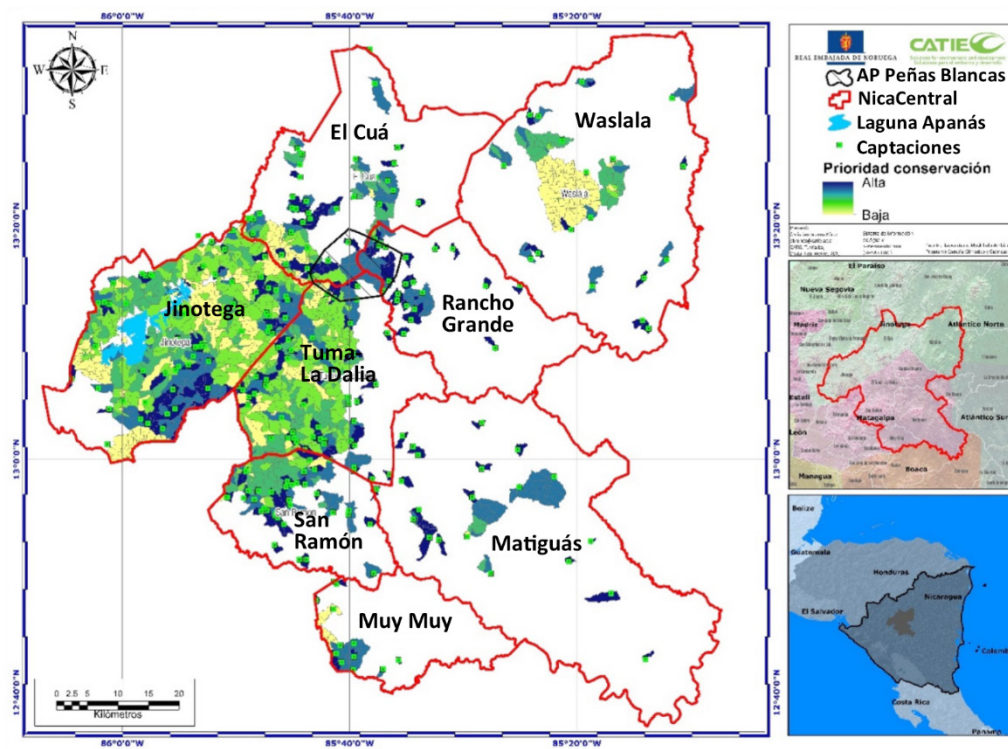


Figura 16
Áreas prioritarias para la conservación del SE de provisión de agua provista por acueductos rurales.

Identificación de posibles sitios para implementación de medidas que sean áreas prioritarias para más de un servicio

Una vez obtenidos los mapas de sitios prioritarios o que maximizan las SAM para realizar una actividad específica, considerando cada uno de los servicios ecosistémicos de interés, es factible identificar sitios que sean áreas prioritarias para más de un servicio. De esta manera, se determinan sitios donde la implementación de una medida podría generar el mayor beneficio para la provisión y uso de varios SE, logrando el uso eficiente de los recursos. Lo anterior se puede lograr utilizando de nuevo el álgebra de mapas. Los mapas de insumo en lugar de los indicadores serían los mapas de prioridades de una actividad X dados los distintos SE de interés.

Si se utilizó la superposición temática de capas con los rangos de desempeño, será necesario reclasificar los mapas para poder sumarlas de nuevo, siguiendo la misma lógica presentada en el ejemplo anterior; por ejemplo: las zonas prioritarias con valores 1, 10, 100, 1000, las zonas con prioridad media 2, 20, 200, 2000, las no prioritarias 3, 30, 300, 3000. Al elaborar la tabla de las combinaciones posibles, se podrán identificar aquellas donde haya intersecciones entre áreas prioritarias para los distintos SE. Este procedimiento permite tener una prioridad escalonada, una vez que interpretamos los resultados y asignamos valores por rangos.

Otra opción es tomar el resultado de la superposición temática de capas y reclasificarlo con valores booleanos de 1 y 0, donde 1 representa áreas de interés y 0 aquellas con menor desempeño. Al realizar la multiplicación de capas, aquellos píxeles con valor 1 serían donde se maximiza las SAM considerando varios SE. Si desde el inicio se utilizó el método booleano simple, no será necesaria la reclasificación, pues bastará con realizar algebra de mapas a través de una multiplicación o suma (cuyo resultado proporcionará resultados escalonados, donde haya prioridad para todos los SE de interés o solo algunos).

Resultados esperados

Mapas con prioridades para maximizar las SAM por cada medida o actividad y SE de interés.

Mapas con prioridades para maximizar SAM por cada medida que identifiquen sitios donde haya zonas de prioridad o importancia para varios SE.

Paso 9b Análisis comparativo entre diversas actividades y ubicaciones para su implementación: índice SAM

¿Qué hacer?

Una vez que se tiene información geográfica sobre sitios donde se maximizan las SAM (áreas prioritarias) para cada una de las actividades, es factible comparar el grado de posibles beneficios SAM de la implementación de una medida en distintos sitios o incluso entre distintas medidas implementadas en la misma ubicación.

¿Cómo hacerlo?

Tomando como base los mapas que sintetizan el desempeño de los indicadores (oferta y demanda), en el paso anterior se produjeron mapas con prioridades espaciales por actividad (Figura 15) en los cuales se muestran los sitios donde se maximiza SAM como sitios de prioridad alta, aquellos donde el beneficio es intermedio como prioridad media y otros donde el desempeño es el menor como prioridad baja. Así mismo, se identifican sitios sin prioridad, como aquellos donde no se cumplen los requisitos para realizar la actividad, por ejemplo, áreas de agricultura, suelo desnudo o áreas urbanas.

Dependiendo de dónde se implemente la medida, podría ubicarse en más de una zona prioritaria. Para evaluar las SAM de una medida con respecto a los distintos SE de interés y en diferentes ubicaciones, es posible implementar un indicador cuyo máximo valor represente que la medida se implementa en un área prioritaria para todos los SE. Dicho indicador se ha denominado índice SAM; a través de él se pueden comparar dos o más sitios para implementar la misma actividad y apoyar la toma de decisiones. Además, si hay actividades en ejecución no diseñadas bajo el enfoque de sinergia, podrían evaluarse utilizando este índice para identificar su aporte desde la perspectiva de SAM, siempre y cuando no se identifiquen disyuntivas entre adaptación y mitigación derivadas de su implementación.

El índice SAM se basa en el nivel de priorización que tiene el sitio donde se implementa la medida; por esta razón, es más explicativo si contamos con mapas que representen varios niveles de priorización y no solamente priorizado y no priorizado (como en los mapas que resultan al utilizar el método de superposición de mapas booleano simple a través de la multiplicación).

El índice SAM está compuesto por el grado de importancia o prioridad que tiene el sitio donde se implementa la actividad o medida por evaluar por cada SE. Asume que las SAM son mayores cuando benefician la mayor cantidad de SE y la actividad se ejecuta en un sitio prioritario para todos los SE. A continuación, presentamos un ejemplo de cómo calcular el índice, utilizando los mapas de identificación de áreas prioritarias.

En la Figura 17 se muestran cuatro posibles ubicaciones para realizar la actividad que quiere evaluarse utilizando el índice SAM. En este caso, el valor máximo del índice es 3, y puede cambiar dependiendo de lo que establezca el usuario de la herramienta y los rangos que contengan los mapas de priorización.

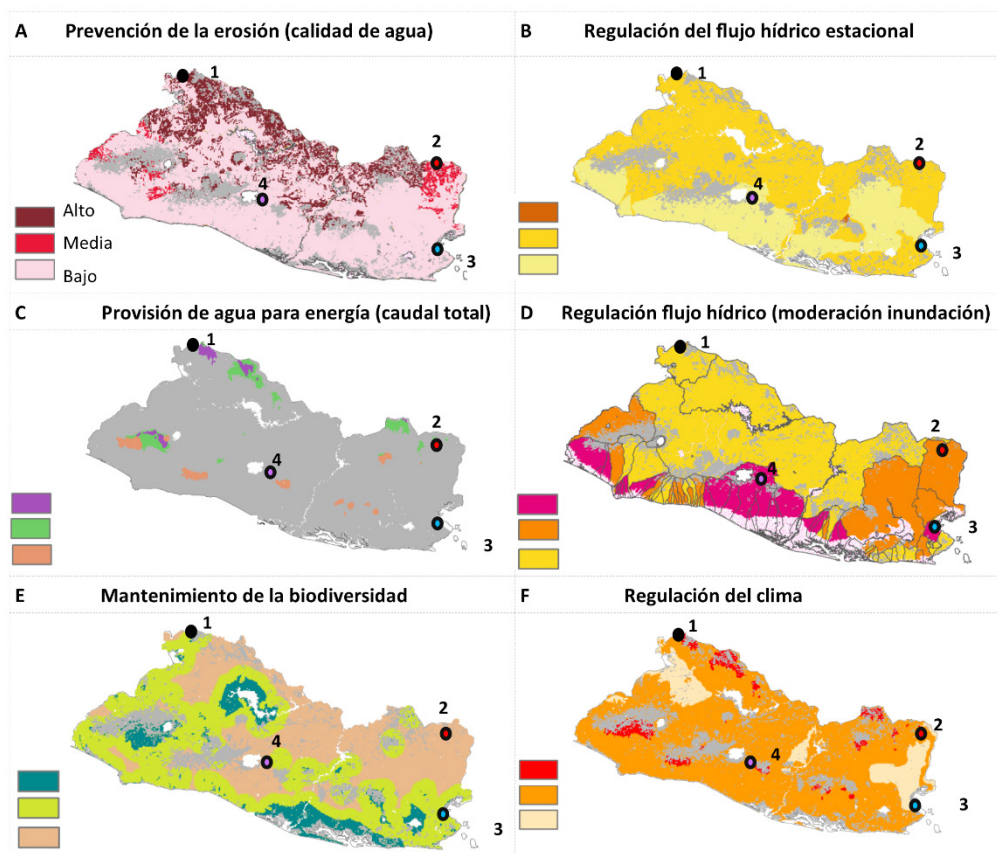


Figura 17
Sitios prioritarios para implementar la medida de reforestación con especies nativas en El Salvador por SE de interés. En gris sitios sin priorización. Los puntos representan ubicaciones ficticias por evaluar a través del índice SAM.

Cuadro 14. Cálculo del Índice SAM.

Servicio ecosistémico (letras de identificación de la figura)	Ubicación 1		Ubicación 2		Ubicación 3		Ubicación 4	
	Rango	valor	Rango	valor	Rango	valor	Rango	valor
A	Alto	3	Medio	2	Bajo	1	Bajo	1
B	Medio	2	Medio	2	Medio	2	Bajo	1
C	Alto	2	Fuera	0	Fuera	0	Fuera	0
D	Bajo	1	Medio	2	Alto	3	Alto	3
E	Alto	3	Bajo	1	Medio	2	Bajo	1
F	Alto	3	Medio	2	Bajo	1	Medio	
TOTAL		14		9		9		6
Índice SAM		2.33		1.5		1.5		1

El índice puede representarse de manera gráfica para poder identificar claramente aquellos SE donde se maximizan las SAM por SE e identificar diferencias entre aquellos sitios donde el índice tiene el mismo valor (Figura 18).

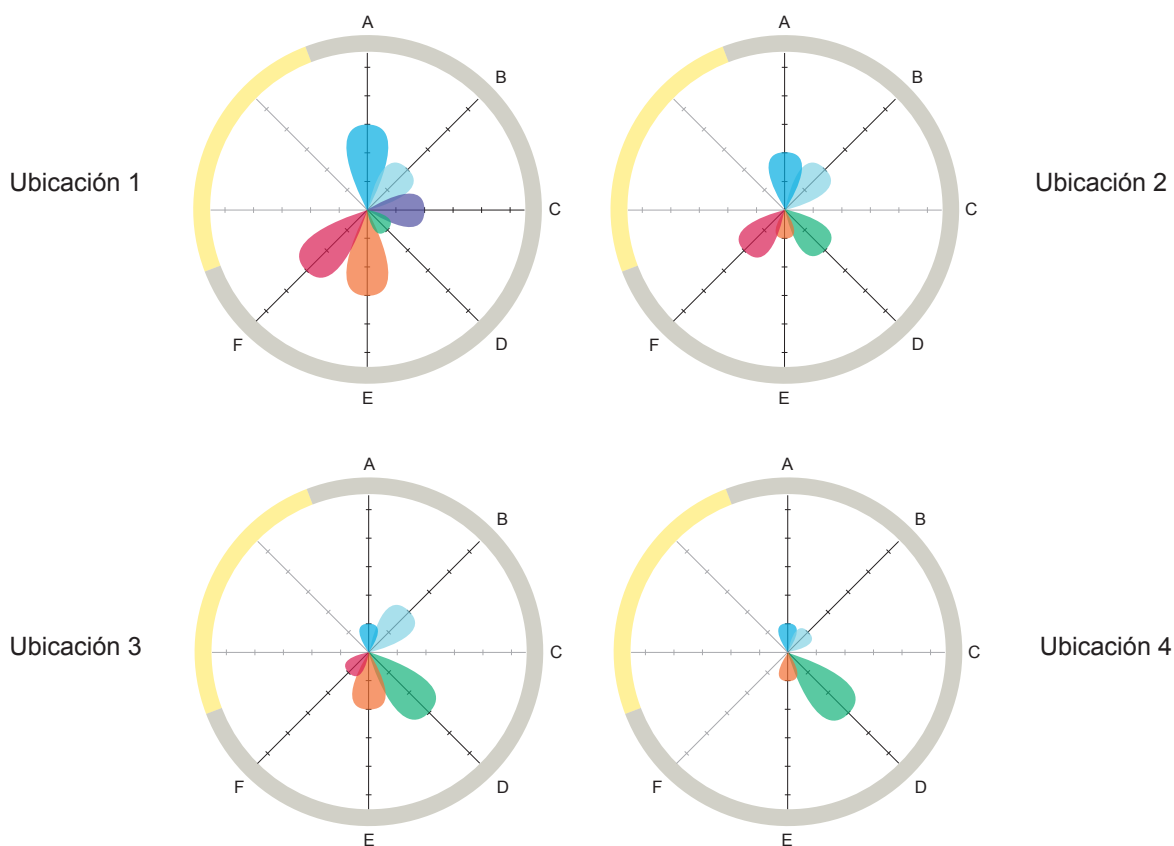


Figura 18
Representación gráfica del índice SAM.

No es indispensable recurrir al índice SAM, como en los pasos anteriores; para algunos usuarios de la herramienta será suficiente contar con áreas prioritarias para maximizar SAM. Sin embargo, al utilizar el índice se genera información adicional que contribuye a tomar decisiones más informadas y tener una visión global de las diferentes ubicaciones para implementar las medidas.

En esta herramienta, presentamos la versión más sencilla del índice; sin embargo, si el usuario lo considera pertinente, puede incluir otros supuestos, como otorgar valores de importancia a los distintos SE.

Resultados esperados

Mapas de priorización con ubicaciones por evaluar, por cada media o actividad y SE de interés, cálculo del índice SAM para cada una de las posibles ubicaciones y representación gráfica del índice SAM.

FASE 4. Implementación y monitoreo

Una vez identificadas las áreas prioritarias, el paso natural es ir a la implementación (Figura 19). Dependiendo de la escala de trabajo (nacional, regional, local) y el nivel de planificación en el que se usó la herramienta (planificación estratégica o planificación operativa), en este paso se debe llegar a la implementación *in situ* o a la identificación de responsables de realizarla y definir acuerdos para promover las medidas.

Esta sección no pretende ser un manual exhaustivo de cómo llevar hasta la implementación las medidas identificadas, sino establecer las preguntas por responder y las consideraciones mínimas para concretar la implementación de la manera más eficiente, que permita derivar los beneficios esperados. De igual manera, no se establece detalladamente cómo diseñar e implementar un sistema de monitoreo, pero se plantean los conceptos generales por seguir.

Paso 10 Planificación para la implementación

¿Qué hacer?

Establecer los pasos para llegar a la implementación de las acciones en los sitios priorizados, considerando la parte operativa, administrativa y técnica.

¿Cómo hacerlo?

Para poder llegar a la implementación de acciones, es necesario tener claro cómo se va a operar o proceder. Lo primero es decidir quiénes son los responsables de la implementación. Dependiendo del contexto en el que se usa la herramienta SAM, los responsables de implementar podrían ser:

- i. **En el contexto de planificación estratégica:** el usuario de la herramienta no es el responsable directo de la implementación de acciones, sino el responsable de establecer directrices para que otras instituciones o proyectos las guíen. En este caso, el usuario de la herramienta SAM no debe desarrollar detalladamente esta sección, pues su principal función será identificar instituciones y organizaciones cuya naturaleza las vincule a la implementación de acciones propuestas y comunicar los resultados de las fases anteriores. El papel que adquiere el usuario de la herramienta en este caso es el de promotor de las acciones, lo cual debería favorecer la implementación. En este punto es recomendable desarrollar un plan de trabajo para la promoción y difusión de los lineamientos (medidas y sitios prioritarios).

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

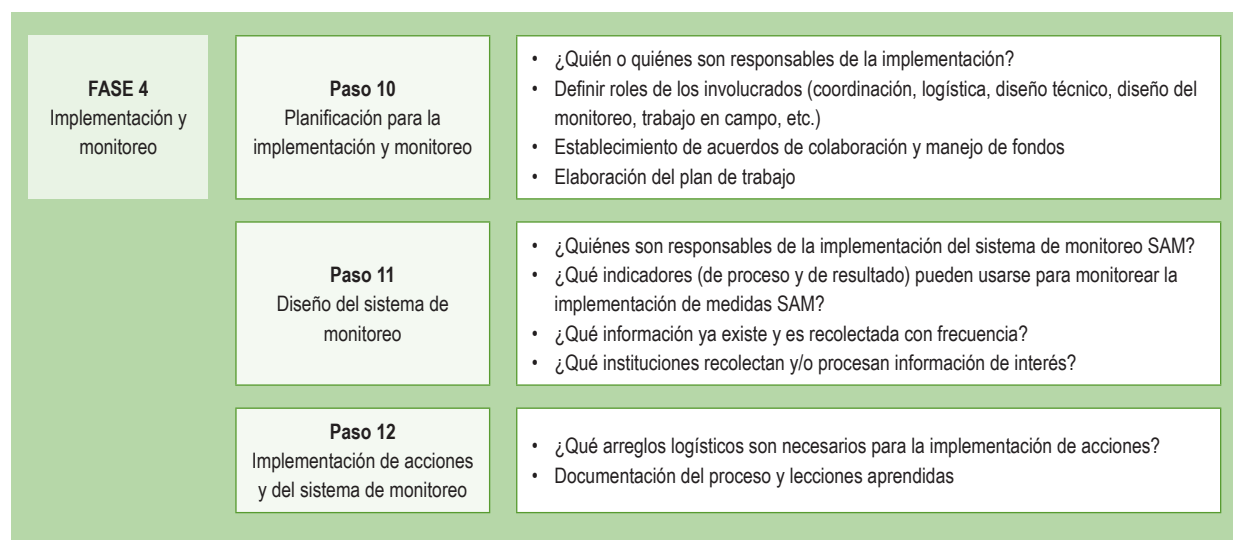


Figura 19
Pasos considerados en la Fase 4 y principales preguntas por responder en cada uno de ellos.

- ii. En el contexto de la planificación operativa de un proyecto (u otro) con participación de múltiples instituciones:** el usuario de la herramienta es responsable de la implementación en conjunto con otras organizaciones. En este caso se deberá tener claro el papel de cada institución involucrada y realizar la planificación general en conjunto, mientras que la planificación detallada será ejecutada por cada una de las instituciones, dependiendo de sus responsabilidades. Si el territorio es amplio, es recomendable estratificarlo geográficamente, y si los temas abordados son vastos, asignar responsables por temática puede ser una estrategia acertada.
- iii. En el contexto de la planificación operativa:** el usuario de la herramienta es el responsable directo de la implementación de las acciones; generalmente, la escala de trabajo es regional o local. Al igual que en el caso anterior, se deberá definir quiénes dentro de la organización o institución participarán en la implementación de las acciones y definir sus roles y responsabilidades. El plan de trabajo desarrollado en este caso es detallado.

En cuanto a los **acuerdos y procesos administrativos**, es altamente recomendable que cuando haya más de una institución responsable de la implementación de acciones, se establezcan acuerdos claros y concretos de colaboración, y que todos los involucrados conozcan bien los procesos administrativos vinculados, la gestión de los recursos y rendición de cuentas. Debemos asegurarnos de que las partes administrativa y técnica del equipo se comuniquen para garantizar que los procedimientos sean compatibles en la medida de posible con lo que sucede en el campo, lo cual puede facilitar el proceso de implementación y evitar problemas a lo interno del equipo.

En relación con el **manejo de fondos**, es necesario tener claridad sobre su gestión y los procedimientos para acceder a ellos, especialmente cuando son administrados por una institución diferente a la responsable de implementar las acciones. Definir formas de pago y asegurarse de que los desembolsos concuerdan con los gastos programados en la planificación puede ser la diferencia entre una implementación efectiva de las acciones y dificultar e incluso frenar el proceso.

Cuadro 15. Consideraciones mínimas para planificar acciones. Diferencias entre el contexto de la planificación estratégica y operativa.

Responsabilidad	Planificación estratégica	Planificación operativa	
		Múltiples instituciones	Una institución
Establecer lineamientos (medidas y sitios prioritarios)	x	x	X
Difundir/comunicar lineamientos	X		
Acuerdos y procesos administrativos		Acuerdos de colaboración detallados	
Manejo de fondos		Definir claramente los procedimientos para manejo de fondos	Definir claramente los procedimientos para manejo de fondos
Plan de trabajo	Específico para difusión, comunicación y promoción de las medidas en los sitios priorizados	General, la planificación detallada la desarrolla cada institución	Detallado
Diseño de estrategia de implementación		x	x
Diseño técnico de las medidas		x	x
Diseño del sistema de monitoreo	x	x	x

El **plan de trabajo** deber responder las siguientes preguntas: ¿Qué se hace?, ¿Quién lo hace?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? (de manera general), ¿Dónde? y ¿Cuáles son los recursos disponibles o necesarios? Este plan de trabajo es similar al que se elabora en el Paso 3 de esta herramienta, pero se centra en la implementación de las acciones o promoción de las mismas, según sea el caso. El plan debe especificar quién diseñará las estrategias de implementación, el diseño técnico, el trabajo de campo y el responsable de las cuestiones logísticas.

La planificación para la implementación de acciones incluye el **diseño de estrategia de implementación**, donde lo primero por responder es ¿Quién realizará la acción?: podría ser el equipo técnico de una institución o los pequeños o grandes productores. En la estrategia deben también definirse los sitios (de la manera más específica posible) y la descripción general de cómo se implementarán las acciones; por ejemplo, a través de pagos de cuadrillas para reforestar en sitios específicos o mediante la capacitación a pequeños productores con escuelas de campo u otra metodología, o promoviendo la participación de productores en programas de pagos por servicios ambientales, por mencionar algunos ejemplos. En la estrategia especificamos todo aquello necesario para llegar a la implementación, incluyendo la capacitación del personal, de considerarlo oportuno.

En la fase de planificación para la implementación de acciones es importante considerar el diseño técnico de las medidas (tanto SAM como medidas complementarias priorizadas en la Fase 2 de esta herramienta). Este diseño debe tomar en cuenta las características biofísicas del sitio de implementación; los recursos disponibles tanto en la institución como en el sitio de implementación (económicos, tecnológicos, infraestructura); y las características y costumbres del implementador. El diseño debe describir al menos los insumos necesarios (por ejemplo, variedades de plantas utilizadas para barreras contra vientos, especies de árboles recomendados para reforestación o plantaciones dendroenergéticas) y cómo realizar la implementación y el mantenimiento.

Resultados esperados

Acuerdos de colaboración elaborados y debidamente reconocidos por las instituciones involucradas, bitácoras o memorias de reuniones entre los equipos administrativos y técnicos que comprueben que todos han sido informados sobre los procedimientos administrativos y de manejo de fondos.

El documento de plan de trabajo general para la implementación de acciones o difusión de las medidas y sitios prioritarios, según sea el caso.

Documento de diseño de la estrategia de implementación de las acciones y otros documentos complementarios (por ejemplo, manuales de escuelas de campo, si su establecimiento fuese parte de la estrategia).

Documentos del diseño técnico de las distintas medidas.

Paso 11 Diseño del sistema de monitoreo y evaluación

A pesar de que el diseño del sistema de monitoreo para la implementación de acciones forma parte de la planificación, se separa en un paso aparte para destacar su importancia, aunque en la práctica se desarrolla en paralelo y en estrecha vinculación con la planificación.

¿Qué hacer?

Establecer cómo debe procederse para el monitoreo de la implementación de las acciones priorizadas y la evaluación de los resultados e impactos de la misma.

¿Cómo hacerlo?

El diseño del sistema de monitoreo incluye procesos, herramientas y técnicas para reunir información de manera sistemática y periódica, para analizar el proceso, resultado e impacto de las actividades implementadas; el sistema debe estar integrado a la planificación (Naswa *et al.* 2015).

Aun cuando la herramienta SAM es implementada en el contexto de la planificación estratégica, cuyo fin no es llegar a la implementación en campo, sino servir de guía y establecer lineamientos para que otros procesos más específicos ejecuten las actividades, se recomienda diseñar un sistema de monitoreo general. A través de dicho sistema debería poderse recopilar información general de quienes implementan las acciones y obtienen resultados.

Cuando la herramienta se utiliza en el contexto de la planificación operativa, es necesario identificar si existen sistemas de monitoreo en un contexto más amplio (o estratégico, por ejemplo, el diseño del sistema de monitoreo de los cobeneficios generados por la iniciativa REDD+ MbA en El Salvador; Corrales y Fung 2017), para que el diseño sea compatible con él. Incluso si las actividades SAM forman parte de un proyecto que contiene otras actividades o metas, puede incluirse en el sistema general de monitoreo y evaluación del proyecto (M&E).

Monitoreo: “recolección y análisis de información rutinaria para dar seguimiento al avance de planes establecidos y determinar el nivel de cumplimiento, de conformidad con estándares preestablecidos” (IFRC 2011).

Evaluación: es la apreciación sistemática de una actividad, proyecto, programa, etc. que se concentra en los logros esperados examinando la cadena de resultados y procesos.

Elementos por considerar en el diseño del sistema de M&E

Escala. La escala a la cual se realiza el monitoreo (nacional vs. local, por ejemplo) es determinante para la definición de indicadores de resultado.

Selección de indicadores. Se recomienda considerar al menos indicadores de proceso (para evaluar el avance durante el proceso) e indicadores de resultados o impactos (para evaluar el efecto de la implementación). Los indicadores de proceso se miden constantemente durante la implementación de las medidas SAM, mientras que los de resultados se miden en momentos específicos (si se trata de un proyecto, por ejemplo, se miden al inicio, en el medio término y al final).

A) Indicadores de proceso o desempeño. Responden a la pregunta ¿dónde se encuentra el proceso de implementación de acciones SAM con respecto a lo planeado? La definición de estos indicadores está estrechamente vinculada a la implementación de las acciones y su avance con respecto a lo planeado. Algunos ejemplos de indicadores de desempeño son el número de hectáreas reforestadas, el número escuelas de campo establecidas, el número de familias que participan o concluyen procesos de capacitación, los metros lineales de cercas vivas plantadas, etc.

B) Indicadores de resultado. el sistema de M&E para medidas SAM deberá incluir indicadores de resultado de la provisión y los beneficios ecológicos derivados de los SE; por ejemplo, el mantenimiento y la mejora de las reservas de carbono, la restauración de funciones hidrológicas, el mantenimiento de regímenes climáticos locales, y la conservación de suelos o especies, entre otros. Se espera que los indicadores sean congruentes con los supuestos identificados en la Fase 3 de esta herramienta. Corrales y Fung (2017) proponen utilizar el marco de referencia propuesto por Van Oudebhoven *et al.* 2012 (Anexo 11) como marco para evaluar los vínculos entre las actividades REDD+, la prestación de SE y el bienestar humano. Este mismo marco puede servir para vincular medidas SAM derivadas de la gestión de recursos naturales, los SE y el bienestar. En el Cuadro 16 presentamos algunos ejemplos de indicadores de resultados para evaluar medidas SAM con respecto a efectos, supuestos y servicios priorizados.

Se puede explorar las herramientas existentes (Cuadro 17) para medir los cambios en la provisión de diferentes SE, considerando los cambios derivados de la implementación de acciones que generan SAM, entre ellos el conjunto de herramientas para la evaluación de servicios ecosistémicos en un sitio específico (TESSA, siglas en inglés de Toolkit for Ecosystem Service at Site-based Assessment), el cual guía a personal local no especializado a través de una selección de métodos, relativamente accesibles, para identificar cuáles SE son importantes en el sitio y evaluar la magnitud de los beneficios que obtiene actualmente la gente en el lugar, para compararlos con aquellos esperados con usos alternativos (que podrían ser derivados de la implementación de acciones SAM; Peh *et al.* 2013).

Métodos para la toma de mediciones. Se pueden identificar al menos dos grandes grupos: i) las que se pueden medir a la distancia utilizando sensores remotos (imágenes satelitales, fotografías aéreas, imágenes capturadas por drones) y ii) mediciones que se calculan *in situ*, las cuales en muchos casos sirven para calibrar y validar mediciones remotas (Corrales y Fung 2017). Para recolectar los datos e información necesaria para calcular los indicadores, se deben definir los aspectos logísticos de búsqueda, adquisición y clasificación de la información (Corrales y Fung 2017). Cada indicador debe contar con un protocolo para su cálculo e interpretación, así como su línea base.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Cuadro 16. Ejemplos de indicadores de resultados para evaluar SAM.

Servicio ecosistémico	Supuesto	Posible indicador de resultado
Provisión de alimento	Aumenta la provisión de alimento por aprovechamiento de frutos de árboles (de reforestaciones o sistemas agroforestales) y los ingresos por sus ventas	% de familias que incorporan frutos (de reforestaciones o sistemas agroforestales) en su dieta. Aumento promedio en ingresos por venta de frutos.
Provisión de agua	Aumenta la retención de humedad y por lo tanto mejora la disponibilidad del recurso para los usuarios río abajo	Cantidad de agua o caudal* % hogares con acceso a agua*
Regulación del flujo hídrico (estacional)	Regula el flujo estacional de corrientes superficiales, mejorando la disponibilidad del recurso en épocas secas	Caudal mínimo en época seca
Regulación del clima	Aumenta el secuestro de carbono	Carbono biomasa aérea* Carbono en el suelo*
Prevención de la erosión (calidad de agua)	Podría disminuir la erosión, la vegetación ribereña filtra sedimentos y agentes contaminantes	Calidad del agua (turbidez y sedimentos) Índice de calidad de agua*
Regulación del flujo de agua y moderación de eventos extremos	Podría reducir el flujo pico de los ríos, disminuye el riesgo de inundaciones	Superficie afectada por inundaciones, % de la población afectada por inundaciones
Recreación y turismo	El buen estado de los bosques ofrece sitios de interés para el turismo	Número y visitación de centros de recreación, turismo y áreas naturales protegidas*

*Tomado de Corrales y Fung (2017).

Cuadro 17. Herramientas y técnicas para evaluar distintos servicios ecosistémicos.

Herramienta o enfoque	Descripción
Kit de herramientas para la evaluación de servicios ecosistémicos en un sitio específico (TESSA - <i>Toolkit for Ecosystem Service at Site-based Assessment</i> ; Peh <i>et al.</i> 2013)	Práctico conjunto de herramientas para medir y monitorear servicios (regulación del clima, servicios relacionados con el agua, recreación, ecosistémicos en un sitio específico, productos cultivados y cosechados).
Evaluación e investigación de infraestructura para la provisión de servicios ecosistémicos (ARIES - <i>Artificial Intelligence for Ecosystem Services</i> ; Bagstad <i>et al.</i> 2011)	Método de modelado para cuantificar servicios ambientales y factores que influyen sus valores, en un espacio geográfico específico y de acuerdo con las necesidades y prioridades establecidas por los usuarios.
Valoración integrada de servicios ecosistémicos y disyuntivas (InVEST - <i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade offs</i> ; Tallis <i>et al.</i> 2013).	Herramienta para evaluar distintos escenarios que conducen a diferencias en la provisión de servicios ecosistémicos y el bienestar humano.
Modelaje integrado multiescala de servicios ecosistémicos (MIMES - <i>Multi-scale Integrated Models of Ecosystem Services</i> ; WBCSD 2013)	Conjunto de modelos para determinar cómo distintos escenarios de manejo podrían llevar a diferencias en la provisión de servicios ecosistémicos y el bienestar humano.

Fuente: traducido de Peh *et al.* (2013).

Transparencia. En el diseño del sistema de monitoreo y evaluación es importante considerar la transparencia del proceso (ADEME 2013). La expectativa que rodea las actividades de adaptación y mitigación al cambio climático es cada vez mayor; los actores muestran un mayor interés por conocer los avances y la manera en que los fondos, generalmente públicos o de la cooperación para el desarrollo, son ejecutados y cuáles han sido los resultados. Una medida que contribuye a la transparencia es hacer disponible la información de reportes (en la medida de lo posible), por lo que una estrategia de comunicación es fundamental.

Costos. Se incluyen costos de diseño y operación del sistema (p.ej., levantamiento o recolección de los datos, su procesamiento y análisis, considerando pagos de hardware, software y sus respectivas licencias).

Recursos tecnológicos y humanos. Hardware y software necesarios para la operación del sistema a lo largo de sus diferentes etapas: recolección de datos, procesamiento y análisis, resguardo de la información y difusión. Además, las capacidades y habilidades necesarias para operarlo. Corrales y Fung (2017) proponen los siguientes requisitos tecnológicos para un sistema nacional de M&E : “(a) separar el almacenamiento del análisis de los datos, (b) diferenciar los métodos del software utilizado, (c) asegurar varias copias de seguridad en localidades distintas, (d) escalabilidad, incluyendo el análisis que se ejecuta en el escritorio, en el servidor o en la nube, (e) los costos a largo plazo (licencias, soporte hardware y software, conocimientos), (f) descripción de los datos (metadatos) y (g) el intercambio y la difusión de los datos”.

Uso de tecnologías móviles para levantamiento de datos en el campo. Cada vez resulta más económico y accesible utilizar tecnologías móviles, como las aplicaciones para celulares y tabletas, que pueden ayudar a disminuir el riesgo de errores derivados del proceso de transcripción de fichas de papel a formato digital, además de optimizar los tiempos y recursos invertidos para acceder a la información de manera digital.

Gobernanza del sistema de monitoreo. Especialmente cuando se trata de un monitoreo a escala nacional o subnacional, donde diversas instituciones están involucradas en la recolección o provisión de información para los indicadores, es preciso identificar quién será el ente coordinador y establecer acuerdos para el intercambio de información y asegurar la cooperación en el mediano o largo plazo.

Existen algunos documentos especializados en el desarrollo de metodologías o lineamientos para establecer sistemas de monitoreo para la adaptación o mitigación, los cuales pueden servir de guía para elaborar el sistema de M&E; por ejemplo, ADEME (2013), o el estudio sobre buenas prácticas indicadores para el desarrollo, selección y uso en adaptación al cambio climático realizado por Climate-eval (Dinshaw *et al.* 2014), que describe algunos de los marcos metodológicos de M&E utilizados en el contexto de cambio climático.

Resultados esperados

Diseño del sistema de monitoreo y documentos auxiliares (fichas de reporte, aplicaciones para captura remota, en caso necesario manuales para recolectar o capturar información, entre otros).

Plan de implementación del sistema de monitoreo.

Paso 12 Implementación de acciones y del sistema de monitoreo

¿Qué hacer?

Implementar en el campo las medidas priorizadas y el sistema de monitoreo y evaluación.

¿Cómo hacerlo?

Se deben ejecutar las acciones planificadas para lograr la implementación de las acciones y el sistema de M&E. Además, al emprender la ejecución en el campo, pueden realizarse planes de trabajo mensuales o semanales para llevar un control sobre el avance. Es fundamental mantener un registro cuidadoso de las medidas implementadas y, de preferencia, tener información georreferenciada con el mayor detalle posible.

Es importante documentar el proceso para alimentar futuras iniciativas; por ejemplo, qué barreras se identificaron, cómo se enfrentaron esas barreras, qué causó retrasos, qué funcionó y que no, etc. La coordinación es fundamental para lograr que la implementación de las acciones se realice en los tiempos y plazos establecidos; es importante que quien coordine el trabajo en el campo se reúna con regularidad con quien realiza el apoyo logístico.

Este paso se omite si la planificación se desarrolla en un contexto de planificación estratégica, ya que este tipo de planificación no llega hasta el punto de implementación.

Resultados esperados

Planes de trabajo para actividades de campo en el corto plazo.

Reportes y documentos de registro de los avances, información georreferenciada de los avances, sistematización de lecciones aprendidas.

Acciones o medidas implementadas en el campo.

Documentos de reporte del sistema de monitoreo.

Bibliografía

- ADEME (Agencia de Ambiente y manejo de Energía, Francia). 2013. Monitoring & evaluating climate change adaptation at local and regional levels. Learning from international experience to develop an M&E methodology (en línea). 55 p. consultado 3 nov. 2017. Disponible: <http://www.ademe.fr/en/monitoring-and-evaluating-climate-change-adaptation-at-local-and-regional-levels>
- Bagstad, KJ; Villa, F; Johnson, GW; Voigt, B. 2011. ARIES – Artificial Intelligence for Ecosystem Services: A guide to models and data, version 1.0. ARIES report series no. 1. Disponible en: <http://www.ariesonline.org/docs/ARIESModelingGuide1.0.pdf>
- Berry, P; Brown, S; Chen, M; Kontogianni, A; Rowlands, O; Simpson, G; Skourtos, M. 2015. Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. *Clim. Change* 128(3-4):381–393, doi:10.1007/s10584-014-1214-0
- Brenes, C; Imbach, P; Molina, L; Medellín, C; Vilchez, S; Guerrero, A; Coto, A. 2015. Mapeo de áreas prioritarias para conservar y restaurar agua potable, territorio NicaCentral. CATIE- Proyecto Map-Noruega. 43p. (Informe técnico.)
- Bruijnzeel, LA. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. París, Francia, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Programa hidrológico internacional para las zonas tropicales húmedas.
- Buckard, B; Kroll, F; Nedkov, S; Müller, F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicator* (21):17-29.
- Buzai, G; Baxendale, C. 2006. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Capítulo 5 análisis por superposición temática de variables. Gepema. Buenos Aires. pp. 103-133.
- Calder, IE. 2007. Forest and water: Ensuring forest benefits outweigh water costs. *Forest Ecology and Management*. 251:110-120.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza); Programa de Cambio Climático y Cuencas y Programa Académico Práctica del Desarrollo. 2014. Estrategia Local de Adaptación al Cambio Climático en la cuenca media del río Pirrís, Costa Rica. (en línea). Consultado 2 sept. 2017. Disponible en: <http://www.cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/vulnerabilidad>
- Chaudhury, M; Altamirano JC; Ding, H. Gray, E. 2016. Prioritizing Adaptation Options: Four Tools for Adaptation Planners (en línea). 18 p. Consultado el 10 oct. 2017. Disponible en http://www.gcreadinessprogramme.org/sites/default/files/FINAL_Adaptation%20Tools_Nov%2023.pdf
- Corrales L. Fung E. (2017). Diseño de un Sistema de monitoreo de los co-beneficios generados por la iniciativa REDD+ MbA de El Salvador. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Crossman, N, Burkhard, B; Nedkow, S; Willemsen, L; Petz, K; Palomo, I; Drakou, EG, Martín -López, B; Mc Phearson, T; Boyanova, K; Alkemade, R; Egoh, B; Dunbar, M; Maes, J. 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services* (4):4-14.
- De Groot, R; Fisher, B; Christie, M; Aronson, J; Braat, L; Haines-Young, R; Gowdy, J; Maltby, E; Neuville, A; Polasky, S; Portela, R; Ring, I. 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

- ecosystem service valuation. pp. 9-40. In P. Kumar, ed. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Londres, Earthscan. Consultado ene. 2018. Disponible en <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/DO-Chapter-1-Integrating-the-ecological-and-economic-dimensions-in-biodiversity-and-ecosystem-service-valuation.pdf>
- Dinshaw, A; Fisher, S; McGray, H; Rai, N.; Schaar, J. 2014. *Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: Methodological Approaches*, OECD Environment Working Papers, No. 74, OECD. Disponible en: <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5jxrclr0ntjd.pdf?expires=1445422633&id=id&accname=-guest&checksum=F7F0B9B3E4B6920117B3E-99CA40A6DE2>
- Dixit, A; Mc Gray, H. 2013 A. Analyzing climate change adaptation options using multi-criteria analysis (en línea). *African and Latin American Resilience to Climate Change Project*. Tetra Tech ARD. Consultado 1 oct. 2017. Disponible en: http://www.iee.usp.br/sites/default/files/Analyzing_climate_change_adaptation_options_using_multi-criteria_analysis_2013_0.pdf
- Duguama, A; Wambugu, S; Minang, P; van Noordwijk, M. 2014. A systematic analysis of enabling conditions for synergy between climate change mitigation and adaptation measures in developing countries. *Environmental Science & Policy* (42):138-148.
- Godoy, C. 2017. *Elaboración de principios, criterios e indicadores para el monitoreo y evaluación de sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático*. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 80 p.
- González, C; Locatelli, B; Imbach, P; Vignola, R; Pérez, C; Vaast, P. 2008. Identificación de bosques y sistemas agroforestales proveedores de servicios ecosistémicos para el sector agua potable en Nicaragua. *Recur. Nat. y Ambient.* (51):35-41. Consultado el 10 nov. 2017. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6355/Identificacion_de_bosques_y_sistemas_agroforestales_proveedores_de_servicios.pdf;jsessionid=CFCB37001DF9984A5A563A6DE-637CE81?sequence=1
- Göttl, M; Tiefenbach, M; Tramberend, P; Condé, S. 2013. *Review of recent literature on mapping ecosystem services and analysis of methods used*. París, Francia. European Environment Agency. (Working paper no. B/2013).
- Grafakos, S; Olivotto, V. 2012. *Choosing the right Adaptation Assessment Method*. Resilient Cities Congress. 12 de mayo 2012. Bonn, Alemania. Consultado el 10 sept. 2017. Disponible en: http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient_Cities_2012/Program_Updates/Grafakos_and_Olivotto.pdf
- Guillén Bolaños, T; Máñez Costa, M; Nehren, U. 2016. *Development of a prioritization tool for climate change adaptation measures in the forestry sector: A Nicaraguan case study*. Hamburgo, Alemania. Climate Service Center. 88 p. (Report 28). Consultado el 18 set. 2017. Disponible en: <http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report28.pdf>
- Haines-Young, R; Potschin, M. 2013. *Common International Classification of Ecosystem (CICES) V5.1: Guidance on the application of the revised structure*. European Environment Agency. Nottingham, Inglaterra. Consultado 4 oct. 2017. Disponible en <https://cices.eu/resources/>
- Herrera, FB; Piedrahita, C; Chacón, O; Canet, L. 2016. *Priorización de paisajes para fomentar sinergias entre adaptación y mitigación al cambio climático en áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad*. Programa Regional de Cambio Climático. Informe de Consultoría. Turrialba, Costa Rica, CATIE-USAID. 59 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 406)
- IFRC (The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). 2011. *Monitoring and evaluation guide*. Ginebra, Suiza. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. 132 p. Consultado 20 nov. 2017. Disponible en <http://www.ifrc.org/Global/Publications/monitoring/IFRC-ME-Guide-8-2011.pdf>
- Imbach, P. 2005. *Priority areas for payment for environmental services (PES) in Costa Rica*. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 99 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Summary for Policymakers* (en línea). Consultado 20 oct. 2017. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Leguía, EJ; Locatelli, B; Imbach, P; Alpizar, F; Vignola, R; Pérez, C. 2008a. *Servicios ecosistémicos e hidroelectricidad en Nicaragua*. *Recur. Nat. y Ambient.* (51):41-51.
- Leguía, EJ; Locatelli, B; Imbach, P; Pérez, C; Vignola, R. 2008b. *Servicios ecosistémicos e hidroenergía en Costa Rica*. *Ecosistemas* 17(1):16-23.
- Leguía, E. 2006. *Identificación de bosques importantes proveedores de servicios ecosistémicos para la generación de hidroelectricidad en Nicaragua*. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 110 p.
- Locatelli, B; Imbach, P; Wunder, S. 2013. *Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica*. *Environ. Conserv.* 41(01), 27-36, doi:10.1017/S0376892913000234,.
- Locatelli, B; Imbach, P; Vignola, R; Metzger, M; Hidalgo, E. 2011. *Ecosystem services and hydroelectricity in Central America: modelling service flows with fuzzy logic and expert knowledge*. *Reg. Environ. Chang.* 11(2):393-404. doi:10.1007/s10113-010-0149-x, 2010.

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

- Locatelli, B; Evans, V; Wardell, A; Andrade, A; Vignola, R. 2011. Forest and Climate Change in Latin América: Linking Adaptation and Mitigation (en línea). *Forests* 2 (1):431-450. Consultado 10 nov. 2017. Disponible en <http://www.mdpi.com/1999-4907/2/1/431/htm>
- Locatelli, B; Fedele, G; Fayolle, V; Baglee, A. 2015. Synergies between adaptation and mitigation in climate finance. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* (8):11-128.
- Malczewski, J. 1999. Criterion Weighting. In: Jacek Malczewski (ed.) *GIS and multicriteria decision analysis*. New York. John Wiley & Sons. pp. 177-195.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003. *Ecosistemas y Bienestar Humano: Un Marco para la Evaluación; Resumen*. World Resources Institute, Washington, DC. 31 p. Consultado 5 sep. 2017. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/es/Framework.html>
- Naswa, P; Traerup, S; Bouroncle, C; Medellín, C; Imbach, P; Louman, B. and Spensley. 2015. Buenas practicas para el diseño e implementación de sistemas nacionales de monitoreo para la adaptación al cambio climático. Centro de Tecnología del Clima. Dinamarca. 80 p.
- Peh, KS-H; Balmford, AP; Bradbury, RB; Brown, C; Butchart, SHM; Hughes, FMR; Stattersfield, AJ; Thomas, DHL; Walpole, M; Birch, JC. 2013. *Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment (TESSA)*. (en línea) Consultado ene. 2018. Disponible en: <http://www.birdlife.org/datazone/info/estoolkit>
- Peh, K; Balmford, A; Bradbury, RB; Brown, C; Butchart, S; Hughes, F; Stattersfield, A; Thomas, D; Walpole, M; Bayliss, J; Gowing, D; Jones, J; Lewis, S; Mulligan, Mark, Pandeya, B; Stratford, C; Thompston, J. Turner, K; Bhaskar, V. Willcok, S. Birch, J. 2013. *TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services at site of biodiversity conservation importance*. *Ecosystem Services* 5: 51-57.
- Peña, JL. 2013 *Impacts of land use change on dry season flow across the tropics: Forests as sponges and pumps* (en línea) Tesis Ph.D. Kings College. Londres. Consultado el 1 nov. 2017. Disponible en: http://www.hydrology-amsterdam.nl/personalpages/PhDs/JPA_PhD_thesis_2013.pdf
- Tallis, HT; Ricketts, T; Guerry, AD; Wood, SA; Sharp, R; Nelson, E; Ennaanay, D; Wolny, S; Olwero, N; Vigerstol, K; Pennington, D; Mendoza, G; Aukema, J; Foster, J; Cameron, D; Arkema, K; Lonsdorf, E; Kennedy, C; Verutes, G; Kim, CK; Guannel, G; Papenfus, M; Toft, J; Marsik, M; Bernhardt, J; Griffin, R. 2013. *InVEST 2.5.3 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford. Disponible en: <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza); WRI (World Resources Institute). 2014. *Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM)*. ROAM: Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Documento de trabajo (edición de prueba). Gland, Suiza. UICN. 125 pp.
- Vallejo, C; Chacón, M; Cifuentes Jara, M. 2016. Sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM) en los sectores forestal y agrícola: concepto y propuesta de acción. Turrialba. CATIE. 41 p. (Serie técnica. Informe Técnico No. 79)
- Van Noordwijk, M. 2004. Quantifying off-site effects of land use change: filter, flows and fallacies. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 104:19-34.
- Van Oudenhoven, K; Petz, R; Alkemade, L; Hein, R. S. de Groot. 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* 21:110-122
- Vignola, R; Locatelli, B; Martinez, C; Imbach, P. 2009. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? (en línea). *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 14:691.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), 2013. *Eco4Biz: ecosystem services and biodiversity tools to support business decision-making*. Disponible en: <http://www.afordablefutures.com/services/mines>
- Zorrilla, M; Kuhlmann, A. 2015. *Metodología de priorización medidas de adaptación al cambio climáticos: Guía de uso y difusión*. (en línea). Ciudad de México. 62p. GIZ. Consultado 12 sept. 2017. Disponible en : https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/223039/metodologia-priorizacion_guia-uso-difusion.pdf

Anexos

Anexo I. Clasificación de los servicios ecosistémicos según sistemas de clasificación

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2003)	Tipos de servicios ecosistémicos (TEEB 2010)	Tipos de servicios ecosistémicos (CICES)
Servicios de suministro	Servicios de provisión	Servicios de provisión
Alimentos	Alimento	Nutrición
Agua pura	Agua	Biomasa
Leña	Materiales crudos	Agua para consumo humano
Fibras	Recursos genéticos	Materiales
Bioquímicos	Recursos medicinales	Biomasa
Recursos genéticos	Recursos ornamentales	Agua
		Energía
		Biomasa
		Energía mecánica
Servicios de regulación	Servicios de regulación	Servicios de regulación y mantenimiento
Regulación del clima	Regulación del clima	Mediación de desechos, sustancias tóxicas y otros
Regulación de las enfermedades	Regulación de la calidad del aire	Mediación por biota (microorganismos, plantas, algas)
Regulación del agua	Moderación de eventos extremos	Mediación por ecosistema
Purificación del agua	Regulación de flujo de agua	Mediación de flujos
	Tratamiento de desechos	Flujos de masa
	Prevención de erosión	Flujos de agua
	Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Flujos de aire (protección contra tormentas)
	Polinización	Mantenimiento de condiciones físicas, químicas y biológicas
	Control biológico	Mantenimiento del ciclo de vida, hábitat y protección material genético
Servicios base	Servicios de hábitat	Control de plagas y enfermedades
Formación del suelo	Mantenimiento de ciclos para especies migratorias	Composición y formación del suelo
Ciclos de los nutrientes	Mantenimiento de diversidad genética	Condiciones del agua
Producción de materias primas		Regulación del clima y composición atmosférica
Servicios culturales	Servicios culturales y recreación	Servicios culturales y recreación
Recreación y turismo	Recreación y turismo	Interacciones físicas e intelectuales con el ecosistema y los paisajes terrestres/marinos
Herencia cultural e inspiración	Inspiración para artes y cultura	Interacciones físicas y experienciales
Espirituales y religiosos	Espiritual	Interacciones representativas e intelectuales
Estética	Estética	Interacciones espirituales, simbólicas y otras con el ecosistema y paisajes terrestres y marinos
Educativas	Desarrollo cognitivo	Interacciones espirituales o emblemáticas
Sentido de identidad y pertenencia del lugar		Otras interacciones culturales

Fuentes: MEA (2003), Groot *et al.* (2010), Haines-Young y Potschin (2013).

Anexo 2. Ejemplo de formato para capturar información del Paso 1

Herramienta para planificación de actividades que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM)

Nombre de la entidad responsable de realizar la planificación:				
Institución a la que pertenece:				
Nombre del programa, proyecto o iniciativa en cuyo contexto se realiza la planificación:				
Objetivo de la implementación de la herramienta:				
Equipo de trabajo				
Nombre	Cargo	Institución / departamento	Contacto	Rol en el proceso de planificación de SAM

Anexo 3. Formato de apoyo al Paso 2: identificar el contexto en el que se realiza la planificación y sus implicaciones

Herramienta para planificación de actividades que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM)

Contexto en el que se desarrolla la implementación de la herramienta para generar SAM
Usuario
¿Quién es el usuario de la herramienta? Incluir una breve descripción.
¿Qué procedimientos está obligado a considerar para realizar procesos de planificación que afecten la implementación de la herramienta SAM? (p.ej., consulta pública, aprobación por parte de algún órgano superior, ratificación).
¿La herramienta es compatible los procesos de planificación establecidos? ¿Se necesitan adaptaciones?
Programa, proyecto, iniciativa
¿Cuál es la temática de interés del programa, proyecto o iniciativas?
¿Cuál es el objetivo del programa, proyecto o iniciativa dentro del cual se busca generar acciones SAM?
Si el programa, proyecto o iniciativa cuenta con metas establecidas describirla a continuación.
¿Existen actividades de adaptación o mitigación ya establecidas por el programa, proyecto o iniciativa?
¿Cuál es el área geográfica de interés? ¿Es posible incluir otras áreas geográficas?
¿Cuál es el horizonte temporal de la planificación?
¿Cuál es el mecanismo de implementación de las acciones considerada en el programa, proyecto o iniciativa?
¿Cuáles son los recursos económicos y humanos disponibles para la implementación de la herramienta SAM?

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Socios/grupos de interés				
¿Principales organizaciones o instituciones socias o involucrados en el programa, proyecto o iniciativa?				
Nombre organización / institución	Persona de contacto	Correo electrónico Teléfono	Rol en la iniciativa	apoyo en proceso de planificación
Implicaciones en la implementación de la herramienta para generar SAM				
¿Es necesario incluir alguien más en el equipo de trabajo?				
¿Qué adecuaciones deben hacerse a la herramienta?				
¿Hay que coordinar con procesos paralelos?				
¿Cuál será el punto de partida, la temática de interés, las acciones ya definidas?				
Áreas geográficas, comunidades o ciudades que ya han sido priorizadas por la iniciativa				

Anexo 5: Formatos de al apoyo Paso 4: identificar acciones de interés

Cuadro 1. Identificación de cambios en el clima y los impactos en el objeto de interés

Cambios observados en el clima	Impactos	
Descripción de cambios observados comparando las últimas décadas con periodos anteriores	Sector o medio de vida de interés	Sector o medio de vida de interés

Cuadro 2. identificación de medidas que favorecen la adaptación a los impactos observados

Identificación de medidas de interés			
Nombre de medida/actividad	Descripción	Identificar si es una medida:	
		AbE	AbC/otro

*AbE: Adaptación basada en ecosistemas; AbC: Adaptación basada en la comunidad.

Anexo 6. Formatos de apoyo al Paso 5: Identificar acciones que generan sinergias y su priorización por factibilidad de implementación

Identificación de beneficios y disyuntivas entre actividades de adaptación y mitigación							
Medida	Si es una medida de adaptación identificar si es		Implicaciones de la adaptación	Implicaciones de la mitigación	SAM	Disyuntiva	Potencializa el beneficio en la adaptación
	AbE	AbC/ otro					
						x	
					x		
							x



MEDIDAS SAM. Se incluyen como insumo para su priorización por factibilidad.



DISYUNTIVAS. Al identificar medidas que generan disyuntivas, su implementación debe ser cuidadosamente evaluada. Es preferible evitarlas o implementarlas considerando medidas compensatorias.



Si no se identifica sinergia o disyuntiva alguna, se prosigue a responder la pregunta de la siguiente columna: ¿Implementar la medida complementa o potencializa el efecto de actividades que generan sinergias?



MEDIDAS COMPLEMENTARIAS A LA SINERGIAS. Estas medidas se incluyen como insumo para la priorización por factibilidad

Anexo 7. Métodos de ponderación de pesos de indicadores (según Malczewski 1999)

- i. Rank sum:* se considera un ranking inicial, en el cual las variables se ordenan de más a menos importante, siendo 1 el valor asignado a la variable de mayor importancia. Se calcula la diferencia entre el número de criterios y el ranking inicial; el resultado se normaliza dividiendo entre la suma de las diferencias.
- ii. Rank reciprocal:* al igual que el método anterior, parte de un ranking inicial. El cálculo se realiza dividiendo 1 entre el ranking inicial y el resultado se normaliza al dividirse entre la sumatoria de los cocientes.
- iii. Point allocation:* estima los pesos tomando como base un rango determinado (p.ej., 0 a 100). El decisor reparte los puntos entre las variables o criterios considerados según la importancia de cada uno. El valor asignado se divide entre el valor máximo del rango establecido para calcular el peso de la variable.
- iv. Ratio estimation procedure:* al igual que el método anterior, tiene como base un rango determinado; el decisor debe asignar el valor máximo del rango al criterio de mayor importancia y después asignar valores menores a los demás criterios según su importancia. El puntaje asignado al criterio menos importante se considera como un punto ancla para calcular los ratios. Los puntos asignados a cada variable se dividen entre el valor ancla. Para finalizar, se normalizan los valores dividiéndolos entre la sumatoria de los dividendos.
- v. Pairwise:* este método de comparación de pares a partir de una matriz asigna valores de intensidad de importancia y produce pesos relativos a partir de la comparación.

Anexo 9. Ejemplo de plantilla utilizada para la evaluar el desempeño por medida de acuerdo con su factibilidad

Número de la medida:	M1					
Nombre de la medida:	Establecimiento de plantaciones dendroenergéticas.			Evaluación	2.244	
Definición de criterios y rangos para su evaluación						
Dimensiones	Criterios	Definición	Rangos de evaluación	Evaluación	Peso	valor ponderado
Financiera	Costo de implementación	La medida tiene un costo de implementación factible	La inversión inicial es alta (1), la inversión inicial es considerable, pero en un rango intermedio (2), inversión inicial baja (3)	2	0.133333333	0.266666667
	Costo de operación/ mantenimiento	El costo de operación o mantenimiento es bajo	Costo alto (1), costo intermedio (2) y costo bajo (3)	2	0.155555556	0.311111111
	Fuentes de financiamiento disponible	Existen fuentes de financiamiento disponibles adecuadas a la medida propuesta	No existen fuentes de financiamiento (1), existe al menos una fuente de financiamiento (2), existen diversas opciones para solicitar financiamiento adecuado para la medida descrita (3)	3	0.177777778	0.533333333
Tecnológica	Capital humano	Capital humano capacitado disponible para apoyar la implementación de la medida	Capital humano insuficiente y poco capacitado (1), capital humano cuenta con capacidades adecuadas (2), capital humano suficiente y altamente capacitado (3)	2	0.066666667	0.133333333
	Tecnología/ insumos disponibles	La tecnología y los insumos están disponibles en los sitios de implementación	La tecnología e insumos no están disponibles (1), al menos uno de los dos está disponible en el sitio de implementación (2), la tecnología e insumos están disponibles en el sitio o en sitios cercanos (3)	3	0.088888889	0.266666667
Económica	Contribución a la generación de empleo	la medida genera empleo o mejora los ingresos de empleos ya existentes	Se genera empleo solo en la etapa inicial o de establecimiento (1), se genera empleo esporádicamente, principalmente para mantenimiento (2), se genera empleo sostenido en el tiempo y aumentan los ingresos netos derivados de la implementación de la práctica (3)	2	0.2	0.4
Social y cultural	Aceptación social	La medida es compatible con el contexto cultural donde se implementa	La medida es opuesta a valores culturales establecidos (1), la medida es ajena, sin ser opuesta al contexto cultural (2), la medida es conocida y compatible con el contexto cultural (3)	2	0.111111111	0.222222222

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

Institucional	Alineación con otros planes, políticas y proyectos	La medida está alineada con la política nacional, otros planes y proyectos	La medida no está alineada con la política nacional (1), la medida está alineada al menos con la política nacional (2), la medida además de estar alineada a la política, también está alineada con otros planes o proyectos (3)	2	0.044444444	0.088888889
	Complejidad institucional, política, normativa o regulatoria	Los procesos políticos, institucionales o normativos que afectan la implementación de la medida son poco complejos y no limitan ni impiden la implementación	La complejidad política, institucional o normativa impiden la implementación de la medida (1), los procesos políticos, institucionales o regulatorios obstaculizan, pero no impiden la implementación de la medida (2), los procesos políticos, institucionales o regulatorios no obstaculizan ni impiden la implementación de la medida (3)	1	0.022222222	0.022222222

Criterios, definiciones, rangos y pesos de evaluación definidos previamente.

Valor que representa el desempeño de la medida respecto a los rangos de evaluación.

Resultado de la multiplicación del peso por el valor del desempeño de acuerdo con los rangos establecidos.

Evaluación total de la medida (proviene de la suma de valores ponderados).

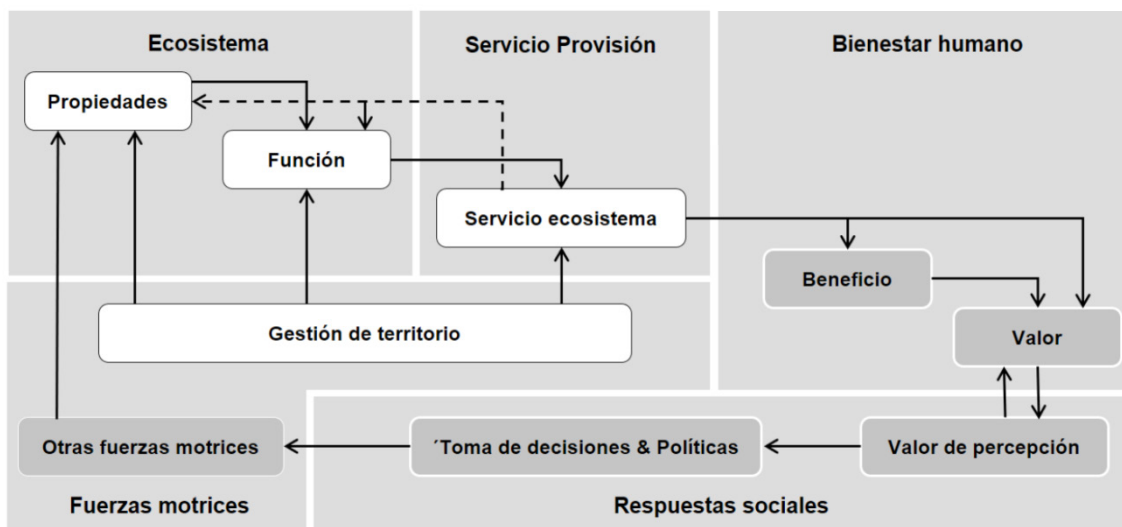
Anexo 10. Sistematización de la información necesaria para procesar información de priorización por medida

Nombre de la medida:		Reforestación con especies nativas					
1	Servicio ecosistémico 1: Prevención de la erosión (calidad de agua)						
	Mapa de hidroeléctricas por cuenca (demanda)			Mapa de áreas agrícolas, bosque y otras (no bosque, con potencial para reforestar; oferta)		Mapa de pendiente (oferta)	
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	
	Alta	1	Agrícola y otras	10	Alta	100	
	Media	2	Bosque	20	Media	200	
	Baja	3	Otros (no apta para reforestación)	30	Baja	300	
2	Servicio ecosistémico 2:			Regulación del flujo hídrico estacional			
	Mapa de hidroeléctricas por cuenca (demanda)			Mapa de áreas agrícolas, bosque y otras (no bosque, con potencial para reforestar; oferta)		Índice de variabilidad de precipitación (oferta)	
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	
	Alta	1	Agrícola y otras	10	Alta	100 (seco)	
	Media	2	Bosque	20	Media	200 (muy seco)	
	Baja	3	Otros (no apta para reforestación)	30			
3	Servicio ecosistémico 3:			Provisión de agua para energía			
	Mapa hidroeléctricas por cuenca (demanda)			Presencia de bosque nuboso			
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación			
	Alta	1	Bosque nuboso	10			
	Media	2	Bosque muy húmedo	20			
	Baja	3	Otro	30			
4	Servicio ecosistémico 4:			Regulación de agua y moderación de eventos extremos			
	Zonas inundables por cuenca			Mapa de áreas agrícolas, bosque y otras (no bosque, con potencial para reforestar; oferta)			
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	
	Alta	1	Agrícola y otras	10			
	Media	2	Bosque	20			
	Baja	3	Otros (no apta para reforestación)	30			

Herramienta para priorizar e implementar medidas que generan sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático: un enfoque basado en servicios ecosistémicos

5	Servicio ecosistémico 5:		Biomasa para energía			
	Mapa de densidad de uso de leña		Stock de carbono en cultivos (oferta)			
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación
	Alta	1	Bajo	10		
	Media	2	Medio	20		
	Baja	3	Alto	30		
6	Servicio ecosistémico 6:		Mantenimiento de biodiversidad			
	Ubicación con respecto a áreas protegidas (oferta)		Mapa de áreas agrícolas, bosque y otras (no bosque, con potencial para reforestar; oferta)			
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación
	Dentro	1	Agrícola y otras	10		
	Área buffer	2	Bosque	20		
	Fuera	3	Otros (no apta para reforestación)	30		
7	Servicio ecosistémico 7:		Regulación del clima			
	Stock de carbono por zona de vida (oferta)		Mapa de áreas agrícolas, bosque y otras (no bosque, con potencial para reforestar; oferta)			
	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación	Rangos establecidos en función de los supuestos	Valor de reclasificación
	Alta	1	Agrícola y otras	10		
	Media	2	Bosque	20		
	Baja	3	Otros (no apta para reforestación)	30		

Anexo II. Marco para evaluar los vínculos entre actividades REDD+, la prestación de servicio de los ecosistemas y el bienestar humano



Este marco de referencia se elaboró en el contexto de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MAE 2005), que se basaba a su vez en un marco piloto de presión, estado, impacto y respuesta (DPSIR) y que luego se adapta a los marcos de la iniciativa global de economía, ecosistemas y biodiversidad que explican el vínculo entre la diversidad biológica, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano (TEEB-The Economics of Ecosystems & Biodiversity; De Groot *et al.* 2010).

Adaptado de Van Oudenhoven *et al.* (2012), tomado de Corrales y Fung (2017).

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Estado de Acre en Brasil.



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo