DOCUMENTOS OCASIONALES



Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal

Estado actual y futuro

Robin L Chazdon

Manuel R Guariguata

CIFOR

CGIAR RESEARCH PROGRAM ON Forests, Trees and Agroforestry

Documentos Ocasionales 189

Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal

Estado actual y futuro

Robin L Chazdon
Instituto Internacional para la Sosteniblidad, Brasil
Universidad de la Costa del Sol, Australia

Manuel R Guariguata
CIFOR

Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)

Documentos Ocasionales 189

© 2018 Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)

Los contenidos de esta publicación están bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISBN 978-602-387-078-3
DOI: 10.17528/cifor/007002

Chazdon RL y Guariguata MR. 2018. *Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal: estado actual y futuro.* Documentos Ocasionales 189. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Traducción de: Chazdon RL and Guariguata MR. 2018. *Decision support tools for forest landscape restoration: Current status and future outlook.* Occasional Paper 183. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Foto de portada por Tomas Bertelsen/IPE
Mosaico de uso del suelo en el Parque Estatal Morro do Diabo, Sao Paulo, Brasil.

CIFOR
Jl. CIFOR, Situ Gede
Bogor Barat 16115
Indonesia

T +62 (251) 8622-622
F +62 (251) 8622-100
E cifor@cgiar.org

cifor.org

Quisiéramos agradecer a todos los socios financieros que apoyaron esta investigación a través de sus contribuciones al Fondo de CGIAR. Para ver la lista de donantes del Fondo, visite: http://www.cgiar.org/funders/

Cualquier opinión vertida en este documento es de los autores. No refleja necesariamente las opiniones de CIFOR, de las instituciones para las que los autores trabajan o de los financiadores.

Contenido

Abreviaturas **vi**

Agradecimientos **vii**

Resumen ejecutivo **viii**

1 Introducción **1**
1.1 El desafío de restaurar paisajes forestales 1
1.2 ¿Qué son las herramientas de apoyo en la toma de decisiones? 5
1.3 Principios rectores de la RPF 5
1.4 El por qué son necesarias la herramientas de apoyo a decisiones para guiar el proceso de RPF 6
1.5 El alcance y la organización de este estudio 8

2 Herramientas para la preparación y la evaluación **10**
2.1 Una herramienta de diagnóstico para identificar el grado de preparación para la RPF 11
2.2 Una herramienta para evaluar las necesidades de restauración y las condiciones del ecosistema 11
2.3 Una herramienta de mapeo, monitoreo y planeación a escala de paisaje 13
2.4 Una herramienta para evaluar las oportunidades de RPF y los enfoques a los niveles nacional y subnacional 14
2.5 Herramientas para buscar la financiación de la RPF 20
2.6 Herramientas para el compromiso de las partes interesadas en el proceso de RPF 21
2.7 Observaciones finales 22

3 Herramientas para evaluar potenciales resultados de la restauración **23**
3.1 Herramientas y modelos para la evaluación y mapeo de la provisión de servicios del ecosistema 23
3.2 Herramientas para la elaboración de modelos de sinergias y compensaciones entre servicios del ecosistema 27
3.3 Herramientas para incorporar la biodiversidad en la planeación de actividades de restauración 29
3.4 Costos y relación costo-efectividad de la evaluación y mapeo de la restauración 31
3.5 Observaciones finales 33

4 Herramientas para la priorización, planeación espacial y selección de especies **34**
4.1 Planeación sistemática de la restauración 34
4.2 Herramientas de priorización espacial y su aplicación a la restauración 35
4.3 Herramientas espaciales para la priorización de intervenciones específicas de restauración 43
4.4 Herramientas espaciales para la selección de especies apropiadas para la agroforestería y la restauración 43
4.5 Observaciones finales 46

5 Conclusión: Síntesis y perspectiva **48**
5.1 Herramientas, ¿para qué y para quién? 48
5.2 El poder de la visualización 48
5.3 La teoría de cambio en la RPF 50
5.4 Nuevas fronteras para las herramientas de apoyo a la toma de decisiones de RPF 50
5.5 Dificultades para operacionalizar la RPF 53

Referencias **55**

Lista de figuras, tablas y recuadros

Figuras

1 Ilustración conceptual de la implementación de la reforestación duradera. 3
2 Hoja de ruta de esta revisión. 9
3 Los ocho pasos de la planeación y el monitoreo de intervenciones en paisajes, en los cuales se emplean mapas en el proceso de manejo adaptativo colaborativo de cinco fases. 13
4 Fases de la metodología de evaluación de oportunidades de restauración. 16
5 Una curva de acumulación de carbono en Ruanda, basada en su evaluación ROAM. 18
6 Mapa de oportunidades de restauración y los planes de intervención asociados, resultado de la evaluación ROAM en Guatemala. 19
7 Los tipos y tasas de sumunistro de servicios ecosistémicos brindados por bosques de tipo natural, seminatural y plantado, y por árboles plantados fuera de los bosques. 26
8 Fronteras de eficiencia con mapas de ubicaciones óptimas para la restauración. 29
9 Sitios prioritarios para la restauración en México, basados en crietrios de importancia biológica y factibilidad de ser restaurados. 31
10 Un análisis preliminar de áreas prioritarias identificadas mediante un análisis de múltiples criterios. 36
11 Mapas del potencial de restauración en Uganga para incrementar el almacenaje de carbono (A), mejorar la calidad del agua (B), incrementar la biodiversidad (C) e incurrir en costos de oportunidad (D). 42
12 Mapas de áreas prioritarias para la restauración agroforestal bajo cuatro escenarios socioecológicos. 44
13 Diagrama de flujo de los pasos que toma un usuario al emplear una herramienta de apoyo a las decisiones para la selección de árboles en pequeñas fincas cafeteras. 46
14 Mapas inteligentes creados por los pobladores en Sudan Este. 49
15 Un marco propuesto para la restauración participativa en áreas rurales de África del Norte. 52

Tablas

1 Organizaciones internacionales, convenios multilaterales y redes con programas activos a escala de bosque y de paisaje. 2
2 Los diez principios del enfoque paisajístico. 7
3 Resultados del diagnóstico de restauración en Ruanda. 12
4 Cuatro preguntas clave para obtener información necesaria para decidir sobre la cobertura forestal óptima de un paisaje 17

5 Herramientas de apoyo a decisiones para la evaluación y mapeo de servicios del ecosistema. 25
6 Componentes de los costos de restauración ecológica y factores que pueden usarse para estimar y modelar estos costos. 32
7 Estudios de priorización espacial para la planeación de la restauración 38

Recuadros

1 Principios guía para la reforestación del paisaje 4
2 Herramientas de apoyo disponibles gratuitamente que se han discutido en este capítulo 15

Abreviaturas

ARIES	Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNULD	Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación
CNP	Contribuciones de la Naturaleza a las Personas
CLPI	Consentimiento Libre, Previo e Informado
EM	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FLAT	Herramienta de Evaluación del Paisaje Forestal
InVEST	Valoración Integrada de Servicios del Ecosistema y Compensaciones
LOAM	Metodología de Evaluación de Resultados del Paisaje
MIMES	Modelos Integrados de Múltiple Escala de Servicios Ecosistémicos
Mip	Manejo integrado del paisaje
MST	Manejo sostenible de tierras
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONU-CDB	Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica
PIB	Producto interno bruto
PVN	Potencial de la vegetación natural
REDD	Reducción de Emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques
ROAM	Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración
RI	Retorno de la inversión
ROOT	Herramienta de Optimización de Oportunidades de Restauración
RPF	Restauración del paisaje forestal
SolVES	Herramienta para la cuantificación de Valores Sociales de Servicios del Ecosistema
TEEB	La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad
TESSA	Juego de Herramientas para la Evaluación basada en el sitio de Servicios del Ecosistema
TNC	The Nature Conservancy
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP	Programa Ambiental de las Naciones Unidas
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza
WRI	Instituto de Recursos Mundiales

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a Bruno Locatelli por su revisión del primer borrador de este documento. También agradecemos a Erisa, Gideon, Suharyanto y a Ina Rachmawati por su apoyo logístico durante la fase de producción. Este trabajo ha sido financiado por el Programa de Bosques, Árboles y Agroforestería de CGIAR y por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Resumen ejecutivo

Las instituciones encargadas de la adopción de decisiones, en todas las escalas, se enfrentan a la urgente necesidad de conservar los bosques remanentes y restablecer la cobertura forestal en los paisajes forestales deforestados y degradados. La escala de la necesidad y la oportunidad de hacer una diferencia es enorme. La degradación a menudo se considera como 'el problema' y la restauración como 'la solución'. Pero, en lugar de ser un objetivo, la restauración es el medio para lograr muchos objetivos. La restauración del paisaje forestal (RPF) es un proceso activo a largo plazo para recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes que han perdido la cobertura forestal, las cualidades de los bosques y las contribuciones de los bosques a las personas.

La RPF proporciona un marco para implementar acciones de restauración que abordan colectivamente grandes desafíos ambientales, como la degradación de la tierra, la pérdida de biodiversidad, la escasez de agua, la falta de medios de vida rural sostenible y la mitigación y adaptación al cambio climático. Las acciones de restauración pueden tomar muchas formas que varían en costo, trayectoria y resultados económicos y sociales específicos. Asimismo, sus beneficios se reparten entre diferentes actores y partes interesadas. Estas acciones tendrán mayores posibilidades de lograr resultados positivos a largo plazo si el proceso de RPF incorpora objetivos claros, buena gobernanza, preparación previa y planificación espacial.

Se han desarrollado muchas herramientas, incluidos marcos, métodos, guías, técnicas, procedimientos y enfoques analíticos, para orientar e informar la toma de decisiones de los de esfuerzos de conservación y restauración como la RPF. Las herramientas de apoyo en la toma de decisiones ayudan a las comunidades, organizaciones y agencias gubernamentales regionales y nacionales, guiándolas y apoyándolas con preparación, evaluaciones, mapeando intervenciones de restauración específicas, revelando compensaciones y sinergias entre diferentes enfoques, evaluando soluciones óptimas basadas en criterios espaciales o no espaciales, o modelar escenarios. Tales herramientas se centran en las dimensiones biofísicas y económicas de la gestión, la conservación y la restauración de los recursos, pero también pueden proporcionar orientación en la toma de decisiones de índole social, así como en la gobernanza y la negociación entre las partes interesadas. Toda esta orientación es crítica, ya que dicha planificación multisectorial y el compromiso de los interesados, son condiciones esenciales para la implementación de acciones de restauración exitosas a escala local y nacional, y para la movilización de apoyo financiero y público adecuado.

Este estudio proporciona una revisión exhaustiva de las herramientas disponibles para guiar la preparación y la toma de decisiones, tanto en la etapa previa como durante el proceso de implementación de acciones de restauración del paisaje forestal. También abordamos la necesidad de herramientas adicionales y enfoques analíticos. Entre los ejemplos de herramientas revisadas se incluyen: Diagnóstico de Restauración, una herramienta para desarrollar estrategias nacionales o regionales para la RPF, basada en el estado de factores de éxito importantes para motivar, habilitar e implementar intervenciones de restauración; y la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM de sus siglas en inglés), que guía a las partes interesadas a nivel nacional o subnacional para involucrarse en el inventario, mapeo, análisis de costos y beneficios de actividades de restauración y en la evaluación de opciones de financiamiento e inversión. Nuestra revisión revela que las herramientas de apoyo a las decisiones para guiar la evaluación de la RPF, la creación de capacidades y la implementación a escala de paisaje aún están en desarrollo.

Esta revisión también describe y compara herramientas y modelos desarrollados para evaluar el suministro de servicios ecosistémicos. En la actualidad estas herramientas están proliferando y evolucionando activamente. Un enfoque común para evaluar el impacto de la restauración en los servicios de los ecosistemas utiliza modelos de procesos mecanísticos que predicen cómo las múltiples variables ecológicas influyen en el suministro de servicios ecosistémicos en función de los escenarios de cambio de la cobertura forestal. Las fronteras de la eficiencia (fronteras de posibilidades de producción) son una herramienta ampliamente utilizada para visualizar compensaciones (*tradeoffs*) y sinergias en el suministro de servicios ecosistémicos y los resultados de la biodiversidad durante la restauración.

Además, esta revisión demuestra cómo las herramientas para la evaluación de biodiversidad pueden jugar un papel integral en la planificación de la RPF, incluyendo la priorización de ubicaciones y tipos de corredores biológicos, la evaluación de redes de complementariedad de especies y la evaluación de resultados potenciales de diferentes acciones de restauración sobre las especies. Modelos de distribución de especies y de la idoneidad del hábitat pueden proporcionar apoyo para la toma de decisiones y priorizar áreas dentro de paisajes donde la restauración probablemente traerá beneficios a la biodiversidad a un costo reducido.

Se pueden generar cálculos del valor económico de los servicios ecosistémicos a partir de las funciones de producción de los servicios del ecosistema, al igual que de la transferencia de beneficios para la valoración económica y las funciones de demanda de los servicios ecosistémicos. El análisis económico y los escenarios basados en la oferta del servicio ecosistémico y los beneficios de la biodiversidad pueden generar proyecciones de costo-efectividad y costos totales de intervenciones de restauración en áreas particulares. Como estos enfoques son limitados y específicos a cada caso, es necesario desarrollar herramientas y bases de datos estandarizadas para aplicar métodos de valoración económica que ayuden a los profesionales a desarrollar escenarios económicos para regiones o paisajes particulares que guíen la toma de decisiones y pronostiquen las necesidades de financiación. Los resultados socioeconómicos de las intervenciones de restauración, como los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria, también se abordan de forma insuficiente mediante las herramientas disponibles de apoyo a la toma de decisiones.

Nuestra revisión enfatiza en el hecho de que las herramientas para estimar los costos de restauración y la relación costo-efectividad de las acciones de restauración son fundamentales para la planificación y priorización. En los modelos actuales, el valor de la tierra, el costo del alquiler o las rentas económicas brutas de las tierras agrícolas se utilizan a menudo como indicadores de los costos de oportunidad. El potencial para la regeneración natural se usa comúnmente como un *proxy* para los costos de implementación; la regeneración natural del bosque es mucho menos costosa que la preparación del sitio y la plantación de árboles a grandes escalas.

Encontramos además una amplia gama de estudios que aplican modelos para identificar áreas prioritarias para la realización de acciones de restauración específicas a nivel subnacional y nacional. Este enfoque sistemático se basa en datos, circunscritos explícitamente en el espacio, de tipo social, biofísico y político. El objetivo principal de la priorización espacial es seleccionar sitios o áreas más grandes para inversiones e intervenciones que (1) maximicen el éxito a largo plazo de la restauración; (2) aseguren la representación de la diversidad biológica, geográfica y humana; y (3) maximicen los beneficios de tipo socioecológico para las comunidades locales y otras partes interesadas. Dados los recursos limitados, los mejores rendimientos de las inversiones consisten en combinar la *viabilidad* (acciones prácticas y posibles) con *altos niveles de beneficios múltiples*. Los diferentes tipos de conjuntos de datos espaciales pueden proporcionar indicadores o valores proxy de viabilidad y de beneficios de la restauración. Los beneficios de la restauración se pueden evaluar y mapear en función del potencial local para la mejora del hábitat, la conectividad del paisaje, los medios de subsistencia y el ingreso agrícola, la resiliencia ecológica o la reducción del riesgo de pérdida de especies.

Las herramientas que aplican un enfoque sistemático para la restauración pueden identificar conflictos potenciales de uso de la

tierra, evaluar las ventajas y desventajas en cuanto a los beneficios y evaluar la divergencia en las necesidades de las partes interesadas. Los enfoques sistemáticos pueden incorporar una amplia gama de dimensiones sociales, políticas, económicas y ecológicas, y ahora están siendo ampliamente adaptados para identificar áreas prioritarias de restauración usando una variedad de software y de herramientas de mapeo. Las herramientas recientemente desarrolladas brindan información sobre especies arbóreas y arbustivas que han demostrado ser útiles para comunidades agrícolas o pastoriles en el este de África y permiten a los usuarios identificar las especies de árboles que probablemente crecerán bien en determinados sitios de restauración. Estas herramientas ayudan a evitar errores costosos mediante la plantación de especies que son más adecuadas en condiciones particulares o al restringir el establecimiento de una plantación forestal en áreas donde la regeneración natural asistida o espontánea no es factible.

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones son ineficaces sin un objetivo claro en mente y sin un marco de acción. Es más probable que los diseñadores de políticas adopten herramientas relativamente simples, siempre que estén claramente documentadas, publicadas y validadas en cuanto a sus limitaciones. Los ejercicios de visualización pueden mejorar la comunicación, la participación de las partes interesadas y fomentar un diálogo constructivo con los responsables de las políticas y los líderes de la comunidad con respecto a los posibles escenarios de restauración del paisaje forestal.

A pesar de los muchos avances en el desarrollo y la aplicación de herramientas de apoyo de decisiones para la RPF, la revisión revela una brecha en las herramientas para la implementación de iniciativas de restauración a escala de paisaje y para guiar el monitoreo y la gestión adaptativa. De igual forma revela que las herramientas disponibles se centran principalmente en evaluar las oportunidades de restauración a una escala muy amplia (dentro de los países o regiones), en lugar de hacerlo a escala de paisaje, que es donde ocurre la implementación. Los resultados de la investigación sobre conservación y manejo forestal sugieren que las herramientas para el empoderamiento, los derechos a la tierra y la construcción de capacidades locales pueden ayudar a fortalecer coaliciones de profesionales de restauración del paisaje forestal que apliquen el manejo adaptativo en actividades de restauración.

1 Introducción

1.1 El desafío de restaurar paisajes forestales

Vivimos en un mundo en el que los bosques disminuyen, se reduce la oferta de bienes y servicios que los bosques brindan a las personas, disminuye la biodiversidad que depende de los bosques y existe incertidumbre respecto al cambio climático. Los organismos encargados de la adopción de decisiones se enfrentan a la urgente necesidad de conservar los bosques remanentes y restablecer la cobertura forestal en zonas deforestadas y muy degradadas. La magnitud de la necesidad y la oportunidad de hacer una diferencia son enormes.

En los trópicos, la mayoría de las oportunidades de restauración en los biomas de los bosques se encuentran en paisajes de uso mixto. Una prestigiosa evaluación mundial mostró que más de 2 mil millones de hectáreas de paisajes deforestados y degradados podrían considerarse como oportunidades para realizar intervenciones de restauración (Laestadius et al. 2012). Un mapa de escala global, aunque con deficiencias, proporciona una herramienta de importancia crítica para motivar a los países, organizaciones y formuladores de políticas de todo el mundo a "ver" el enorme potencial de restauración dentro de sus jurisdicciones. Invita a los responsables de la toma de decisiones a examinar de cerca dónde y cómo podrían planificarse e implementarse particulares intervenciones de restauración en sitios específicos dentro de áreas locales de interés y jurisdicción.

La restauración del paisaje forestal (RPF) proporciona un marco para implementar intervenciones de restauración que abordan colectivamente grandes desafíos ambientales, como la degradación de la tierra, la pérdida de biodiversidad, la escasez de agua, la falta de medios de vida rural sostenibles y la mitigación y adaptación al cambio climático. Es más probable que la restauración logre estos resultados a largo plazo si el proceso incorpora objetivos claros, buena gobernanza, preparación previa y planificación espacial. En muchos sentidos, las etapas involucradas en la preparación para la restauración de paisajes forestales son similares a las actividades de preparación emprendidas en los 64 países en desarrollo que participan en el Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones causadas por Deforestación y Degradación de los Bosquesl (REDD) (Cerbu et al. 2011).

A nivel nacional, el proceso para lograr la restauración comienza mucho antes de la implementación. Reconocer tanto la necesidad como el potencial de la restauración es el primer paso para motivar la acción, seguido de un compromiso formal para implementar intervenciones de restauración. Con este fin, han surgido múltiples iniciativas internacionales y mundiales para alentar los compromisos de llevar a cabo la restauración a escala nacional (Tabla 1).

Si bien estos compromisos señalan los primeros pasos de una trayectoria de restauración compleja y de largo plazo, los próximos pasos para planificar, priorizar e implementar las intervenciones de restauración requieren superar muchos obstáculos y brechas de conocimiento (Chazdon et al. 2017; Mansourian et al. 2017). Estos pasos implican una serie de actividades de planificación, creación de capacidades y participación de las partes interesadas que culminan en un plan de restauración y monitoreo a escala nacional o subnacional. Estos pasos de planificación requieren herramientas para guiar la toma de decisiones, la participación extensa de los interesados y la aplicación del mejor conocimiento local y de expertos disponible. La restauración es un proceso iterativo que implica la revisión periódica del diseño y de las etapas de implementación mediante monitoreo y evaluación, con los ajustes necesarios para garantizar que se cumplan los objetivos originales y que el proceso de restauración conserve sus principios básicos de ser eficaz, eficiente y que genere participación (Keenleyside 2012; Figura 1). La implementación implica siete pasos clave repetidos a lo largo del tiempo, utilizando enfoques de gestión adaptativos.

Tabla 1. Organizaciones internacionales, convenios multilaterales y redes con programas activos a escala de bosque y de paisaje.

Organización/red	Programa
Alianza Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal (GPFLR)	Red de aprendizaje/plataforma de discusión sobre restauración del paisaje forestal
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Programa Mundial Forestal y de Cambio Climático)	Iniciativa sobre restauracoón del paisaje forestal
Instituto Mundial de Recursos (WRI)	Iniciativa mundial de restauración, iniciativa 20x20 (América Latina)
Nueva Alianza para el Desarrollo de África (NEPAD)	Iniciativa AFR100 (iniciativa Africana de Restauración del Paisaje Forestal)
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	Mecanismo de restauración forestal y del paisaje
Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (CBD)	Iniciativa de restauración del ecosistema forestal
Grupo Colaborativo Internacional sobre Investigación Agrícola (CGIAR)	Programa de investigación en Bosques, Árboles y Agroforestería
Personas y Reforestación en los Trópicos, una Red para la Educación, Investigación y Síntesis (PARTNERS)	Investigación de síntesis, alcance de políticas y de educación
Unión Africana	Iniciativa de la Gran Muralla Verde del Sahara y el Sahel
Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA)	Programa de los Mil Millones de Árboles
The Nature Conservancy (TNC)	Plantar Mil Millones de Árboles
Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF)	Restauración del paisaje en 10 ecoregiones
Alianza de Jardines Botánicos para la Restauración Ecológica	100 proyectos de restauración en varios continentes durante los próximos 20 años
Socios en EcoAgricultura	Paisajes para Alimentos, Personas y Naturaleza
Recursos Naturales Canadá – Servicio Forestal de Canadá (NRCan-CFS)	Red internacional de bosques modelo

Fuente: adaptado de Chazdon et al. (2017).

Numerosos estudios de caso ilustran los beneficios de la planificación, la creación de capacidades y la participación amplia de las partes interesadas para garantizar actividades de restauración exitosas y duraderas (Vallauri et al. 2005; Le et al. 2014; Mansourian y Vallauri 2014; Reid et al. 2017). Muchos esfuerzos de restauración y reforestación, de todos los tamaños, han fallado. Muchos proyectos de restauración se caracterizan por la alta mortalidad de las plántulas, debido a la siembra de especies que no están adaptadas a las condiciones locales, la baja calidad genética del material de plantación y las malas prácticas de vivero (Gregorio et al. 2016). En otros casos, las grandes plantaciones de una sola especie, que son susceptibles de verse afectadas por enfermedades, hubo muerte masiva de árboles (Abbas et al. 2016). Las plantaciones con fines de restauración con frecuencia son destruidas por incendios o taladas para dar paso a actividad agrícola, particularmente en los casos en que las comunidades locales no participan activamente en la planeación o implementación (Chokkalingam et al. 2006). La mala planeación y la corrupción también se asocian a la falla de los proyectos de restauración (Le et al. 2012). En Indonesia, a pesar de que por 30 años el Gobierno ha administrado los programas de rehabilitación y restauración forestal, el área de bosque degradado se ha duplicado desde 1970, en tanto que los esfuerzos de rehabilitación han fracasado en su mayoría (Nawir et al. 2007; Barr y Sayer 2012). El Programa de Reforestación y Forestación iniciado por decreto presidencial en Indonesia en la década de los 70 recibió el 85 % del presupuesto forestal total del Gobierno indonesio, pero mostró poco o ningún éxito a largo plazo (Nawir et al. 2007).

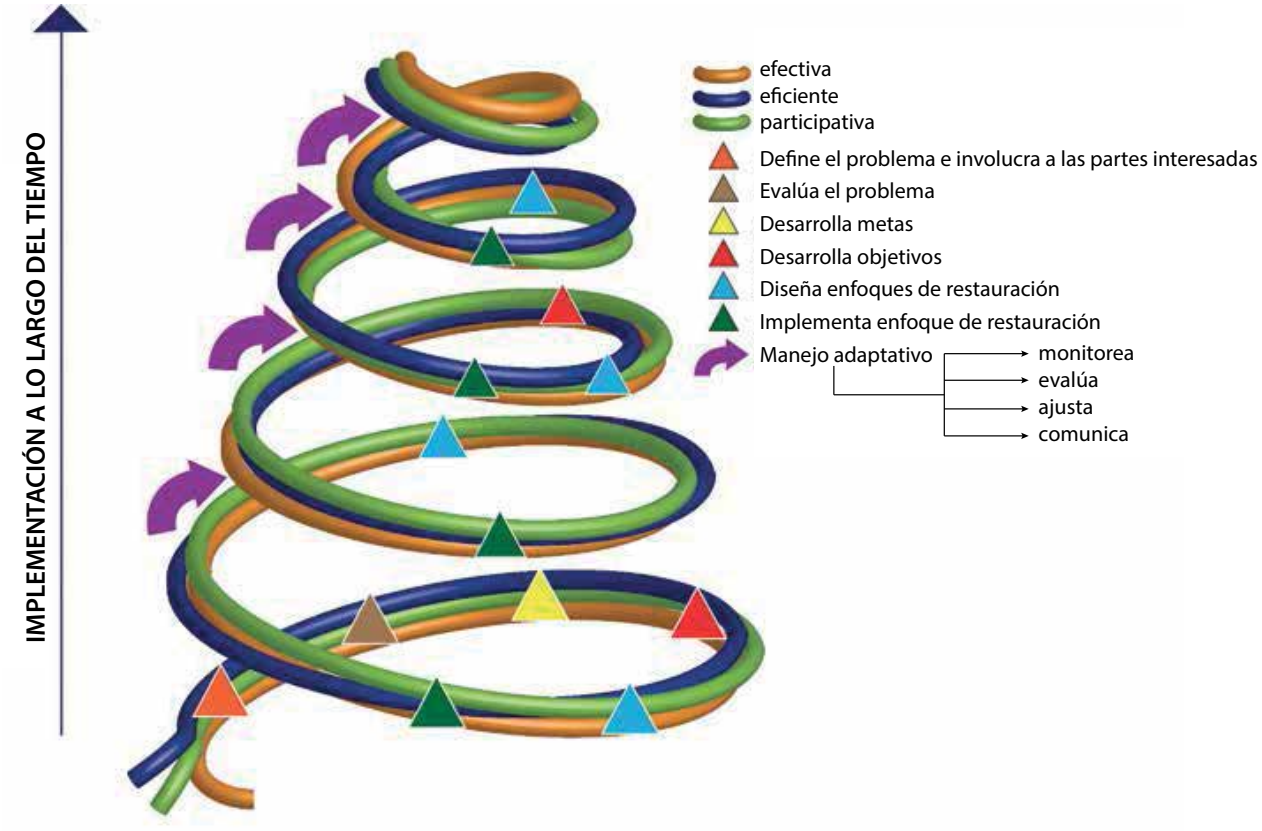


Figura 1. Ilustración conceptual de la implementación de la reforestación duradera.

Fuente: Keeneyside (2012, Figura 4).

Para alcanzar el éxito en las iniciativas de restauración se requiere la consideración de resultados económicos y sociales a largo y corto plazo para las comunidades locales mediante su activa participación en el proceso (Kang y Kim 2015). Para alcanzar el éxito duradero, las iniciativas de restauración deben abordar las causas subyacentes de la deforestación y la degradación, a su vez que necesitan ser proactivas, con la participación de múltiples actores interesados, y horizontes de planeación a largo plazo (Nawir et al. 2007; Le et al. 2012). Las iniciativas de restauración necesitan ir más allá de las actividades de proyectos con base en tiempo y espacio para poder alcanzar un cambio verdadero en el manejo y gobernanza de los paisajes forestales.

La restauración de bosques es un proceso socioecológico de largo plazo que requiere de varias generaciones de personas para alcanzar su completa trayectoria (Chazdon et al. 2017). La restauración forestal está fuertemente alineada con los objetivos de políticas incluidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, incluyendo el incremento de la seguridad alimentaria, la reducción de pobreza, el mejoramiento de fuentes de agua, la protección de la diversidad biológica, la mitigación de desastres y la adaptación al cambio climático (Mansourian y Vallauri 2014; Stanturf et al. 2015). Es necesario considerar un conjunto complejo de factores biofísicos y sociales al tomar decisiones sobre dónde y cómo restaurar los bosques. Esto incluye geología, suelos y topografía; historial de uso de la tierra; composición del paisaje y conectividad; estado de conservación de las especies; tenencia de la tierra, seguridad alimentaria, necesidades económicas y medios de vida de las comunidades locales; y el potencial a nivel del sitio para restablecer las funciones vitales del ecosistema, como la regulación del rendimiento hídrico, la retención de sedimentos y el almacenamiento de carbono. Lo más importante es que los objetivos de las intervenciones de restauración y sus ubicaciones espaciales estén alineados con las necesidades de las partes interesadas, las condiciones biofísicas, las políticas gubernamentales y las capacidades institucionales y el potencial de adaptación.

Stanturf et al. (2017) desglosaron el proceso de RPF en cuatro fases. La primera fase es la de visión, en que la RPF se ubica en un contexto

específico en un país, una región o un paisaje. Esta visión requiere el conocimiento de dónde ha ocurrido la degradación o la pérdida de cobertura forestal y qué acciones e intervenciones constituyen la RPF (Recuadro 1). La segunda fase consiste en conceptualizar, y en la que se identifican los paisajes prioritarios y los objetivos ecológicos y sociales específicos. Esta fase requiere la evaluación de oportunidades de restauración empleando criterios biofísicos y sociales. Las distintas partes interesadas participan en estas (Mansourian y Vallauri 2014). Con base en los objetivos seleccionados en la

Recuadro 1. Principios guía para la reforestación del paisaje

- **Concentrarse en los paisajes**
  Implementar intervenciones de restauración dentro de un amplio contexto de paisaje. Los paisajes son mosaicos de interacción de usos del suelo y de tenencia de tierras, incluyendo ecosistemas bajo manejo y sin manejo.
- **Participación de las partes interesadas y apoyo a la gobernanza participativa**
  Lograr la participación activa de las partes interesadas, con la inclusión en particular de los grupos vulnerables, en la planeación y toma de decisiones concernientes a los objetivos de la restauración y a las estrategias, implementación de métodos, resolución de uso de la tierra y asuntos de tenencia, estructuras de gobernanza, repartición de beneficios, monitoreo y revisión de procesos.
- **Restauración de funciones ecológicas**
  Restauración de funciones ecológias a lo largo del paisaje mediante la mejora de la calidad de hábitat para la vida silvestre y la diversidad de especies, el mejoramiento de usos productivos del suelo, prevención de erosión e inundaciónes, y el incremento de la resiliencia al cambio climático y otras perturbaciones. Integración de las funciones del bosque en los planes de manejo de la tierra en apoyo a la conservación y el uso sostenible de los bosques.
- **Uso de una variedad de enfoques de restauración**
  Considerar un amplio rango de enfoques en el desarrollo de planes de restauración a implementar dentro del paisaje, combinando las estrategias técnicas más convenientes, incluyendo la regeneración natural, agroforestería y diferentes tipos de plantaciones de árboles, implementadas en las configuraciones apropiadas de paisaje.
- **Conservar y mejorar los ecosistemas naturales**
  Detener el avance de la deforestación y degradación de bosques naturales y otros ecosisemas asociados y mejorar la recuperación y conservación de remanentes de bosque dentro del paisaje.
- **Adaptar a la medida del contexto local**
  Adaptar los enfoques de restauración a los valores sociales, culturales, económicos y ecológicos del lugar, así como a sus necesidades.
- **Restaurar la provisión de una diversidad de bienes y servicios**
  Generar un conjunto de bienes y servicios del ecosistema que beneficien a los múltiples grupos interesados. Por lo tanto los bienes y servicios generados podrían mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, brindar sombra, producir productos maderables y no maderables, secuestrar carbono, incrementar el suministro y calidad del agua río abajo, y mejorar los hábitats silvestres.
- **Manejar de forma adaptativa a mediano y largo plazo**
  Ajustar los enfoques de restauración a lo largo del tiempo en la medida que cambian las condiciones ambientales, el conocimiento, la capacidad, las necesidades de las partes interesadas y los valores sociales. Integrar en los planes de manejo y en las decisiones la información y conocimiento que surgen de las actividades de monitoreo, investigación y desarrollo, y de la guía de las partes interesadas, conforme la restauración progresa desde su estado inicial hacia las funciones ecológicas mejoradas.

Fuente: basado en WRI (2015) y en Maginnis y Jackson (2005).

segunda fase la siguiente consiste en el diseño del proyecto de RPF, con puntos de partida y de llegada claramente definidos para la restauración de elementos específicos del paisaje. La fase cuarta consiste en implementar los planes detallados de la intervención con el fin de alcanzar los objetivos de RPF. El monitoreo es un elemento crítico de la implementación. Las decisiones respecto de la implementación involucran la selección de sitios específicos para aplicar las intervenciones de restauración, y seleccionar las especies a plantar, los diseños de plantación y las procedencias genéticas.

1.2 ¿Qué son las herramientas de apoyo en la toma de decisiones?

Las herramientas de apoyo en la toma de decisiones incluyen marcos, métodos, guías, técnicas, procedimientos y enfoques analíticos orientados a un grupo específico con el fin de informar la toma de decisiones (De Ridder et al. 2007). Las herramientas pueden ser tan simples como un diagrama de flujo o tan complejas como un paquete de sistemas de modelos computarizados. Todas estas ayudan a poner en práctica principios y conceptos. Por ejemplo, un compás es una herramienta manual para trazar círculos perfectos. Sin un compás, es fácil conceptualizar un círculo perfecto pero difícil dibujarlo. Las herramientas de apoyo en la toma de decisiones están desarrolladas con el propósito de guiar o apoyar la preparación, evaluación, y mapeo de intervenciones específicas, evidenciando las ventajas y desventajas, así como las sinergias de enfoques específicos al evaluar soluciones óptimas con base en criterios de tipo espacial o no espacial, o mediante de la elaboración de escenarios modelo con base en presunciones y datos particulares. Las herramientas (también denominadas métodos, instrumentos, marcos o modelos) se diseñan a la medida de contextos particulares y emplean información que se ajusta a tal propósito.

Se han desarrollado muchas herramientas para brindar guía en la toma de decisiones respecto a prácticas de conservación y restauración. Algunas herramientas están más enfocadas en dirigir decisiones sobre procedimiento y en evaluar la preparación de tipos específicos de actividades de restauración, en tanto que otras se emplean para hacer evaluaciones cuantitativas y desarrollar escenarios de resultados de la restauración, dado un conjunto de datos en capas. Las herramientas de apoyo a las decisiones se concentran en las dimensiones biofísicas y económicas del manejo de recursos, conservación y restauración, pero también pueden brindar guía en la toma de decisiones de índole social, y en la gobernanza y negociación entre las partes interesadas (Lynam et al. 2007; Reed 2008; van Oosten et al. 2014).

1.3 Principios rectores de la RPF

A la fecha, la mayoría de los diseñadores de políticas abordan la RPF como su enfoque respecto a la restauración a gran escala, ya que abarca las dimensiones sociales y ambientales, y puede acomodar de forma flexible las compensaciones entre los diferentes tipos de actividades dentro de los paisajes (Mansourian et al. 2017). Por tal motivo, las iniciativas de restauración de escala regional y mundial son partidarias de la RPF (Tabla 1). El enfoque de RPF se originó en el año 2000, en reconocimiento a las limitaciones de la restauración ecológica de pequeña escala y de la silvicultura a gran escala de monocultivos que buscaban alcanzar un balance entre satisfacer las necesidades de las personas y restaurar la funcionalidad dentro de los paisajes (Maginnis y Jackson 2005; Mansourian et al. 2005; Laestadius et al. 2015).

Las herramientas de apoyo a la decisión revisadas aquí se basan en el modelo y los principios de RPF (Recuadro 1). La definición original de RPF es “un proceso planificado que busca recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes deforestados o degradados” (WWF y UICN 2000, 2). Más recientemente, la Alianza Global para la Restauración del Paisaje Forestal ha definido la RPF como “un proceso activo que une a las personas para identificar, negociar e implementar prácticas que restablezcan un equilibrio óptimo acordado de los beneficios ecológicos, sociales y económicos de los bosques y árboles dentro de un amplio patrón de usos de la tierra “(Sabogal et al. 2015, 4). Dependiendo de las circunstancias, la RPF puede beneficiarse de una planificación centralizada, del respaldo financiero y del soporte técnico, en cooperación con las comunidades e instituciones locales, o puede lograr resultados exitosos dentro de los paisajes en ausencia de un proceso de planificación formal.

Independientemente del papel de la planificación centralizada, la RPF requiere que se tomen decisiones clave con respecto a dónde y cómo

restaurar los bosques en paisajes de forma que se equilibren los múltiples resultados sociales y ambientales y se beneficien a los múltiples interesados. En el contexto de la RPF, las intervenciones de restauración pueden tomar muchas formas y extensiones espaciales. En condiciones sociales y ecológicas favorables, las intervenciones pueden tomar la forma de regeneración natural espontánea, asistida o gestionada por los agricultores (Chazdon y Guariguata 2016). De manera alternativa, las intervenciones de restauración activa pueden implicar la plantación extensiva de plántulas nativas o exóticas cultivadas en viveros incluyendo mezclas de especies. En algunos casos, pueden ser necesarias modificaciones de la capa superficial del suelo para restablecer la cubierta forestal después de la actividad minera o de demolición. Los sistemas agroforestales, como los sistemas silvopastoriles, los sistemas de cultivo en callejones que implican el crecimiento de cultivos de árboles maderables o frutales, o el café de sombra o el cacao bajo las copas del dosel, también pueden servir como intervenciones de restauración. Las plantaciones forestales también pueden ser componentes de la RPF, siempre y cuando satisfagan los principios (Recuadro 1). Cada una de estas intervenciones tiene costos asociados de implementación y oportunidad, así como también resultados económicos y sociales, y beneficios que se acumulan para diferentes actores y partes interesadas, además de que pueden variar en su extensión espacial y proximidad a otros usos de la tierra que también influyen en las funciones del paisaje y el suministro de bienes y servicios.

¿*Quién* habrá de tomar las decisiones referentes a las intervenciones para restaurar, y *cómo* se habrán de tomar? Las herramientas de apoyo a decisiones pueden ayudar a las comunidades, organizaciones y agencias gubernamentales regionales y nacionales a identificar el tipo y las combinaciones de intervenciones más apropiadas, y más eficientes en cuanto a su costo, para diferentes ubicaciones espaciales y contextos de uso del suelo. En muchos aspectos, la RPF es una forma especializada de manejo integrado del paisaje (MIP) o de manejo sostenible de la tierra (MST), cuyos enfoques están siendo aplicados en todo el planeta para incrementar la seguridad alimentaria, los servicios de los ecosistemas, la biodiversidad y la resiliencia al clima en paisajes agrícolas (Sayer et al. 2013; Reed et al. 2016).

Las decisiones son finalmente implementadas en los paisajes y por ende deben comprometer la participación de los grupos de partes interesadas a este nivel.

1.4 El porqué de la necesidad de herramientas de apoyo a decisiones para guiar el proceso de RPF

Deben desarrollarse principios, lineamientos y mejores prácticas para la restauración ecológica en áreas protegidas (Keenleyside et al. 2012) y en la actualidad se han propuesto estándares internacionales para la restauración ecológica (McDonald et al. 2016). Estas consideraciones son ciertamente importantes para la restauración de los bosques dentro del contexto más amplio de RPF. Pero la RPF no se centra simplemente en plantar árboles o restaurar ecosistemas forestales (Mansourian et al. 2005), y la complejidad de planear e implementar la RPF va más allá de concentrarse en ecosistemas particulares (Chazdon 2017). Los objetivos más amplios de la RPF tienen origen en un enfoque de paisaje, el cual se define como "un proceso colaborativo a largo plazo que reúne diversas partes interesadas y que busca alcanzar un balance entre los múltiples objetivos, a veces en conflicto, en un paisaje terrestre o marino" (Sayer et al. 2017, 465).

El enfoque de paisaje (Tabla 2) ofrece un marco promisorio para la planeación e implementación de la RPF, pero es necesario basarse en resultados para ilustrar los beneficios sociales y ambientales (Reed et al. 2016, 2017). Para lograr un equilibrio entre los muchos objetivos sociales y medioambientales de la RPF, la superposición de múltiples capas de información espacialmente explícita puede proporcionar una orientación importante para la planificación espacial y la priorización. Además, los objetivos y los enfoques adoptados en la planificación y la implementación deben estar vinculados al contexto local, sintetizando el conocimiento local con objetivos más amplios, como las políticas nacionales o subnacionales. La planeación espacial puede ayudar a reducir los costos generales y conllevar a la entrega equilibrada de beneficios a las múltiples partes interesadas.

No hay un modelo único de cómo restaurar un paisaje. Por ejemplo, en una región de tierras altas los esfuerzos de restauración pueden tener como objetivo proteger las cuencas hidrográficas

Tabla 2. Los diez principios del enfoque paisajístico.

Principio	Descripción
Principio 1: Aprendizaje continuo y manejo adaptativo	Los procesos del paisaje son dinámicos. A pesar de las incertidumbres subyacentes de las causas y los efectos, los cambios en los atributos del paisaje deben informar la toma de decisiones. El aprendizaje obtenido de los resultados puede mejorar el manejo.
Principio 2: Punto de entrada de interés común	Identificación de caminos a seguir inmediatos, mediante el abordaje de objetivos más simples de corto plazo, lo cual puede iniciar la construcción de confianza con las partes interesadas. Cada parte interesada solo se unirá al proceso si considera que le interesa.
Principio 3: Múltiples escalas	Numerosas influencias y retroalimentaciones del sistema afectan los resultados del manejo, pero estos impactos se desenvuelven bajo la influencia de un rango de diversas influencias y restricciones externas. La conciencia de los procesos de nivel más alto y bajo puede mejorar las intervenciones locales, informar políticas de alto nivel y la gobernanza, y ayudar a coordinar las entidades administrativas.
Principio 4: Multifuncionalidad	Los paisajes y sus componentes tienen usos y propósitos múltiples, cada uno valorado de manera diferente por las diferentes partes interesadas. Existen compensaciones mutuas entre los diferentes usuarios del paisaje; estas deben reconciliarse espacialmente y de manera explícita, de forma que estén basadas en el ecosistema, y que considere las mútiples necesidades, preferencias y aspiraciones de las partes interesadas.
Principio 5: Múltiples partes interesadas	Múltiples partes interesadas enmarcan y expresan sus objetivos de maneras diferentes. El ignorar a las partes interesadas y no lograr su participación de forma equitativa en los procesos de la toma de decisiones conllevará a resultados subóptimos, y en ocasiones no éticos.
Principio 6: Un cambio de lógica negociado y transparente	La transparencia es la base de la confianza entre las partes interesadas, y se logra mediante el entendimiento mutuo de un proceso de cambio negociado con ayuda de buena gobernanza. Todas las partes interesadas necesitan entender y aceptar la lógica, legitimidad y justificación en general de una acción, así como estar al tanto de los riesgos e incertidumbres.
Principio 7: Clarificación de los derechos y responsabilidades	Las reglas del acceso al recurso y del uso de la tierra moldean los resultados sociales y de conservación, y necesitan ser claros como una base para una buena gestión. El acceso a un justo sistema de justicia permite la resolución de conflicto y recurso. Los derechos y responsabilidades de diferentes actores requieren claridad y ser aceptados por todas las partes interesadas.
Principio 8: Monitoreo participativo y monitoreo fácil de hacer	Para facilitar un aprendizaje compartido, la información necesita ser ampliamente accesible. Se necesitan desarrollar sistemas que integren diferentes tipos de información. Cuando las partes interesadas concuerdan en las acciones y resultados deseables, compartirán un interés en evaluar el progreso.
Principio 9: Resiliencia	La resiliencia a nivel de sistema puede incrementarse mediante un reconocimiento activo de las amenazas y vulnerabilidades. Deben promoverse acciones que aborden las amenazas y que permitan la recuperación subsiguiente a la perturbación a través de la mejora en la capacidad para resistir y responder.
Principio 10: Fortalecimiento de las capacidades de las partes interesadas	Las partes interesadas requieren de la habilidad de participar efectivamente y aceptar varios roles y responsabilidades. Una participación así, presupone ciertas destrezas y habilidades (de tipo social, cultural y financiera). Los procesos del paisaje requieren de una representación competente y efectiva, y de instituciones capaces de afrontar todos los asuntos que surgen en el proceso.

Nota: Estos principios han sido adoptados por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del Convenio sobre la Diversidad Biológica, y fueron producidos en un proceso intergubernamental e interinstitucional.

Fuente: Adaptado de Sayer et al. (2013).

mediante la plantación activa de árboles y las plantaciones agroforestales en tierras degradadas. En tierras bajas, los esfuerzos de restauración pueden enfocarse en intensificar los sistemas agroforestales y establecer plantaciones silvícolas de especies mixtas. En paisajes con fragmentos remanentes de bosques, los esfuerzos de restauración podrían enfocarse en la creación de corredores biológicos, y

fomentar la regeneración natural en las zonas de amortiguamiento que rodean los fragmentos para proteger la biodiversidad amenazada.

La clave para una restauración exitosa radica en lograr los impactos deseados, que son producto de la visión inicial, planificación, implementación, monitoreo y gestión adaptativa. Las actividades de planificación y priorización son esenciales para alcanzar la escala y asignar recursos financieros limitados para maximizar el impacto. Todas estas actividades requieren el compromiso activo de las partes interesadas con el fin de asegurar que se alcancen las necesidades de las comunidades locales y tengan todo el apoyo de los gobiernos y las organizaciones locales. Dado que los recursos económicos para apoyar las actividades de restauración son limitados, la relación costo-beneficio es un criterio esencial en la planeación e implementación: ¿cómo se pueden alcanzar mayores impactos de acuerdo a un nivel limitado de inversión?

Las herramientas de planeación e implementación de la RPF comparten cierta funcionalidad con las herramientas desarrolladas para la conservación, como Marxan, la cual identifica la ubicación óptima de áreas protegidas con objetivos de representación de biodiversidad (Ball et al. 2009). Pero algunas funciones nuevas se requieren para abordar la complejidad de temas, y para ayudar a identificar la mejor armonía entre intervenciones de restauración, necesidades de comunidades locales, tipos de degradación y prioridades nacionales (véase el capítulo 3). Las herramientas de apoyo a decisiones pueden ayudar a identificar importantes compensaciones y sinergias entre diferentes objetivos de restauración y potenciales resultados, así como para evaluar la relación costo-beneficio de las intervenciones de restauración a diferentes escalas espaciales. Las herramientas de apoyo a decisiones pueden emplearse para priorizar regiones y sitios específicos a ser restaurados, con base en uno y en varios criterios, incluyendo la provisión de tipos particulares de servicios del ecosistema.

Emprender un camino de restauración exitoso requiere reconocer los fallos de los esfuerzos anteriores de reforestación y restauración, y dilucidar las condiciones que definen los resultados exitosos de restauración dentro de un contexto local (Nawir et al. 2007; Le et al. 2014). La evaluación de los factores clave de éxito antes de la restauración ayuda a garantizar que los elementos necesarios para la planificación y la implementación estén en su lugar (WRI 2015; Figura 1). Tanto los éxitos como los fracasos dependen del contexto y deben evaluarse en términos de objetivos claramente establecidos que forman la base de las estrategias de planificación e implementación. Para revertir con éxito los patrones a largo plazo de degradación, pobreza e inseguridad alimentaria, la RPF debe convertirse en el nuevo *statu quo* para la gestión sostenible de las tierras productivas y no productivas en los paisajes forestales.

La restauración es un medio para lograr un fin, en lugar de un objetivo en sí mismo. Que las acciones de restauración sean o no exitosas para alcanzar sus objetivos dependerá en gran medida de horizontes de tiempo realistas, de una inversión financiera adecuada y de un apoyo amplio de las partes interesadas y de las institucionales. Por lo tanto, estos factores deben integrarse cuidadosamente en todas las etapas de planificación e implementación. Sin embargo, incluso con las mejores intenciones, el seguimiento de la planificación efectiva y la implementación de la restauración requiere de una buena gobernanza y una distribución equitativa de los costos y beneficios de las intervenciones de restauración (van Oosten 2013).

1.5 El alcance y la organización de este estudio

Este documento brinda una revisión exhaustiva de las herramientas de apoyo para dirigir la toma de decisiones previas al proceso de restauración y durante este. En el capítulo 2, describimos las herramientas en la elaboración de los primeros pasos del proceso de restauración (Figura 2). Estas herramientas típicamente se emplearían en la primera etapa, luego de que haber adquirido los compromisos para la restauración. Esta etapa involucra la evaluación de los factores clave de éxito con los que se cuenta, y la evaluación de las oportunidades para la restauración (UICN y WRI 2014; WRI 2015). Este proceso también ayuda en la identificación de partes interesadas clave y de fuentes de conocimiento que deberían participar en el proceso. Un ejemplo de una herramienta empleada en esta etapa es la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM de sus siglas en inglés; UICN y WRI 2014), la cual también guía la selección de áreas objetivo para la restauración, en donde se recolecta y evalúa información espacial más detallada. La

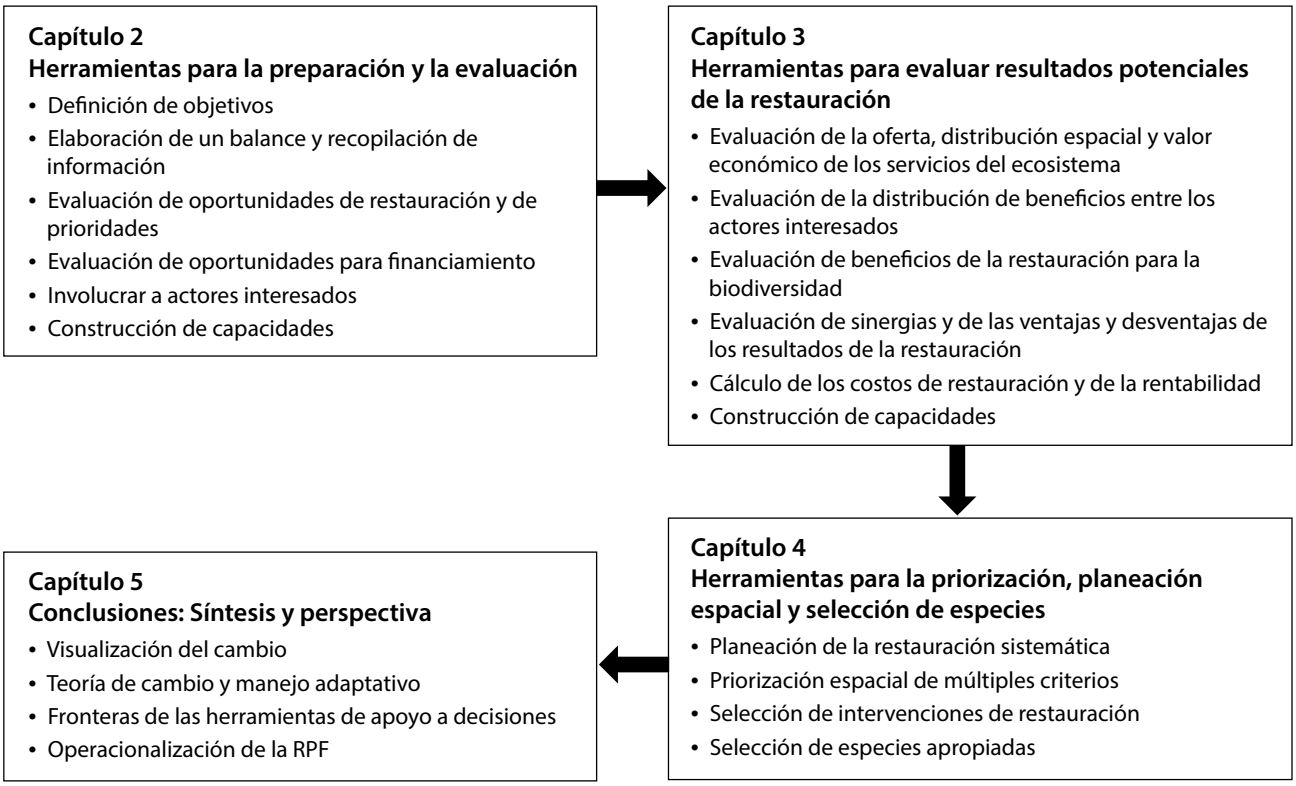


Figura 2. Hoja de ruta de esta revisión.

ROAM implica definir y mapear oportunidades para la restauración dentro de áreas específicas. La planificación de la restauración también puede utilizar datos sobre gobernanza local, iniciativas comunitarias y otras consideraciones sociales para determinar si las intervenciones de restauración son necesarias o cuáles son los objetivos más apropiados y deseables.

El capítulo 3 está enfocado en las herramientas de apoyo de decisiones desarrolladas para evaluar el suministro de servicios del ecosistema y la potencial conservación de la diversidad biológica mediante acciones de restauración. Estas incluyen herramientas para evaluar y mapear el suministro y la entrega de servicios ecosistémicos a los interesados y para modelar escenarios de su producción luego de realizar las acciones propuestas. Estas herramientas también se pueden utilizar para analizar sinergias y compensaciones entre diferentes servicios de los ecosistemas, proporcionar orientación esencial para la priorización espacial y para combinar las acciones de restauración para lograr resultados específicos que beneficien a las partes interesadas. Este capítulo también revisa las herramientas de apoyo a la toma de decisiones para incorporar la biodiversidad en la restauración y para evaluar y mapear costos de restauración y su rentabilidad.

En el capítulo 4 describimos las herramientas de apoyo a la decisión para la planificación espacial de intervenciones de restauración específicas basadas en las condiciones biofísicas, las condiciones socioeconómicas y las necesidades y preferencias de las partes interesadas, tal como se define en el enfoque de paisaje y los principios de la RPF. Estos enfoques se basan en herramientas de priorización espacial que incorporan múltiples criterios biofísicos y sociales. También se describen las herramientas para seleccionar especies de árboles que son apropiadas a las condiciones regionales o locales.

El capítulo 5 concluye la revisión con una evaluación de los desafíos y brechas en el uso de herramientas de apoyo a la decisión para la RPF. Proporcionamos una perspectiva y recomendaciones futuras para la mejora de las herramientas de apoyo a la toma de decisiones y la expansión de su acceso y uso en la planificación e implementación de la RPF en todo el mundo.

2 Herramientas para la preparación y la evaluación

En el año 2016 Malawi, el pequeño país sin acceso al mar ubicado en África cuya superficie es de 118 484 km^2, se comprometió con el Desafío de Bonn (http://www.bonnchallenge.org/content/challenge) de restaurar 2 millones de hectáreas de bosque para el año 2020, y 2,5 millones de hectáreas adicionales en 2030. Malawi es el país menos desarrollado del bloque de países en desarrollo, su economía se basa en agricultura y 85 % de la población vive en áreas rurales. Los principales productos agrícolas son tabaco, caña de azúcar, algodón, té, maíz, papas, sorgo y ganado vacuno y caprino. La agricultura depende en su mayoría de las lluvias y constituye más de una tercera parte del PIB y el 90 % de los ingresos por exportaciones. Las áreas boscosas, o Miombo, cubrían la superficie de Malawi, pero los árboles tienen poco valor comercial y la deforestación es un problema serio. Entre los años 1900 y 2010, el país perdió 17 % de su Miombo debido a la fuerte recolección de leña, la agricultura de subsistencia y la expansión de la agricultura comercial (FAO 2010). Los bosques en tierras consuetudinarias pertenecientes a pequeños propietarios representan el 63 % del área forestal. En enero de 2015 se calcula que se perdieron 64 000 ha de cultivos en el sureste de Malawi debido a inundaciones devastadoras. Más de un millón de personas en todo el país fueron afectadas, incluyendo 336 000 desplazados y más de 100 fallecidos. Estas condiciones crearon una fuerte motivación para echar atrás los efectos devastadores de la deforestación y degradación forestal mediante un plan para la RPF.

La Evaluación de la Reforestación del Paisaje Forestal Nacional de Malawi se culminó en junio de 2017 (Ministerio de Recursos Naturales de Malawi 2017). La Estrategia Nacional para la Reforestación del Paisaje Forestal del país se enfoca en cinco tipos de intervenciones: agricultura de conservación, agroforestería intensiva, regeneración natural gestionada por agricultores, plantaciones comunitarias y plantaciones forestales privadas a pequeña escala, y manejo del bosque natural y protección de cuencas, todo esto con una cobertura de 4,5 millones ha (República de Malawi 2017). Para los intereses de Malawi es crítico planificar intervenciones de RPF que mejoren los medios de vida rural y la producción agrícola. ¿De qué forma inició Malawi el proceso de evaluar dónde y cómo se pueden realizar diferentes formas de restauración para alcanzar sus necesidades y objetivos?

Muchos países se encuentran en una situación similar a la de Malawi, pero cada uno ha llegado al punto de partida con una historia única de deforestación y desarrollo, sistema político, entorno biogeográfico y realidades socioeconómicas. En este capítulo, revisamos las herramientas que se utilizan para comenzar el proceso de RPF en países o regiones. Estas herramientas están diseñadas para ayudar a los actores de la restauración a prepararse, para evaluar su nivel de preparación y para comenzar a planificar dónde y cómo las intervenciones de restauración deberían ubicarse y financiarse dentro del país. Algunas herramientas también se pueden usar para desarrollar datos de referencia y protocolos de monitoreo.

Las herramientas que se analizan en este capítulo están diseñadas para guiar las primeras etapas de la planificación y cooperación de la RPF en una escala aproximada, como en regiones o en la totalidad de países. Pero pocas de estas herramientas están realmente diseñadas para planificar e implementar intervenciones de restauración a pequeña escala en el terreno. Por el contrario, los marcos y herramientas presentados aquí proporcionan una base para el trabajo a largo plazo que se necesita hacer para transformar paisajes y traer beneficios sociales y ambientales a muchos grupos de partes interesadas durante muchas décadas en el futuro.

2.1 Una herramienta de diagnóstico para identificar el grado de preparación para la RPF

Con base en un análisis de 16 estudios de caso y literatura revisada por pares, el World Resources Institute (2015) desarrolló una herramienta llamada Diagnóstico de Restauración para Evaluar el Estado de los Factores de Éxito clave para la RPF. Los estudios de caso revelaron que los procesos exitosos de restauración comparten tres propiedades o temas. En primer lugar, los tomadores de decisiones, los propietarios de tierras o los ciudadanos individuales se sintieron inspirados o motivados para catalizar el proceso de RPF. En segundo lugar, un conjunto de condiciones ecológicas, de mercado, políticas, sociales e institucionales ayudaron a crear un entorno favorable para la RPF. En tercer lugar, se movilizaron los recursos y la capacidad para implementar la RPF a nivel sostenido sobre el terreno (WRI 2015). Cada uno de estos temas se puede desglosar en factores particulares de éxito que, de estar presentes, crean la posibilidad, el impulso y la integración de la RPF dentro de las prioridades nacionales (Tabla 3).

La herramienta (o método) se basa en tres pasos:
- Los usuarios definen el alcance, jurisdicción o región geográfica para el análisis. Lo cual puede ser un país entero, un departamento o un estado, o cuencas hidrográficas.
- Los usuarios realizan la evaluación para identificar los factores de éxito presentes y ausentes dentro del área a restaurar.
- Los usuarios identifican políticas, incentivos o prácticas en particular para abordar los factores ausentes.

Varios grupos de individuos pueden usar esta herramienta, incluyendo a los gestores de organizaciones no gubernamentales, agencias gubernamentales, comunidades o propietarios de tierras. Las agencias para el desarrollo pueden usar el diagnóstico para facilitar la RPF bajo esquemas de financiación. Las compañías pueden emplear el diagnóstico como una herramienta de planeación de sus propios proyectos ya sean voluntarios u obligatorios. También puede adaptarse para ser usada a diferentes escalas jurisdiccionales. A pesar de que los diagnósticos de restauración se usan en evaluaciones subnacionales, se requiere un esfuerzo adicional para que sea una herramienta útil a escala de paisaje.

La herramienta se utilizó en Ruanda en 2013 por parte del WRI y la UICN, y se diseñó para emplearse como un componente de evaluaciones de restauración a escala nacional. En el primer paso, la decisión fue hecha por el presidente con el fin de hacer que la totalidad del área rural del país (2,1 millones ha) fueran cubiertas por el diagnóstico, en congruencia con el Desafío de Bonn. Esta área constituye el 80 % del área total del país. En el segundo paso, se realizaron una serie de talleres con diferentes grupos de participantes para evaluar el estado de factores de éxito clave, lo cual resaltó varios vacíos que necesitaban ser abordados, como el incremento de la disponibilidad de semilla, el mejoramiento de la coordinación gubernamental y la oferta de servicios de extensión (Tabla 3). En el tercer paso, los grupos de participantes identificaron estrategias para abordar estos vacíos, así como para abordar los factores de éxito que no se encontraban totalmente implementados. A continuación categorizaron estas estrategias, priorizando las de mayor urgencia y mayor posibilidad de implementarse (Tabla 3). Entre otras estrategias, el proceso de diagnóstico en Ruanda resaltó la necesidad de desarrollar estrategias para: comunicar los beneficios de la restauración mediante una campaña de concienciación pública, incrementar las especies nativas en plantaciones y convocar a la articulación de sectores de grupos de trabajo para coordinar agencias gubernamentales con el fin de priorizar y promover las actividades de restauración (Tabla 3). Este método también lo utilizó el Bosque Atlántico en Brasil, y en Ecuador, subrayando estrategias particulares para la mejora de los factores clave de éxito en la RPF en estos contextos (WRI 2015).

2.2 Una herramienta para evaluar las necesidades de restauración y las condiciones del ecosistema

La Herramienta de Evaluación del Paisaje Forestal (FLAT de sus siglas en inglés) se diseñó para ayudar a las agencias locales gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales, los gestores de tierras y propietarios privados del noroeste de Estados Unidos a evaluar tierras forestales con fines de manejo y gestión (Ciecko et al. 2016). La herramienta proporciona procedimientos y herramientas para determinar las condiciones ecológicas de los bosques y las amenazas

Tabla 3. Resultados del diagnóstico de restauración en Ruanda.

Tema	Característica	Factor clave de éxito	Respuesta	
MOTIVA	BENEFICIOS	La restauración genera beneficios económicos	🟡	Lanzamiento de una campaña pública de concienciación para resaltar los beneficios de un amplio rango de árboles, especialmente de especies nativas
		La restauración genera beneficios sociales	🟢	
		La restauración genera beneficios ambientales	🟢	
	CONCIENCIA	Los beneficios de la restauración se comunican en público	🟡	
		Las oportunidades de restauración son definidas	🟢	
	EVENTOS DE CRISIS	Se aprovechan los eventos de crisis	🟢	
	REQUISITOS LEGALES	Existen requisitos legales de restauración	🟡	
		La restauración requerida por ley se entiende ampliamente y se hace cumplir	🔴	
HABILITA	CONDICIONES ECOLÓGICAS	Las condiciones de suelo, agua, clima e incendios son apropiadas para la restauración	🟡	Introducción del objetivo de plantar por lo menos el 20 % con especies nativas
		Están ausentes las plantas y animales que pueden impedir la restauración	🟡	
		Hay disponibilidad de semillas, plántulas o fuentes poblacionales de especies nativas	🔴	
	ESTADOS DEL MERCADO	Están descendiendo las demandas que compiten entre sí (p. ej. alimento, leña) por tierras de bosque	🔴	Construcción de un Centro de Semillas de Árboles para suministrar la cantidad, calidad y diversidad de semillas de especies nativas, especialmente.
		Existen cadenas de valor para productos provenientes de áreas restauradas	🟢	
	ESTADOS DE POLÍTICAS	La tenencia de la tierra y de los recursos naturales está asegurada	🟢	
		Las políticas que afectan la restauración se encuentran alineadas y optimizadas	🟡	
		Existen restricciones al clareo de bosques naturales remanentes	🟢	Ordenar a una agencia a que promueva y brinde guía técnica en agroforestería
		Las restricciones a la tala de bosques se hacen cumplir	🟡	
	CONDICIONES SOCIALES	Los habitantes locales se encuentran empoderados para tomar decisiones sobre restauración	🔴	
		Los habitantes locales pueden beneficiarse de la restauración	🟢	
	CONDICIONES INSTITUCIONALES	Los papeles y responsabilidades para la restauración están claramente definidos	🔴	Hacer uso del Grupo de Trabajo del Sector Conjunto para coordinar agencias de gobierno y ayudar a priorizar/ promover actividades de restauración
		Se cuenta con una coordinación institucional efectiva	🔴	
IMPLEMENTA	LIDERAZGO	Existen defensores de la restauración nacional y/o local	🟢	
		Existen compromiso político sostenido	🟡	
	CONOCIMIENTO	Existe el "saber hacer" relevante para los paisajes candidatos	🟡	Mejorar el entendimiento entre el personal del ministerio y del distrito sobre cómo manejan los pequeños propietarios sus pequeñas plantaciones madereras para identificar medidas aceptables para mejorar la producción
		"Saber hacer" sobre restauración es transferido entre colegas o por servicios de extensión	🔴	
	DISEÑO TÉCNICO	El diseño de la restauración tiene buena base técnica y resiliente al clima	🔴	
		La restauración limita las "fugas"	🟡	
	INCENTIVOS FINANCIEROS	Los incentivos positivos y los fondos para restauración superan los incentivos negativos	🟡	Mejorar los servicios existentes a nivel de distrito y de sector mediante el alineamiento de metas de desempeño del personal agrícola y forestal con los objetivos de restauración
		Los incentivos y los fondos se encuentran accesibles	🔴	
	RETROALIMENTACIÓN	Se encuentran funcionando un monitoreo de desempeño y un sistema de evaluación efectivos	🔴	
		Se comunican tempranamente las ganancias	🟡	

Nota: Para cada factor clave de éxito, las respuestas indican si el factor se encuentra en funcionamiento (verde), parcialmente en funcionamiento (amarillo) o si no se encuentra en absoluto (rojo). Se indican las estrategias necesarias para superar los principales obstáculos para cada factor clave de éxito.

potenciales para permitir una evaluación rápida de las condiciones de referencia, determinar y priorizar las necesidades de restauración a lo largo de un paisaje y monitorear el progreso para alcanzar los objetivos de gestión. La evaluación se realiza en tres fases: (1) mapeo de tipo forestal mediante imágenes aéreas y clasificación de áreas en unidades de manejo; (2) una evaluación sobre el terreno de las unidades de manejo; y (3) desarrollo de estrategias de manejo para cada unidad. El marco de este enfoque a escala de paisaje es flexible y pueden usarlo diferentes tipos de propietarios a lo largo de una variedad de ecosistemas forestales. La herramienta FLAT se emplea actualmente para desarrollar e implementar planes de manejo del bosque dentro del condado King en el estado de Washington, Estados Unidos. Las evaluaciones futuras que emplean la herramienta FLAT pueden emplearse para monitorear el progreso y evaluar la efectividad de las intervenciones de restauración. El enfoque no incorpora los usos de la tierra que se encuentran fuera del bosque y no incorpora de manera explícita criterios económicos o de medios de vida para la priorización de acciones de restauración (Ciecko et al. 2016).

2.3 Una herramienta de mapeo, monitoreo y planeación a escala de paisaje

Se ha diseñado una guía para la planeación espacial y el monitoreo a escala de paisaje por parte de EcoAgriculture Partners en colaboración con TerrAfrica, que dirige a las partes interesadas en la localización, diseño y monitoreo de intervenciones con el fin de beneficiar a los habitantes de paisajes rurales (Willemen et al. 2014). Esta guía sirve como una herramienta para integrar la producción agrícola, la conservación de la diversidad biológica y la seguridad de medios de vida. Las partes interesadas completan un proceso de ocho pasos que se lleva a cabo en cinco fases (véase la figura 3).

La primera fase está dedicada al inventario, y la identificación y localización de beneficios dentro del paisaje, como el suministro de agua y la regulación, la provisión de hábitat, la producción de cultivos y la moderación de eventos climáticos extremos. Las partes interesadas desarrollan una plataforma de SIG compuesta por mapas a escala global y nacional, para identificar áreas importantes que corresponden al suministro de beneficios y para informar la

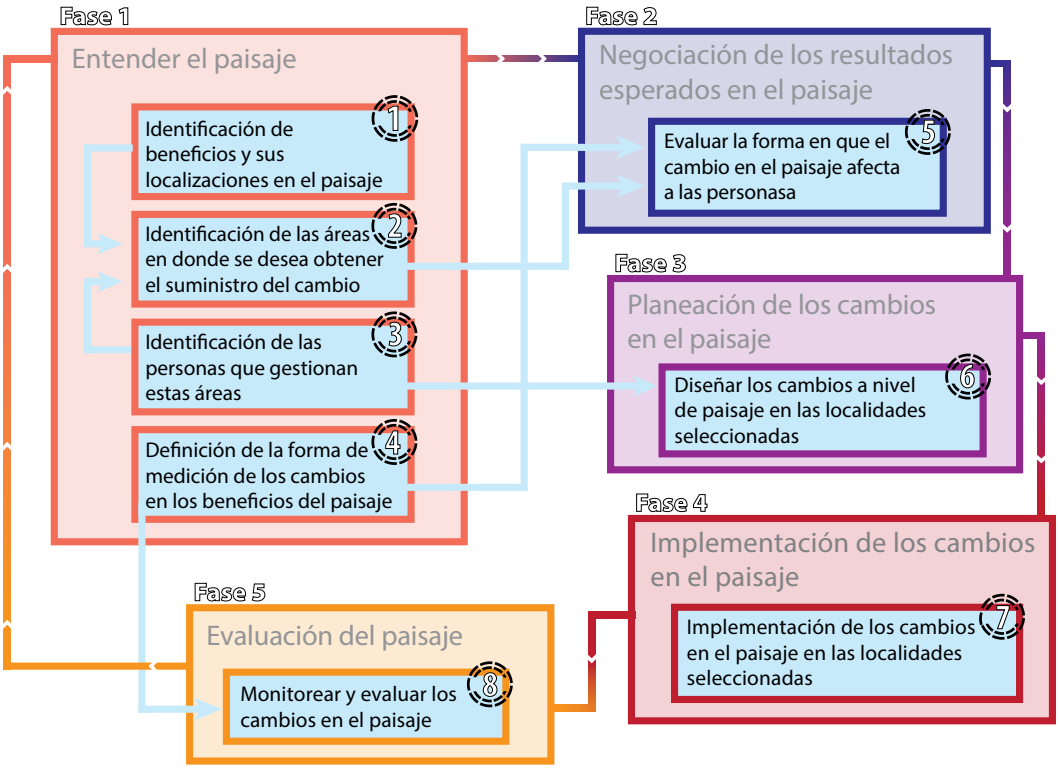


Figura 3. Los ocho pasos de la planeación y el monitoreo de intervenciones en paisajes, en los cuales se emplean mapas en el proceso de manejo adaptativo colaborativo de cinco fases.

Fuente: Willemen et al. (2014).

planificación de intervenciones específicas al lugar. Se identifican áreas donde los cambios conducirían a la mejora de los flujos de beneficios del paisaje y se incluye un elemento de monitoreo, de modo que el cambio pueda detectarse y medirse.

Los cambios deseados de paisajes se negocian, planifican e implementan en las fases 2 a 4. La fase 5 implica el desarrollo de una estrategia espacial para el monitoreo y la evaluación de los cambios en el paisaje que también incorpora el manejo adaptativo de las intervenciones en el paisaje. Este enfoque se aplicó en un estudio de caso en colaboración con TerrAfrica en la microcuenca baja Burqua Abagabir Wejig al sur de Tigray, Etiopía, para apoyar actividades futuras de MST en la región (Willemen et al. 2014). Los objetivos de las actividades y principios subyacentes del MST/MIP se superponen en gran medida con los de la RPF (como se dijo en el capítulo 1).

2.4 Una herramienta para evaluar las oportunidades de RPF y los enfoques a los niveles nacional y subnacional

Las evaluaciones de oportunidades de restauración a escala mundial no son adecuadas para realizar evaluaciones a niveles nacional o subnacional, ni para definir áreas objeto de tipos específicos de actividades de restauración. Para definir e implementar los compromisos nacionales con el Desafío de Bonn, el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (ONU-CBD), la Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (CNULD) y la Convención Marco de las Naciones Unidas para combatir el Cambio Climático (CMNUCC), los países deben estar en capacidad de identificar y mapear las áreas a restaurarse y de proyectar la forma en que las acciones de restauración brindarán un amplio rango de beneficios ambientales y socioeconómicos. Finalmente, el objetivo de estas actividades es el de frenar los procesos de degradación y deforestación, y de restaurar la funcionalidad de paisajes a lo largo de una variedad de intervenciones que incrementen la cobertura arbórea, restauren los ecosistemas forestales y sus servicios, protejan la biodiversidad, reduzcan la pobreza y mejoren la sostenibilidad del uso de tierras.

La necesidad de hacer estas evaluaciones hechas a nivel nacional y subnacional conllevan al desarrollo de la Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración (ROAM de sus siglas en inglés) por parte del WRI y la UICN. Esta metodología surgió de las experiencias iniciales trabajando con múltiples partes interesadas en Ghana en 2011, y se publicó una edición de 'prueba de campo' en 2014, informada por otras experiencias que se llevaron a cabo en evaluaciones en Ruanda y México (UICN y WRI 2014). La metodología de evaluación se diseñó para evolucionar a lo largo del tiempo, a medida que las nuevas experiencias, contextos y desarrollos tecnológicos revelan aspectos clave que fueron subdesarrollados o necesitaron de un mayor refinamiento.

El propósito de la metodología ROAM es guiar a los grupos de interesados de nivel nacional o subnacional a través de un proceso guiado para involucrarse en el inventario, el mapeo, el análisis de costos y beneficios de las actividades de restauración y la evaluación de las opciones de financiamiento e inversión. El proceso de la metodología ROAM consiste en una evaluación por múltiples partes interesadas, lo que brinda la oportunidad de colaboración entre diferentes agencias, sectores e instituciones que pueden no haber trabajado juntos previamente.

Hasta la fecha, evaluaciones de oportunidad, mapas y análisis económicos se han completado o están en progreso en al menos 24 países o estados de todo el mundo (Recuadro 2). Es importante notar que la metodología ROAM no se desarrolló como una herramienta de planeación o implementación para la RPF a escala de paisaje, a pesar de que se realizan evaluaciones subnacionales o que se han culminado en Brasil, Nicaragua, Indonesia, Etiopía y México.

La metodología ROAM se emplea con frecuencia en combinación con el Diagnóstico de Restauración (sección 2.1) ya que los dos enfoques brindan información clave sobre deficiencias técnicas, de información y de otro tipo que deben abordarse para planificar (y finalmente implementar) una exitosa RPF a escala nacional y/o subnacional. Por ejemplo, la evaluación inicial con ROAM en Ghana se vio obstaculizada por la falta de un mapa reciente de cobertura de tierras/uso de la tierra y un mosaico de cobertura reciente Landsat. La infraestructura técnica para adquirir y procesar datos suele ser una de las principales limitaciones. Cuando faltan datos espaciales, se puede usar una técnica llamada "mapeo de conocimiento" para documentar el

Recuadro 2. Herramientas de apoyo disponibles gratuitamente que se han discutido en este capítulo

Diagnóstico de la restauración
https://www.wri.org/sites/default/files/WRI_Restoration_Diagnostic_0.pdf
https://www.youtube.com/watch?v=V-s2NNcOCLA

Herramienta de Evaluación del Paisaje Forestal (FLAT): Evaluación rápida de manejo de tierras
https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr941.pdf

Planeación espacial y monitoreo de intervenciones de restauración: mapas de los vínculos de las personas con sus paisajes. Una guía para el usuario
https://ecoagriculture.org/publication/a-landscape-perspective-on-monitoring-evaluation-for-sustainable-land-management/spatial-planning-and-monitoring-of-landscape-interventions-maps-to-link-people-with-their-landscapes/

Guía ROAM online paso a paso
http://www.forestlandscaperestoration.org/tool/roam-online-step-step-guide

Manual ROAM Handbook en inglés
http://www.forestlandscaperestoration.org/tool/roam-online-step-step-guide

Manual ROAM Handbook in francés
https://portals.iucn.org/library/node/45771

Manual ROAM en español
https://portals.iucn.org/library/node/45770

Manual ROAM en portugués
https://portals.iucn.org/library/node/45772

Manual ROAM en ruso
https://portals.iucn.org/library/node/45872

Manual ROAM en indonesio
https://portals.iucn.org/library/node/46351

Financiamiento sosbenible para la restauración forestal y del paisaje. FAO
http://www.fao.org/3/a-i5031e.pdf

Restauración forestal del paisaje como componente clave de la mitigación y adaptación al cambio climático. IUFRO
http://www.iufro.org/publications/series/world-series/article/2015/12/01/world-series-vol-34-forest-landscape-restoration-as-a-key-component-of-climate-change-mitigation/

Atrayendo la inversión privada a la restauración del paisaje: una hoja de ruta
http://www.wri.org/publication/attracting-private-investment-to-landscape-restoration

Implementación de la restauración forestal del paisaje, una guía para profesionales. Stanturf J, Mansourian S y Kleine M, eds. 2017. Viena, Austria: International Union of Forest Research Organizations, Special Programme for Development of Capacities (IUFRO-SPDC). 128.
https://www.iufro.org/science/special/spdc/flr/flr/pract-guide/

Consentimiento libre previo e informado: un derecho de los puebos indígenas y una buena práctica para las comunidades locales. Manual para profesionales de proyectos. FAO. 2016. 52.
http://www.fao.org/documents/card/en/c/5202ca4e-e27e-4afa-84e2-b08f8181e8c9/

conocimiento experto local sobre las opciones de RPF más apropiadas para aplicar a diferentes áreas objetivo (Pistorius et al. 2017). Por su naturaleza, el proceso de la metodología ROAM puede estimular los esfuerzos para desarrollar capacidad técnica y para obtener y analizar datos que sirvan en las evaluaciones.

El proceso de la metodología ROAM es flexible y puede adaptarse para abordar necesidades y restricciones específicas al interior de cada país o unidad subnacional donde se esté utilizando. Las tres principales fases son: (1) preparación y planeación; (2) recolección y análisis de datos; y (3) resultados y recomendaciones (Figura 4).

La elaboración de una evaluación casi siempre requiere de entre 15 y 30 días hábiles, los cuales se pueden extender a un periodo de entre 2 y 4 meses. Todas las fases requieren el compromiso de múltiples partes interesadas que trabajan juntas como equipo. El proceso ROAM se puede llevar a cabo eficazmente dentro de las regiones subnacionales, ya que la planificación e implementación de las intervenciones de la RPF son más adecuadas dentro de un contexto local más restringido, con la participación de las partes locales que conocen más de la región y que están interesados en el éxito de los resultados de la RPF. Pistorius et al (2017) describen el proceso ROAM ejecutado en Amhara, Etiopía, una región con 16 millones ha, donde se encuentran algunos de los paisajes más degradados del país.

Durante la Fase 1 del ROAM, los interesados priorizan los tipos de intervenciones de restauración más adecuadas para las áreas objetivo identificadas como oportunidades. Por ejemplo, el manual de ROAM describe siete tipos de intervenciones de RPF en tres categorías principales: (1) tierra forestal (natural o plantada); (2) tierras agrícolas (agroforestería y barbechos); y (3) zonas protectoras y de amortiguamiento (zonas costeras, protección de cuencas hidrográficas o control de la erosión). Se pueden utilizar diferentes criterios e indicadores para seleccionar y mapear oportunidades de restauración, incluido el estado de las propiedades biofísicas del suelo, niveles de perturbación y fragmentación de bosques y cuencas hidrográficas, disponibilidad de tierras, propiedad de la tierra, intereses económicos que rivalizan, mejora de medios de vida, costos de intervenciones, beneficios para los flujos de servicio del ecosistema y alineación con las políticas y leyes existentes. Una vez que se han seleccionado los criterios y se han identificado las oportunidades, se les pueden asignar intervenciones de restauración particulares de acuerdo con su idoneidad para abordar un rango de necesidades sociales y ambientales. Múltiples partes interesadas, incluidos los expertos, deberían participar en la selección de los



Figura 4. Fases de la metodología de evaluación de oportunidades de restauración.

Fuente: Pistorius et al. (2017).

criterios para priorizar las áreas de restauración (Orsi et al. 2011). Orsi et al. (2011) describen un proceso para la identificación de criterios e indicadores con base en una encuesta abierta sin estructurar, seguida de una reunión. Estos indicadores incluyen factores relacionados con la conservación de la biodiversidad como con la factibilidad, pero excluyen los factores socioeconómicos.

La segunda fase de la metodología ROAM implica actividades centrales que incluyen la recopilación y el análisis de diferentes formas de datos (Figura 4). La experiencia técnica y los datos disponibles varían ampliamente entre los diferentes países, por lo que los tipos y la profundidad de los análisis también tendrán amplias variaciones. El objetivo es utilizar la mejor información disponible para identificar las áreas con mayor potencial de restauración, determinar qué intervenciones de restauración son las más apropiadas para estas áreas y evaluar los costos y beneficios de estas actividades. El proceso de análisis debe considerar las necesidades de los usuarios finales clave y la necesidad de involucrar a expertos y perspectivas de diferentes sectores, incluyendo el agrícola, forestal, hídrico, energético, de género, económico y de desarrollo. A medida que los países obtengan datos y experiencia técnica, estos análisis pueden revisarse para mejorar la base de resultados para la planificación de la restauración.

La restauración de tierras degradadas ofrece el mayor potencial de beneficios económicos y ambientales, pero el costo de restauración es alto. Cuanto mayor es el grado de perturbación ecológica, mayor es la "deuda por restauración" (Ghazoul y Chazdon 2017; Moreno-Mateos et al. 2017). Las causas de la degradación de la tierra también deben abordarse para evitar el desperdicio de esfuerzos y reducir la necesidad futura de intervenciones de restauración. Del mismo modo, se debe tener cuidado al evaluar las áreas forestales "degradadas" para evitar clasificar los pastizales nativos o los ecosistemas de humedales, sin cobertura arbórea, como bosques degradados (Veldman et al. 2015). Se debería consultar a los ecólogos o los gestores de tierras que poseen conocimiento sobre ecosistemas no forestales a la hora de hacer estas evaluaciones, en particular si su conocimiento tiene una fuerte base en información de teledetección. En regiones donde la cobertura arbórea natural es escasa y se entremezcla con formaciones de pastizales, a menudo falta claridad sobre cómo definir coberturas terrestres como "bosques abiertos" y "bosques", y el papel de los regímenes de perturbación natural que mantienen la diversidad de estas estructuras abiertas dentro de los paisajes (Veldman et al. 2015; Holmgren y Scheffer 2017). Las preguntas clave pueden ser de utilidad al tomar decisiones sobre los niveles óptimos y tipos de cobertura forestal en paisajes en el contexto de RPF (Tabla 4).

Tabla 4. Cuatro preguntas clave para obtener información necesaria para decidir sobre la cobertura forestal óptima de un paisaje

- ¿Cómo afectan la cobertura y composición forestal el estado de los servicios ecosistémicos de suministro, regulación y cultural?
- ¿De qué manera, bajo el cambio climático, la resiliencia en la provisión de los servicios ecosistémicos varía con la cobertura arbórea?
- ¿Cómo intervienen los antecedentes socioeconómicos y culturales en la percepción de los servicios ecosistémicos de la cubierta arbórea?
- ¿Cuáles son los puentes y barreras de tipo ecológico y social para gestionar los cambios en la cobertura arbórea de manera proactiva frente al cambio climático?

Fuente: Holmgren y Scheffer (2017, Tabla 1).

Evaluar la degradación o perturbación de los bosques no es tan sencillo como evaluar la deforestación donde los bosques han sido reemplazados por el uso no forestal de tierras o la degradación de las tierras donde la productividad agrícola es mínima o nula (Ghazoul y Chazdon 2017). Las percepciones de la degradación de los bosques son construcciones sociales, sujetas a normas culturales y éticas, y pueden surgir conflictos entre las partes interesadas cuando las áreas forestales se etiquetan como degradadas. Lo que para un actor puede ser un área degradada, para otro no necesariamente es así. Por estas razones, el conocimiento y los mapas locales, con un historial detallado de uso de bosques y tierras agrícolas, brindan información crítica para identificar áreas que son prioritarias para intervenciones de restauración forestal específicas sin necesariamente ser catalogadas como "degradadas".

La selección de los tipos de intervenciones de restauración para aplicar en áreas particulares requiere un compromiso amplio de las partes interesadas y la congruencia de los objetivos de restauración con las condiciones sociales y ambientales apropiadas sobre el terreno. Por ejemplo, en la evaluación ROAM de Ruanda, se identificaron cinco intervenciones amplias y se mapearon áreas de oportunidad para cada tipo

(Ministerio de Recursos Naturales de Ruanda 2014). Las intervenciones de agroforestería representan el 45 % del total de oportunidades de restauración, y consiste en dos tipos de intervenciones: en tierras con pendiente pronunciada; y en tierras planas o con pendiente ligera. Una tercera intervención consiste en mejorar la gestión de pequeñas plantaciones forestales privadas y plantaciones madereras, lo cual se aplica al 11 % del total de oportunidades de restauración en Ruanda (256 000 ha). Estas plantaciones se usarán para la producción de leña y madera. La protección y restauración de los bosques naturales es la cuarta intervención, adecuada para el 1 % del total de oportunidad de restauración. La quinta intervención es la protección de los bosques para evitar la erosión en las pendientes empinadas y laderas, y para plantar zonas de amortiguación a lo largo de ríos y humedales, lo cual cubre el 5,1 % (122 540 ha) del total del área con oportunidad para restaurar en Ruanda (Ministerio de Recursos Naturales de Ruanda 2014).

Dadas las asignaciones planificadas de diferentes intervenciones de restauración, se realiza un análisis económico y financiero para evaluar los costos y los beneficios de las actividades de restauración y para estimar el retorno de la inversión (RI) a escala nacional o subnacional (Ding et al. 2017). El análisis económico requiere la aplicación de la información disponible sobre los costos de implementación, los costos de oportunidad de la tierra y los beneficios de la tierra restaurada, tales como los rendimientos de madera, los rendimientos de cultivos, la prevención de la erosión y el almacenaje de carbono. En el ejemplo de Ruanda, la transición más costosa es la que sucede a partir de la agricultura tradicional hacia la agroforestería, seguida de la plantación de bosques protectores. La gestión de parcelas productoras de madera y de promover la regeneración natural son las opciones de restauración menos costosas. Se utiliza una curva de reducción de carbono para ilustrar el potencial de secuestro de carbono a través de intervenciones de restauración (Figura 5). Esta curva se realizó mediante el cálculo del CO_2 secuestrado durante 20 años en cinco "transiciones" de restauración diferentes y calculando el valor neto presente por tonelada de CO_2 para cada transición. El mayor potencial para el almacenamiento de carbono proviene de la transición de la agricultura tradicional a la agroforestería, la cual lograría almacenar 31 Mt adicionales de CO_2 en 20 años. Además, cada tonelada de carbono almacenada a través de la agroforestería generaría ganancias financieras de RWf 17 000 a partir del rendimiento de los cultivos, la reducción en la erosión y la producción de madera (Figura 5). Ya sea que estos cálculos sean precisos o no, brindan una evaluación relativa de los costos y beneficios de diferentes intervenciones y son fuente esencial de información en la planeación de actividades tanto a la escala nacional como subnacional.

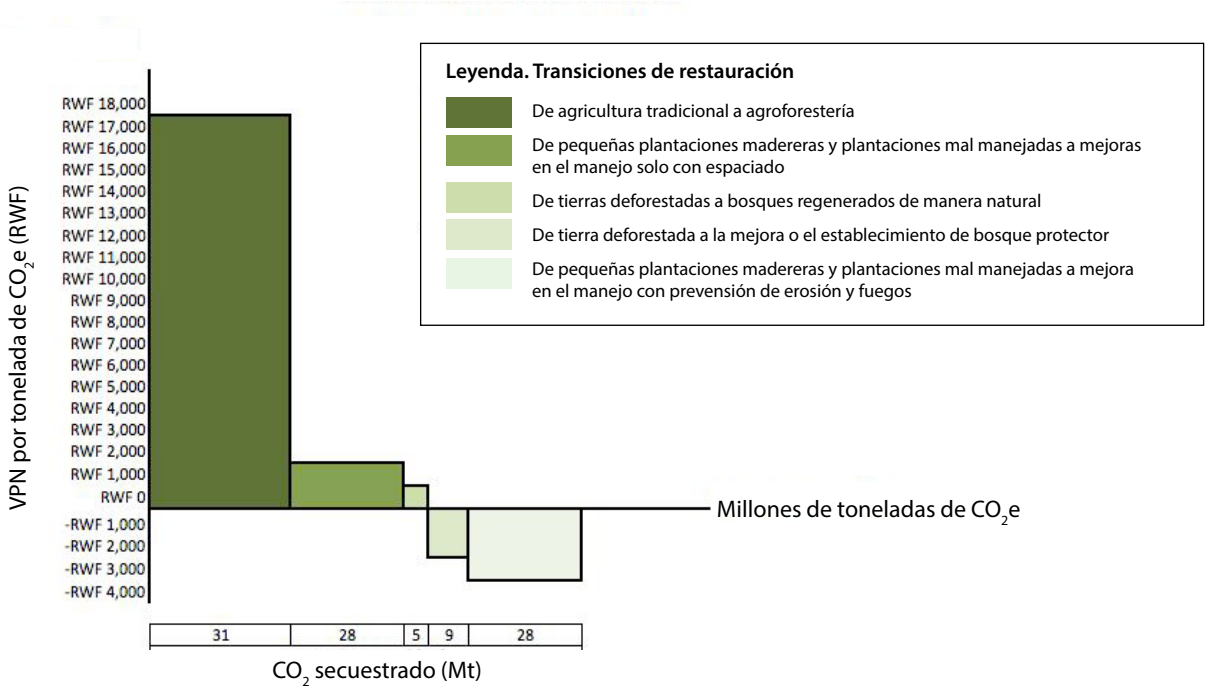


Figura 5. Una curva de acumulación de carbono en Ruanda, basada en su evaluación ROAM.

Fuente: Figura 14 de la evaluación ROAM en Ruanda.

Otro producto de una evaluación ROAM es un mapa de oportunidades de restauración, que proporciona información crítica para la planificación y la toma de decisiones a escala nacional y subnacional. El mapa de oportunidades de restauración producido para la evaluación ROAM de Guatemala muestra las áreas seleccionadas para agroforestería con cultivos anuales, sistemas silvopastoriles, agroforestería con cultivos permanentes, bosques de producción, bosques de conservación y bosques riparios (Figura 6). El mapa

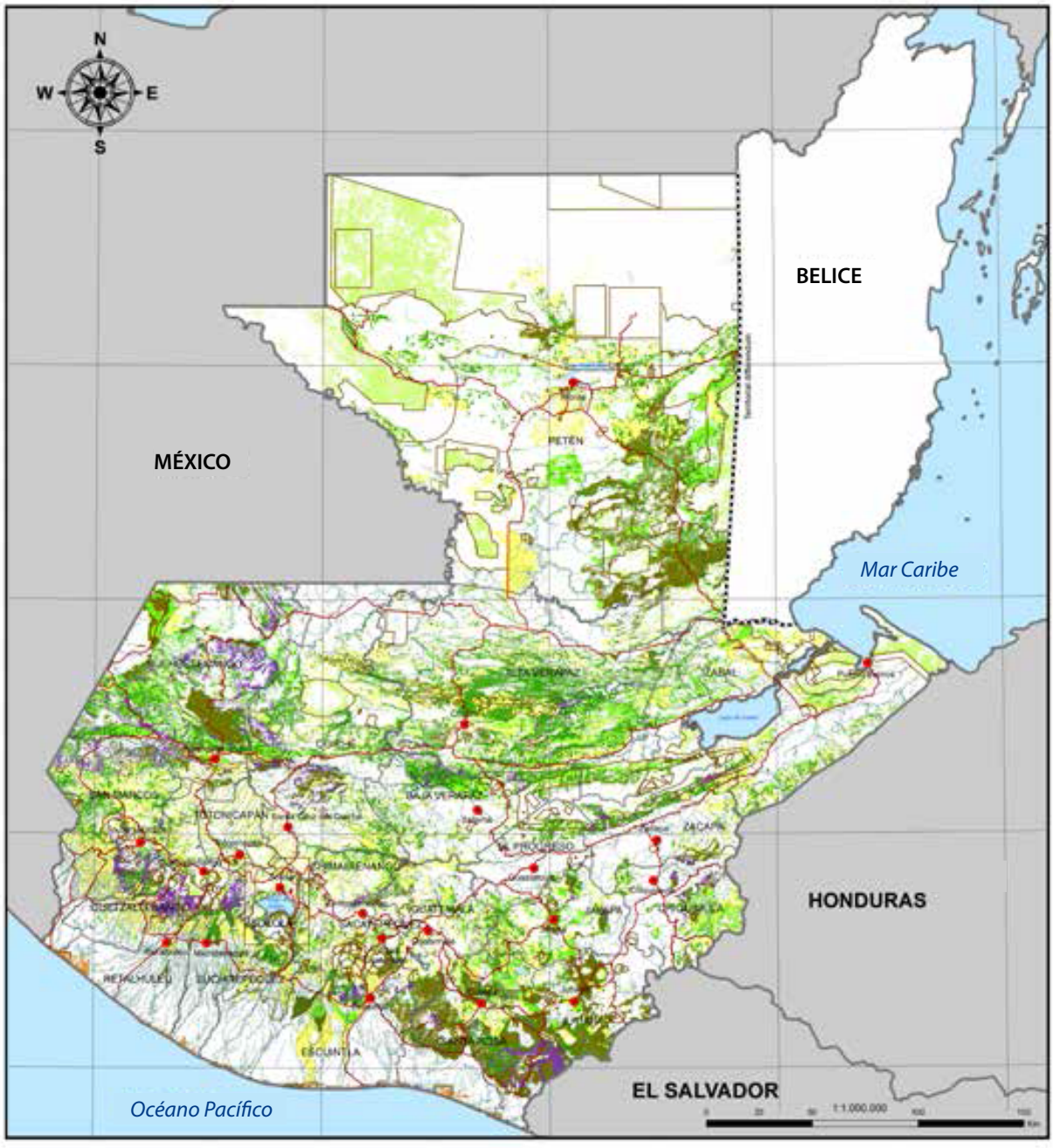


Figura 6. Mapa de oportunidades de restauración y los planes de intervención asociados, resultado de la evaluación ROAM en Guatemala.

Fuente: Figura 15 del manual ROAM.

de oportunidades de restauración proporciona una visión del futuro y refleja un consenso entre múltiples partes interesadas sobre los criterios relevantes que se consideran importantes en esta selección. Es importante volver a revisar estos mapas y evaluar las prioridades de restauración periódicamente, a medida que haya más información disponible y que cambien las prioridades y oportunidades locales y nacionales.

La elaboración de modelos de optimización también puede ser una herramienta para priorizar la restauración que incorpora dinámicas espaciales y temporales (Capítulo 4). Un modelo de priorización dinámica puede proporcionar un cronograma con información sobre dónde y cuándo debe llevarse a cabo la restauración y proporciona orientación operativa y respaldo para una planificación de restauración rentable (McBride et al. 2010; Wilson et al. 2011).

Las herramientas de análisis económico también pueden guiar la toma de decisiones de la RPF. Ding et al. (2017) delinean tres pasos clave para realizar evaluaciones económicas con base en tipos específicos de intervenciones de restauración. El primer paso es realizar el modelo de los cambios en la provisión de servicios ecosistémicos (véase el capítulo 3). Estos modelos deben comparar escenarios de restauración con escenarios *statu quo* (sin restaurar) para subrayar los cambios en la oferta de servicios del ecosistema y los beneficios económicos que resultan de las intervenciones de restauración. El siguiente paso consiste en calcular los costos y beneficios de las intervenciones de restauración para estos escenarios mediante el uso de análisis de valoración de mercado y de no mercado. Los costos incluyen los costos directos de la restauración, así como los costos de oportunidad del anterior uso agrícola de la tierra. El tercer paso es llevar a cabo análisis económicos tales como análisis de costo-beneficio, análisis de costo-efectividad, análisis de optimización de restauración espacial y análisis macroeconómico. Los resultados de estos análisis ayudarán a priorizar las inversiones en diferentes proyectos de restauración y determinar políticas para incentivos o subsidios (Ding et al. 2017). Sin embargo, en la actualidad no existen herramientas estandarizadas para aplicar métodos de valoración económica que ayuden a los profesionales de la restauración a desarrollar escenarios económicos para regiones o paisajes particulares que guíe la toma de decisiones y prediga necesidades financieras.

2.5 Herramientas para buscar la financiación de la RPF

Durante la tercera fase de la metodología ROAM, los resultados obtenidos por el equipo evaluador se validan y discuten con tomadores de decisiones clave y otras partes interesadas con el fin de generar apoyo financiero y político. En este punto, el proceso ROAM ha llevado a una serie de recomendaciones y planes detallados, pero la implementación real requiere financiamiento, planes de inversión y paquetes de incentivos para los propietarios o las comunidades. Estas herramientas no son abordadas adecuadamente por la metodología ROAM y se necesitan herramientas adicionales.

El financiamiento de la RPF puede provenir de fuentes privadas, públicas o de una combinación de estas (FAO y UNCCD 2015; Ding et al. 2017; Faruqi y Landsberg 2017). Faruqi y Landsberg (2017) brindan una hoja de ruta como herramienta para profesionales que busquen atraer la inversión privada en la RPF. La hoja de ruta está orientada a las partes interesadas en la restauración que tienen una experiencia limitada en cuanto a la inversión y que buscan atraer entre USD 500 000 y USD 10 millones en capital privado. La hoja de ruta destaca cuatro pasos en el proceso: (1) identificar e involucrar a los inversores privados que mejor se adapten a proyectos de restauración particulares; (2) desarrollar un modelo comercial convincente y robusto; (3) establecer una entidad que pueda percibir inversiones para canalizar el financiamiento; y (4) realizar un seguimiento del desempeño financiero y operativo (Faruqi y Landsberg 2017). Esta hoja de ruta brinda también una guía sobre lo que debe ir en un modelo de negocio de restauración y cómo hacer el seguimiento del desempeño.

Simula (2008) delineó tres pasos de inversión para una financiación sostenible: (1) financiamiento inicial para cubrir los costos de transacción y el diseño del proyecto de RPF; (2) financiamiento e inversiones para los costos operacionales de la implementación de las intervenciones de restauración; y (3) financiamiento sostenido que conduce al financiamiento autosostenible de los costos del proyecto a largo plazo. La FAO y la CNULD (2015) brindan una lista de fuentes de financiamiento y enfoques de financiación para la RPF. La financiación de la RPF también puede utilizar los mercados voluntarios para la

mitigación del carbono, siguiendo el modelo de financiamiento de REDD+ (FAO y CNULD 2015; Stanturf et al. 2015). Los enfoques adicionales para la financiación de la RPF incluyen *crowdfunding* y bonos de restauración (FAO y CNULD 2015).

2.6 Herramientas para el compromiso de las partes interesadas en el proceso de RPF

Uno de los principios básicos de la RPF es el del respeto por los derechos de todas las personas involucradas (Recuadro 1). Los principios del consentimiento libre, previo e informado (CLPI) se aplican a los pobladores indígenas en muchos países en que la tenencia de la tierra y los derechos de tenencia con frecuencia están definidos vagamente. El manual de la FAO sobre Consentimiento Libre Previo e Informado (CLPI) es una herramienta para los gestores de proyectos y profesionales que brinda información sobre el derecho al CLPI y sobre cómo puede implementarse en seis pasos (FAO 2016).
La planeación de la RPF requiere tanto del conocimiento como de sistemas de información locales mediante la participación de los actores interesados. Como es posible que existan demandas contrapuestas sobre la tierra y puntos de vista diferentes con respecto a los tipos de intervenciones de restauración que se llevarán a cabo, es esencial conciliar estas opiniones tanto como sea posible. Se han desarrollado varias herramientas para ayudar en este proceso (Lynam et al. 2007). Estas herramientas se han aplicado principalmente en la toma de decisiones concernientes a la participación local en el uso y conservación del bosque.

A pesar de la importancia de identificar los actores y las relaciones de poder entre las partes interesadas, hay pocas herramientas disponibles para mapear y comprender la dinámica de los paisajes sociales en comparación con los paisajes biofísicos. Las herramientas de mapeo de las partes interesadas son útiles para justamente identificar a estos grupos, definir sus riesgos e impactos potenciales en el esfuerzo de restauración e involucrarlas en el diálogo (Stanturf et al. 2017). Hay varias herramientas disponibles que se pueden aplicar a los contextos de la RPF, incluida la Matriz de Alineación, Interés e Influencia desarrollada por el Overseas Development Institute (Mendizabal 2010) y el Análisis del Camino de Impacto Participativo, que utiliza el mapeo de redes para explorar cómo las partes interesadas están vinculadas e influyen entre sí (Douthwaite et al. 2007).

Una guía desarrollada recientemente (Buckingham et al. 2018) se centra en las redes de actores al interior de paisajes en el contexto de la RPF. La guía se concentra en dos enfoques principales: (1) mapeo del flujo de recursos de los actores y (2) mapeo de las prioridades y valores de los actores. Esta metodología de mapeo social se ha sometido a prueba en India, Indonesia, Kenia, México, Ruanda y Brasil. Mediante su uso, los profesionales de la restauración pueden ser más eficientes en cuanto a recursos, colaboración y alcance, y se pueden anticipar mejor a conflictos potenciales y cuellos de botella en la planeación e implementación de las intervenciones de restauración.

Involucrar a las partes interesadas y mantener su participación activa en todas las fases del proceso de RPF puede ser desafiante y requerir mucho tiempo. Las partes interesadas pueden clasificarse en tres grupos diferentes: (1) actores primarios (directos), que viven en la cuencas hidrográficas; (2) actores secundarios (indirectos), como las agencias gubernamentales y tomadores de decisiones responsables de gobernar y gestionar el uso de recursos y de tierras; y (3) grupos interesados como expertos nacionales, ONG u organizaciones internacionales que tienen un interés en las actividades de restauración y en sus resultados. A medida que las partes interesadas se involucran en la toma de decisiones sobre la RPF, cambia la gobernanza del paisaje. No existe un marco inequívoco sobre cómo guiar mejor el proceso de toma de decisiones y la implementación de la RPF. El análisis de los estudios de caso de Indonesia sugiere que un enfoque flexible respecto al aprendizaje social probablemente tenga más éxito que un enfoque fuertemente institucionalizado basado en criterios rígidos de diseño (van Oosten et al. 2014). Las experiencias recientes en Brasil recomiendan además la incorporación de métodos de ciencias sociales durante el diseño del proyecto (Ball et al. 2014), aspecto que tiende a pasarse por alto. Una reciente evaluación a nivel nacional en Colombia reveló una notable falta de participación local durante el diseño e implementación de proyectos de restauración forestal (Murcia et al. 2016). Un mejor acceso y capacitación para utilizar las herramientas de participación de las partes interesadas puede remediar esta situación tanto a escala nacional como paisajística.

Animar a las personas a visualizar escenarios de paisajes futuros a través de dibujos o simulaciones por computadora puede ser un enfoque altamente efectivo para involucrar su participación en decisiones y actividades de restauración (Capítulo 5; Boedhihartono 2012). Los juegos de rol y la planificación participativa de escenarios surgen como enfoques para la participación de las partes interesadas, pero aún no se han aplicado a los contextos de RPF (Garcia Barrios et al. 2011; Oteros-Rozas et al. 2015; Garcia et al. 2016). La RPF representa un nueva y promisoria frontera para el desarrollo de escenarios y juego de roles que ayudan a reconciliar las concesiones y conflictos entre las partes interesadas, y las involucra en visiones alternativas de futuro (Metzger et al. 2017).

2.7 Observaciones finales

Realizar evaluaciones subnacionales y nacionales de las oportunidades de restauración y financiación crea un entorno favorable para la planificación multisectorial y el compromiso de las partes interesadas clave —condiciones esenciales para comenzar la implementación de acciones de restauración exitosas a todas escalas— y para la movilización de apoyo público y financiero sostenido. El reconocimiento y la creación de un entorno propicio para la RPF son los primeros pasos esenciales. Las condiciones de habilitación para la RPF deben manifestarse a diferentes escalas de geografía y gobernanza. Los primeros pasos esenciales son el reconocer y crear un ambiento conducente para la RPF. Las condiciones que habiliten la RPF deben presentarse en diferentes escalas de geografía y gobernanza. Se necesita una combinación de herramientas para catalizar la RPF que ayude a construir una visión de restauración e intervención apropiada, y que involucre a todos los grupos interesados relevantes en el proceso desde las primeras etapas. Las herramientas que en este capítulo se discuten pueden emplearse como apoyo en la toma de decisiones durante las etapas de preparación y evaluación de la RPF, pero generalmente se enfocan en escalas nacionales y evaluaciones a nivel grueso. Las herramientas que se enfocan en catalizar e implementar la RPF a escalas mas pequeñas, de paisaje, todavía requieren desarrollarse y aplicarse en decenas o cientos de miles de paisajes a restaurar. Para que estas herramientas sean efectivas en facilitar la implementación de la RPF en el terreno, necesitan ser accesibles y fáciles de usar por parte de los profesionales de la RPF y las partes interesadas, así como requerir poco entrenamiento y supervisión.

3 Herramientas para evaluar potenciales resultados de la restauración

Existe detrás de los objetivos múltiples de la RPF la necesidad de incrementar la provisión de servicios del ecosistema de formas que beneficien los medios de vida locales y promuevan la conservación biológica. Adicionalmente, estos objetivos deben ser alcanzados en tanto los costos generales de planificación e implementación de las intervenciones de restauración se reducen. Este capítulo se concentra en las herramientas de apoyo a decisiones, desarrolladas para informar sobre la manera en que las intervenciones causarán el mayor impacto en la provisión de servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad, a un costo mínimo. Estas capas de información se derivan de datos de lugares en particualr o globales sobre la cobertura terrestre, topografía, clima, distribución de especies y requisitos de hábitat, encuestas de hogares u otros conjuntos de datos sociales o biofísicos. Una vez ensambladas, estas capas pueden usarse como insumos para un análisis de priorización multicriterio (Capítulo 4), análisis de escenarios alternativos de intervenciones de restauración, y para evaluar las ventajas y desventajas, así como las sinergias entre los diferentes servicios ecosistémicos, biodiversidad y costos. Las capas individuales también pueden emplearse para abordar objetivos específicos de restauración. La valoración de servicios ecosistémicos es crítica para evaluar los valores del mercado, retorno de inversión y para la planeación de pagos por programas de servicios del ecosistema.

Los modelos predicen los resultados obviamente en función de los datos de entrada, pero varían en la forma en que procesan los datos, los tipos de datos utilizados y la naturaleza de los resultados. Son importantes varias consideraciones al aplicar herramientas para hacer modelos (paquetes de software con modelos como componentes) para la toma de decisiones respecto a la planeación sistemática de la restauración. La selección de herramientas y modelos para mapear capas de datos depende en gran medida de los objetivos principales de las intervenciones de restauración, los tipos de datos disponibles y las habilidades y capacidad para ejecutar y aplicar los modelos seleccionados (Christin et al. 2016; Bullock y Ding 2018). ¿Cúál es la herramienta más apropiada?, ¿debe emplearse más de una herramienta?, ¿es suficiente emplear patrones de escala gruesa en la toma de decisiones?, ¿qué tan complejo y detallado necesita ser el modelo?, ¿se tomarán decisiones hechas solo con una base biofísica?, o ¿las encuestas sobre preferencias sociales y culturales, necesidades de medios de vida, o estatus económico serán incluidas igualmente? Bullock y Ding (2018) brindan una útil guía con pasos detallados para ayudar a seleccionar la herramienta de elaboración de modelo más apropiada y los modelos que brindan estas herramientas para emplearse en un contexto particular de toma de decisiones. Los actores locales pueden involucrarse en diferentes etapas del proceso de construcción del modelo, como al brindar conocimiento y desarrollar y probar escenarios. La elaboración participativa puede desarrollar capacidades en las partes interesadas, creando consenso y confianza, e incrementando la probabilidad del compromiso local en la planeación e implementación de la RPF (Turner et al. 2016).

3.1 Herramientas y modelos para la evaluación y mapeo de la provisión de servicios del ecosistema

Los servicios ecosistémicos son los procesos y condiciones derivadas de los ecosistemas que sostienen y mejoran el bienestar humano (Daily 1997; EM 2005; Reyers et al. 2013). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM 2005) llevó el concepto de servicios del ecosistema al ámbito de la política ambiental nacional e internacional. La clasificación de la EM comprende cuatro categorías: de apoyo, regulación, provisión y cultural. Más recientemente, la plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios

Ecosistémicos (IPBES 2017) presentó un marco conceptual que vincula la naturaleza con el bienestar humano en la publicación titulada Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (NCP de sus siglas en inglés) (Pascual et al. 2017a). Este nuevo marco incorpora las visiones de ciencias sociales y humanidades, y consiste en 18 CNP agrupados en tres categorías principales: regulación, material y no material (IPBES 2017). Estas CNP no solo brindan beneficios o contribuciones positivas, sino que también producen contribuciones negativas o pérdidas que afectan a las personas (Pascual et al. 2017a). Los servicios ecosistémicos culturales se encuentran incluidos de manera implícita en las CNP, en lugar de estar incluidos como una categoría separada.

Independientemente del marco que se utilice, es importante distinguir entre cuatro componentes que se relacionan: (1) la *oferta o reserva* de propiedades o funciones ecológicas basadas en procesos biofísicos; (2) el *servicio* real derivado de estas propiedades o funciones que usan las personas; (3) el *valor* de mercado o de no-mercado del servicio del ecosistema; y (4) el *cambio* en el bienestar humano que el servicio del ecosistema aporta (Tallis y Polasky 2009; Tallis et al. 2012). Es muy importante distinguir entre los componentes uno y dos; Bagstad et al. (2014) encontraron que, con excepción del secuestro de carbono, las regiones que realmente brindaron servicios ecosistémicos que estaban directamente conectados con beneficiarios constituyeron entre el 16 y 66 % de los que en teoría están en capacidad de proveer servicios ecosistémicos. La entrega de los beneficios del ecosistema a las personas requiere de la capacidades de individuos (capital humano) así como de sus sociedades (capital social) y su entorno construido (capital construido) (Turner et al. 2016). En la mayoría de los casos, la entrega del servicio del ecosistema requiere coproducción por parte de usuarios locales (Pascual et al. 2017b). Por ejemplo, por medio de trabajo humano las zanjas de riego son excavadas para entregar los beneficios del agua para la producción agrícola.

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones para evaluar la oferta de servicios del ecosistema estuvieron en disponibilidad durante la primera década que siguió a la publicación de la ME y desde entonces han proliferado y evolucionado activamente (Bagstad et al. 2013; Martinez-Harms et al. 2015). Nos enfocamos ahora en una selección de herramientas de apoyo caracterizadas por el uso en particular en la planeación sistemática de la restauración (Capítulo 4) y que en la actualidad se usan para evaluar, valorar y mapear servicios del ecosistema de prioridad alta a nivel nacional y subnacional (Tabla 5).

Con base en los compromisos de restauración, adquiridos por ocho países ante el Desafío de Bonn, los beneficios más deseados de servicio ecosistémico son almacenamiento de carbono, protección de la biodiversidad, producción de madera, flujo y calidad del agua, polinización, control de plagas, control de la erosión, producción de alimentos, producción de leña, control de especies invasoras y reducción del riesgo de desastres (UICN 2015). En cuanto a los beneficios socioeconómicos deseables como resultado de la restauración, consisten en la mejora del bienestar humano, alivio de la pobreza, la provisión de medios de vida y promoción del desarrollo económico (Christin et al. 2016). La magnitud de la provisión de beneficios ecosistémicos varía ampliamente a lo largo de diferentes tipos de bosques naturales y plantados (Baral et al. 2016; Figura 7).

Las evaluaciones de los servicios del ecosistema se concentran principalmente en la cuantificación y mapeo de servicios específicos y prestan menos atención a la evaluación de las compensaciones (ventajas y desventajas), planeación del manejo, o evaluación de políticas alternativas o de opciones de uso de la tierra (Martinez-Harms et al. 2015). Adicionalmente, la variabilidad temporal y espacial en los procesos biofísicos y sociales que acompañan los cambios en el uso de la tierra y, por lo tanto la oferta y la demanda de los servicios ecosistémicos, a menudo son obviados durante la planeación. Otra limitación es que la elaboración de un modelo de la oferta potencial de servicios ecosistémicos en una ubicación determinada no proporciona información sobre la trayectoria temporal a lo largo de la cual se alcanzaría tal potencial—lo cual puede ser de importancia crítica para la planificación de la restauración. Esto se debe a que la recuperación (y por ende provisión) de los servicios del ecosistema durante la restauración del bosque puede tomar varias décadas o más, por lo que los resultados del modelo de valor potencial o suministro pueden proporcionar una predicción engañosa de lo que realmente estará disponible. Los cambios precedentes de suministro de servicios ecosistémicos, así como las compensaciones y las sinergias entre los diferentes tipos de servicios, se pueden evaluar aplicando modelos ingresando datos de diferentes períodos de tiempo (Han et al. 2017).

Tabla 5. Herramientas de apoyo a decisiones para la evaluación y mapeo de servicios del ecosistema.

Nombre de la herramienta	Descripción	Fuente	Referencia
Valores Sociales de Servicios del Ecosistema (SolVES)	SolVES evalúa, mapea y cuantifica los valores sociales (fuera del mercado) que se perciben de los servicios ecosistémicos	https://solves.cr.usgs.gov	Sherrouse et al. (2014)
Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos (ARIES)	Una metodología integrada de elaboración de modelos de servicios ecosistémicos que da igual énfasis a la producción, flujo y uso de servicios por parte de la sociedad, además de reconocer las complejas dinámicas y la incertidumbre.	http://aries.integratedmodelling.org/	Villa et al. (2014)
Valoración Integrada de Servicios del Ecosistema y Compensaciones (InVEST)	InVEST es un conjunto de modelos que cubre ambientes terrestres, de agua dulce y marinos, y que usa funciones de producción para calcular cambios en biodiversidad y servicios ecosistémicos bajo diferentes escenarios demográficos, de uso de la tierra, y climáticos.	https://www.naturalcapitalproject.org/invest/	Tallis y Polasky (2009)
Juego de Herramientas para la Evaluación basada en el sitio de Servicios del Ecosistema (TESSA)	Un juego práctico de herramientas para medir y monitorear servicios del ecosistema a escala de sitio y para evaluar la magnitud de los beneficios provenientes de estos para las personas en el presente, en comparación con aquellos que se esperan bajo usos alternativos de uso de la tierra.	http://www.birdlife.org/datazone/info/estoolkit	Peh et al. (2013)
Modelos Integrados de Múltiple Escala de Servicios Ecosistémicos (MIMES)	Un conjunto de modelos integrado de múltiples escalas que evalúa el valor de servicios del ecosistema y que permite a quienes están a cargo de la toma de decisiones entender rápidamente las dinámicas de los servicios del ecosistema, la forma en que estos están ligados al bienestar humano y cómo su valor puede cambiar bajo varios escenarios de manejo.	http://www.afordablefutures.com/home	Boumans et al. (2015)
Co$ting Nature	Una herramienta en la red de Internet que mapea conjuntamente la generación del servicio ecosistémico y las prioridades de conservación.	http://www.policysupport.org/costingnature	Mulligan et al. (2010)
Herramienta de Optimización de Oportunidades de Restauración (ROOT)	ROOT emplea información sobre el potencial impacto de las intervenciones de restauración, sumado a mapas de priorización espacial para identificar áreas clave para la provisión de servicios del ecosistema.	https://www.naturalcapitalproject.org/root/	

La toma de decisiones con el fin de manejar servicios del ecosistema con frecuencia excluye la consulta a las partes interesadas y no siempre incluye valores y preferencias sociales (Martinez-Harms et al. 2015). Se ha desarrollado una herramienta para incorporar mediciones cuantificadas y espacialmente explícitas de los valores sociales (valores de no-mercado) en evaluaciones de servicios ecosistémicos. La herramienta Valores Sociales de Servicios Ecosistémicos (SolVES; Tabla 5) calcula y mapea un índice de valor en una escala de 10 puntos, con base en encuestas de preferencia en diferentes subgrupos (Sherrouse et al. 2011, 2014).

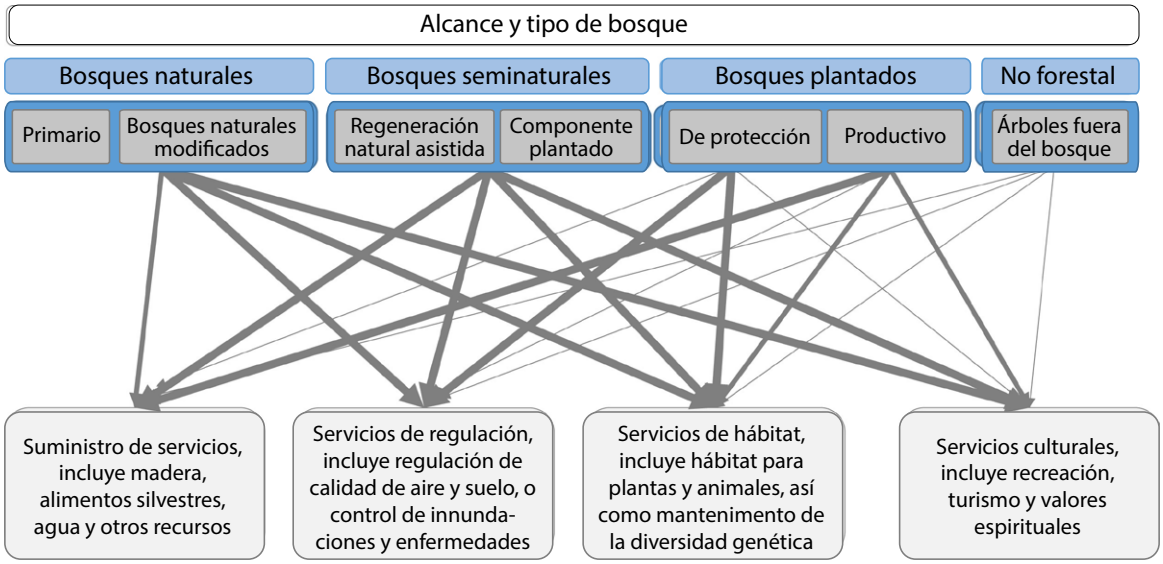


Figura 7. Los tipos y tasas de sumunistro de servicios ecosistémicos brindados por bosques de tipo natural, seminatural y plantado, y por árboles plantados fuera de los bosques.

Nota: el grosor de las felchas indica la tasa relativa a la que se suministran los servicios del ecosistema.

Fuente: Baral et al. (2016, Figura 1).

Un enfoque común para predecir el suministro de servicios ecosistémicos utiliza "funciones de producción" y datos de cobertura terrestre. Las funciones de producción son modelos mecánicos que predicen cómo las múltiples variables ecológicas influyen en el suministro del servicio ecosistémico. Sin embargo, una evaluación precisa de la provisión de un servicio ecosistémico requiere que las funciones de producción proporcionadas por los ecosistemas se correspondan con la demanda de los beneficiarios. Por ejemplo, un parche de vegetación nativa en un paisaje agrícola puede albergar poblaciones de abejas, pero estas abejas no brindan un servicio de polinización a los agricultores si no hay campos agrícolas activos que requieran polinización de abejas dentro de su distancia de búsqueda de alimento (Tallis y Polasky 2009). La combinación de funciones de producción de servicios ecosistémicos junto con la transferencia de beneficios para la valoración económica (Costanza et al. 1997) y funciones de demanda de servicios ecosistémicos pueden crear una poderosa herramienta para generar cálculos del valor económico de los servicios ecosistémicos (Tallis y Polasky 2009). La herramienta InVEST se desarrolló para permitir la elaboración de modelos de funciones de producción para un conjunto de servicios del ecosistema, permitiendo la evaluación de los efectos de diferentes enfoques de manejo y el análisis de las compensaciones y sinergias entre diferentes servicios ecosistémicos (Tallis y Polasky 2009). Los modelos de InVEST emplean funciones de producción para estimar los cambios en biodiversidad y servicios del ecosistema bajo diferentes escenarios demográficos, de uso de la tierra y climáticos (Tabla 5).

La ubicación y escala espacial también son factores importantes al seleccionar modelos para predecir y mapear la oferta de servicios del ecosistema. Al evaluar la oferta de servicios del ecosistema a grandes escalas y resolución espacial gruesa, los modelos más simples se desempeñan mejor, son más fáciles y cuesta menos utilizarlos, además de que brindan resultados más útiles en la toma de decisiones (Ruckelshaus et al. 2015). De otro lado, si dentro de una región o cuenca hidrográfica más pequeña se requiere de una evaluación precisa de la oferta de servicios ecosistémicos, y de la demanda y valores económicos, los modelos más complejos pueden brindar mejores resultados. La escala espacial de análisis y variables biofísicas pueden afectar fuertemente la precisión de los cálculos del servicio del ecosistema.

Bagstad et al. (2013) identificaron 17 herramientas para evaluar, cuantificar, hacer modelos, valorar y/o mapear servicios ecosistémicos y las compararon empleando ocho criterios de evaluación. Las dos herramientas más conocidas que se pueden aplicar

a un amplio rango de contextos son InVEST y ARIES (Tabla 5). La herramienta InVEST solo usa modelos determinísticos de producción para predecir oferta de servicios ecosistémicos. ARIES usa tanto modelos determinísticos como probabilísticos, y cuantifica las incertidumbres en los flujos de servicios del ecosistema. ARIES también emplea modelos con base en agentes que simula las acciones de individuos o grupos para cuantificar el flujo de servicios del ecosistema hacia beneficiarios específicos (Bagstad et al. 2014; Villa et al. 2014). Los modelos probabilísticos generados por ARIES pueden ser más apropiados cuando los datos que se ingresan son escasos (Bagstad et al. 2013). Los modelos determinísticos de InVEST han sido ampliamente evaluados a escala sub- y nacional, y las predicciones del modelo han sido más rigurosas (Song et al. 2015; Salata et al. 2017; Redhead et al. 2018).

Las herramientas MIMES, Co$ting Nature y TESSA también brindan modelos con base espacial para la evaluación y mapeo de servicios del ecosistema que pueden ser aplicados a lo largo de un amplio rango de contextos. Aunque han sido menos utilizadas en comparación a InVEST y ARIES, cada una de estas ofrece valioso apoyo a la toma de decisiones sobre la planeación de la restauración (Bagstad et al. 2013, Tabla 5). MIMES emplea modelos de sistemas dinámicos que, a diferencia de los modelos estáticos con base en funciones de producción, toman en cuenta las dinámicas temporales y las retroalimentaciones entre los factores ecológicos, y pueden dar valores de servicios ecosistémicos a lo largo del espacio y del tiempo (Boumans et al. 2015). Co$ting Nature es una herramienta con base en la red que usa bases de datos mundiales para evaluar la oferta de múltiples servicios del ecosistema (de manera agregada) para la planeación espacial de la conservación.

Esta herramienta evalúa la magnitud y la variabilidad geográfica de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbono, y turismo de la manera en que son aprovechados por beneficiarios locales y globales (Mulligan et al. 2010). La herramienta TESSA se emplea para hacer una rápida evaluación de la oferta de servicios del ecosistema en sitios de importancia para la conservación de la biodiversidad. Esta herramienta guía, a quienes no son especialistas, a lo largo de una selección de métodos para identificar qué servicios del ecosistema son más importantes en un sito dado y evaluar cómo la oferta de estos servicios y su valor monetario se alterarían en respuesta a usos alternativos de la tierra (Peh et al. 2013). Los resultados de TESSA pueden ayudar a quienes toman decisiones para evaluar la forma en que la restauración forestal en un área en particular influiría en la oferta de servicios del ecosistema y en la distribución de beneficios entre las partes interesadas. Los resultados agregados, sin embargo, restringen el análisis de sinergias y compensaciones entre los diferentes servicios del ecosistema, y vincula a los beneficiarios específicos con un servicio en particular (Turner et al. 2016).

3.2 Herramientas para la elaboración de modelos de sinergias y compensaciones entre servicios del ecosistema

Varios estudios han documentado las concesiones mutuas (*tradeoffs*) entre la oferta de servicios del ecosistema (p. ej. alimento, fibra) y su regulación (p. ej. polinización) (Nelson et al. 2009; Sutherland et al. 2016; Woollen et al. 2016) o entre la restauración forestal para la reducción del riesgo de incendios catastróficos y la producción de madera (Vogler et al. 2015; Ager et al. 2017). En Estados Unidos, Nelson et al. (2008) examinaron estas concesiones considerando la captura de carbono y la conservación de especies en la cuenca del río Willamette. En su análisis evidenciaron que las políticas orientadas a incrementar el secuestro de carbono conllevaron al descenso en la provisión de hábitat para la conservación de especies y viceversa. Los escenarios de restauración forestal en bosques de tierras bajas de la cuenca del río Mississippi demostraron claras concesiones de tipo espacial entre las configuraciones orientadas al hábitat de vida salvaje y las orientadas a mejorar la calidad del agua (Barnett et al. 2016). Un estudio en Costa Rica demostró que los puntos calientes (*hotspots*) de biodiversidad tienen alto grado de cobeneficios en cuanto a carbono, agua y belleza escénica, pero en áreas con grandes reservas de carbono hay menos cobeneficios en cuanto a agua y belleza escénica (Locatelli et al. 2014). Las plantaciones forestales para madera brindan más de este servicio ecosistémico en particular por unidad de área en comparación a los bosques naturales, pero ofrecen menos hábitat para la vida silvestre y menores niveles de biodiversidad (Baral et al. 2016). Como no hay una sola configuración espacial de hábitats y pocas áreas pueden entregar

altos niveles de múltiples servicios ecosistémicos, es importante considerar grandes áreas para la planificación a escala de paisaje, permitiendo un suministro más eficiente identificando áreas con mayor probabilidad de proporcionar el máximo rendimiento de las inversiones en restauración (Barnett et al. 2016). Otra consideración importante al evaluar las concesiones entre diferentes servicios ecosistémicos incluye vías de coproducción, definidas por la forma en que las etapas de la oferta del servicio ecosistémico son mediadas por la acción humana, la tecnología, el capital financiero y las instituciones (Palomo et al. 2016). Las vías de coproducción afectan la calidad, cantidad y distribución de los beneficios provenientes del servicio ecosistémico (Palomo et al. 2016). De igual forma, los análisis de las concesiones mutuas y de las sinergias, puede variar dependiendo de si se basan en información de la oferta de servicios ecosistémicos, en lugar de su valoración económica (Farber et al. 2016; Turner et al. 2016).

Para una planeación sistemática de la restauración, la clave es minimizar las concesiones mutuas y maximizar las sinergias. Se ha desarrollado una herramienta de apoyo en la toma de decisiones denominada ROOT (Herramienta de Optimización de Oportunidades de Restauración[1]), para ayudar a quienes toman decisiones a visualizar dónde pueden hacerse inversiones financieras para restaurar de forma que se puedan optimizar los beneficios de múltiples objetivos de restauración a escala de paisaje (Tabla 5). Antes de aplicar ROOT se debe hacer un análisis preliminar de los servicios ecosistémicos mediante el uso de la herramienta InVEST (u otra de los modelos antes mencionados) para estimar el impacto potencial de las intervenciones de restauración. Esta herramienta emplea optimización de programación linear, un método para alcanzar el mejor resultado (como la ganancia máxima al menor costo) con base en un modelo matemático cuyos requisitos son representados por relaciones lineales. El modelo arroja un conjunto de localizaciones optimizadas para ser restauradas, con base en diferentes priorizaciones para cada objetivo de servicio ecosistémico (p. ej. reducción de sedimentación en ríos o mejora de visitas de polinizadores), genera un mapa que combina estas localizaciones, y varias tablas que resumen los beneficios potenciales de servicios ecosistémicos para cada localización. ROOT también arroja curvas de concesiones mutuas (fronteras de eficiencia) que ilustran la relación entre dos objetivos alternativos de restauración con el fin de ayudar a los usuarios a identificar su estrategia óptima de restauración.

Las "fronteras de eficiencia" (también denominadas fronteras de posibilidad de producción) son ampliamente usadas para visualizar las concesiones y sinergias en la planeación de la conservación y restauración del paisaje. Una frontera de eficiencia muestra la cantidad máxima de un objetivo determinado (p. ej., suministro de agua) que se puede alcanzar en un paisaje manteniendo valores fijos para otro objetivo (p. ej., almacenamiento de carbono) y presupuesto dado. Cuando el costo de lograr un objetivo determinado de un servicio ecosistémico se traza frente a otro, la frontera de eficiencia muestra todas las combinaciones posibles que se ajustan a un presupuesto determinado. Todos los puntos a lo largo de esta curva tienen la misma eficiencia económica, pero los resultados son diferentes con respecto a los servicios ecosistémicos proporcionados. La relación resultante es a menudo una curva convexa, pero son posibles otras formas dependiendo de las interacciones entre diferentes servicios ecosistémicos dentro del paisaje. En la figura 8, cada punto en la frontera muestra un escenario de asignación optimizada de restauración. El punto A es un escenario que maximiza las mejoras potenciales en la calidad del agua, mientras que el punto C maximiza el aumento en el almacenamiento de carbono. El punto B representa un escenario en el que se equilibra el almacenamiento de carbono y la calidad del agua como objetivos. El punto D ilustra un escenario en donde no se aumenta la provisión de ningún servicio. Los responsables de la toma de decisiones pueden utilizar este análisis para determinar dónde orientarán sus políticas e inversiones a lo largo de la frontera de eficiencia.

En Uganda se realizaron estos modelos como parte de un estudio de optimización espacial multicriterio para la planeación de la restauración (Gourevitch et al. 2016). Existen variaciones en diferentes regiones del país en cuanto a su potencial de mejora de la oferta de servicios ecosistémicos específicos y a la biodiversidad. La frontera de eficiencia mostró claras concesiones (*tradeoffs*) entre diferentes

1 https://forums.naturalcapitalproject.org/index.php?p=/discussion/833/restoration-opportunities-optimization-tool-root-release

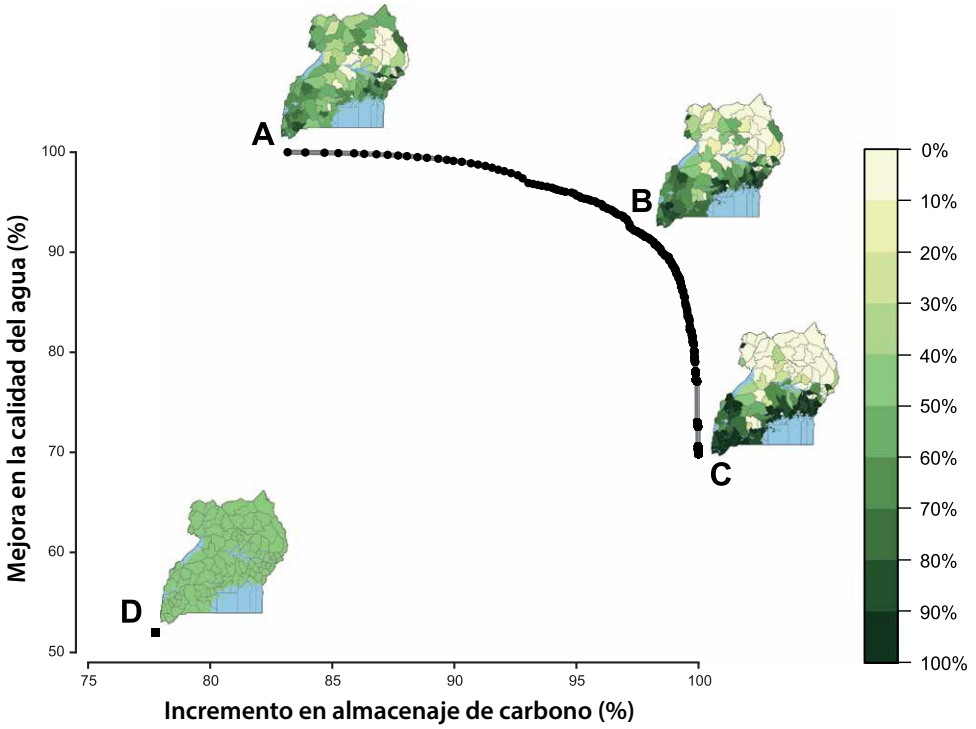


Figura 8. Fronteras de eficiencia con mapas de ubicaciones óptimas para la restauración.

Fuente: Gourevitch et al. (2016, Figura 2).

actividades de restauración para incrementar el almacenaje de carbono del suelo y aquellas que mejorarían la calidad del agua (Figura 8). Esto se explica por el hecho de que las condiciones en que la calidad del agua se mejora son las que más difieren de aquellas en las que se maximiza el almacenamiento de carbono. La calidad del agua mejora principalmente en áreas cercanas a redes de corrientes de agua que tienen fuertes pendientes y grandes áreas de cabecera de cuencas hidrográficas, mientras el almacenaje de carbono se incrementa al máximo en áreas degradadas con temperaturas medias y precipitaciones anuales relativamente altas y menor estacionalidad (Gourevitch et al. 2016). Las fronteras de eficiencia con otras combinaciones de objetivos tales como almacenaje de carbono y biodiversidad, calidad del agua y biodiversidad, o costos de oportunidad y almacenaje de carbono, mostraron que independientemente del lugar donde se implemente la restauración, siempre serán mejorados el nivel de almacenaje de carbono, la calidad del agua y la biodiversidad. Cuando se presentaron estos resultados al Gobierno de Uganda, el uso de fronteras de eficiencia le permitió a los decisores visualizar claramente las concesiones que entran en juego. De hecho, las discusiones sobre políticas en Uganda han conllevado a la identificación preliminar de distritos prioritarios para la RPF.

3.3 Herramientas para incorporar la biodiversidad en la planeación de actividades de restauración

La conservación de la biodiversidad es un componente integral de la RPF. Sin embargo, pocas herramientas de corte sistemático están disponibles para incorporar explícitamente la biodiversidad en la planificación de la RPF y en particular en entornos agrícolas con bajos niveles de cobertura forestal remanente, o en tierras muy degradadas. Los Objetivos de Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas número 5, 14 y 15 motivaron el Desafío de Bonn y el establecimiento de objetivos globales de RPF (Capítulo 1). Las contribuciones de la naturaleza a las personas dependen en últimas de las especies que componen los ecosistemas, de las propiedades funcionales que poseen y la red de interacciones de las especies que estas crean. La biodiversidad comprende múltiples niveles de variación, incluyendo la variación genética dentro de una especie, la variación entre especies y la variación en la composición de especies a lo largo del medio ambiente.

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la conservación de la biodiversidad se centran en la selección de áreas prioritarias para la protección o el establecimiento de reservas, con un

enfoque en áreas forestales intactas o grandes parches de hábitat. La calidad del hábitat con frecuencia se emplea como un *proxy* de biodiversidad empleando el modelo de calidad del hábitat de InVEST, el cual estima la extensión de vegetación en un paisaje que ha reducido las amenazas provenientes de carreteras, áreas con construcciones y tierras de cultivo (Baral et al. 2014; Duarte et al. 2016; Lin et al. 2017). Pero los modelos de calidad del hábitat no han sido validados aún a lo largo de un amplio rango de condiciones en las que se aplican. El valor de conservación de un parche o hábitat depende de muchos factores, incluyendo el tipo de uso de la tierra circundante cuando se trata de especies raras o en peligro de extinción (Baral et al. 2014). En paisajes fragmentados y deforestados, la planificación de la conservación se centra en proteger áreas que facilitan la conectividad del paisaje, mientras que la planificación de la restauración se centra en restablecer la conectividad en áreas donde el movimiento de especies se ha visto obstaculizado (McRae et al. 2012). Los enfoques de elaboración de modelos pueden apoyar la toma de decisiones sobre la priorización de áreas dentro de los paisajes en donde la restauración traerá muy probablemente altos beneficios para la biodiversidad a un costo reducido (Tambosi et al. 2014; Rappaport et al. 2015).

Aunque se pueden (y deben) incorporar diferentes tipos de información de corte espacial sobre biodiversidad en la planeación de la RPF, no existen herramientas que ofrezcan modelos de amplia aplicación, como en el caso de los servicios ecosistémicos descrito anteriormente. A escala nacional o regional, el inventario de datos sobre distribución geográfica y abundancia de especies se puede emplear para priorizar reservas y corredores biológicos con base en criterios como riqueza local de especies, refugios para especies en peligro o evaluar la complementariedad en la ocurrencia de especies a lo largo de áreas protegidas (Tobón et al. 2017). Se pueden desarrollar escenarios alternativos para evaluar la importancia de la restauración para la conservación de flora y fauna endémica, y para evaluar las concesiones entre los resultados orientados a la conservación de la biodiversidad junto con otros objetivos de restauración y usos del suelo.

Así como una especie no se beneficia uniformemente de la gama de intervenciones enfocadas a la restauración, un enfoque común consiste en diseñar estrategias de protección del hábitat y conectividad del paisaje con base en el concepto de "especies paraguas" (Breckheimer et al. 2014). Este concepto sostiene que la conservación del hábitat necesario para un animal con un dominio vital o *home range* muy grande debería requerir áreas lo suficientemente grandes como para proporcionar el hábitat suficiente para la mayoría de las especies con un dominio vital más pequeño. Teniendo en cuenta el potencial de movimiento de especies dentro de una matriz de paisaje, una especie paraguas es aquella para la cual la conservación o restauración de su hábitat también facilita el movimiento de otras especies (Breckheimer et al. 2014).

Un enfoque alternativo para la priorización de áreas para la RPF con objetivos de biodiversidad es identificar qué tipo de paisaje tiene mayor probabilidad de ofrecer beneficios para la conservación del hábitat. La habilidad de un paisaje forestal para sustentar la biodiversidad es una función de la cantidad de bosque presente, el grado de conectividad del paisaje (Tambosi et al. 2014) y los cambios recientes de cobertura forestal (Rappaport et al. 2015). Este enfoque requiere de información sobre los umbrales de cobertura forestal para la persistencia de especies y taxones dentro de regiones particulares (Banks-Leite et al. 2014). Por ejemplo, en la Mata Atlántica de Brasil, la similitud de la composición de especies de mamíferos, aves y anfibios en paisajes fragmentados comparados con paisajes de bosque intacto declina abruptamente cuando la cobertura forestal cae por debajo del 24 - 33 % (Banks-Leite et al. 2014). Determinar estos umbrales es útil para priorizar paisajes en los que la biodiversidad tiene una alta probabilidad de recuperación, es altamente vulnerable debido a la pérdida reciente de bosques y donde la restauración sería menos costosa.

Sin embargo, y aparte de la importancia del nivel de cobertura de bosque, la persistencia de una especie puede depender también de la calidad y del arreglo físico de tal cobertura (Arroyo-Rodriguez et al. 2017). Los sistemas agroforestales y silvopastoriles, los monocultivos forestales, plantaciones de varias especies y los bosques regenerados naturalmente presentan amplias variaciones en el número y tipos de especies vegetales y animales que estos sustentan (Barlow et al. 2007; Scales y Marsden 2008; Gardner et al. 2009; Chazdon 2014). En particular, la historia del uso anterior de la tierra a escala local y regional, probablemente sean importantes predictores de cómo diferentes actividades de restauración determinan la recuperación y persistencia de la biodiversidad en un paisaje determinado.

En dos estudios se ha usado la distribución de especies para identificar áreas prioritarias de restauración a escala nacional. Yoshioka et al. (2014) identificaron áreas prioritarias para la restauración en Japón basados en distribuciones tanto pasadas como presentes de especies de aves consideradas en peligro de extinción, el área total planificada para restaurar y la factibilidad de la misma. Tobón et al. (2017) emplearon un enfoque de seis pasos para priorizar áreas potenciales a ser restauradas y que sustenten objetivos de conservación de la biodiversidad a escala nacional en México, un país megadiverso. El análisis se basó en modelos de distribución de especies para más del 80 % de las especies descritas de anfibios, reptiles, aves y mamíferos mexicanos, modelos de distribución de especies de plantas y árboles amenazados, datos de ocurrencia de familias de plantas y ubicaciones de tipos de vegetación. Se ponderaron dos conjuntos principales de criterios: la importancia biológica (prioridades de conservación de la biodiversidad, tipos prioritarios de vegetación y presencia de vegetación secundaria) y la factibilidad de restauración (erosión del suelo, evapotranspiración potencial, zona de elevación, uso del suelo y fragmentación), de forma que se produjeron 11 escenarios diferentes. Una escenario prioritario se seleccionó mediante el acuerdo entre expertos y se generó un mapa de áreas con muy alta prioridad y con prioridad media (Figura 9).

3.4 Costos y relación costo-efectividad de la evaluación y mapeo de la restauración

Entender los factores que afectan el costo financiero de la restauración es un aspecto central en la planeación y priorización, ya que estos costos varían mucho y con frecuencia se calculan de forma incorrecta. En su estudio, Iftekhar et al. (2017) describen cuatro componentes principales de los costos de la restauración ecológica: adquisición, establecimiento, mantenimiento y transacción (Tabla 6). Actualmente, no hay disponibilidad de herramientas de aplicación

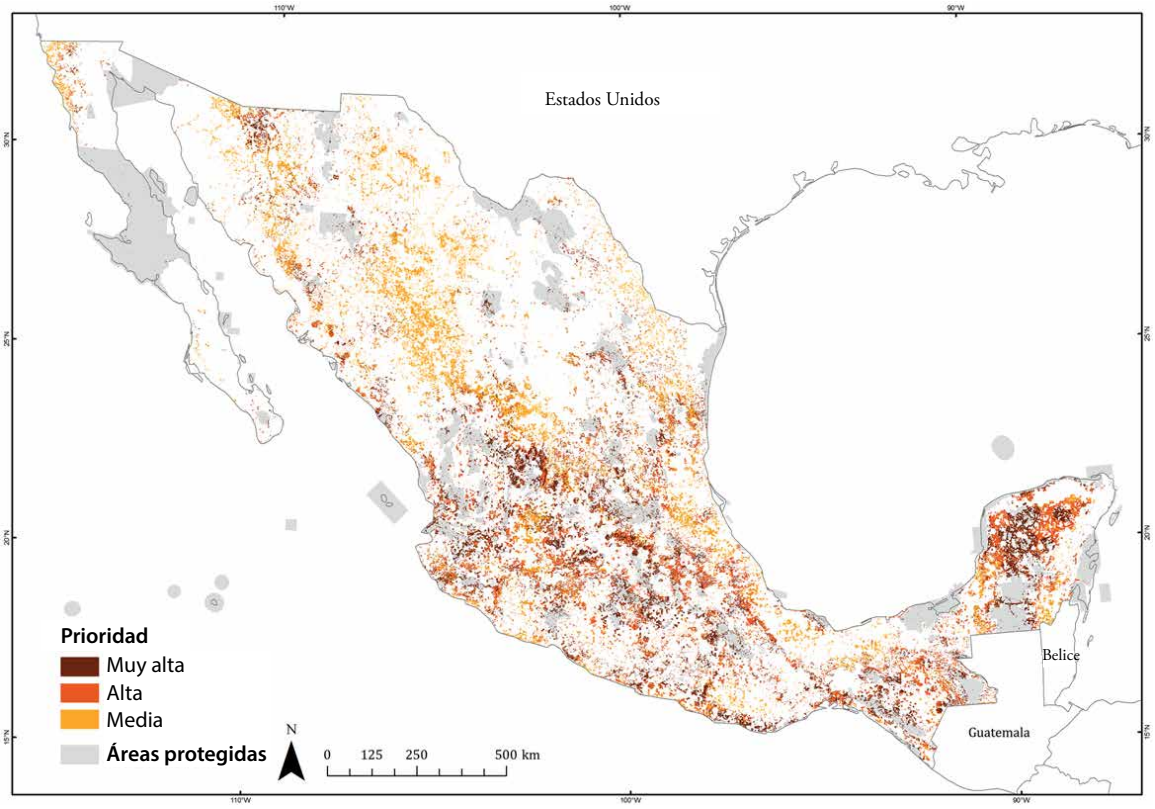


Figura 9. Sitios prioritarios para la restauración en México, basados en crietrios de importancia biológica y factibilidad de ser restaurados.

Nota: Todos juntos, los sitios prioritarios cubren 15 % del área de los ecosistemas degradados del país y representan todos los tipos de vegetación principales. Las áreas protegidas existentes aparecen en color gris.

Fuente: Tobón et al. (2017, Figura 5).

Tabla 6. Componentes de los costos de restauración ecológica y factores que pueden usarse para estimar y modelar estos costos.

Tipo of costo	Descripción	Factores determinantes
Adquisición	Costo de adquisición, aseguramiento o arrendamiento de la propiedad a restaurar; compra de derechos de propiedad permanentes o temporales, como servidumbres de conservación, convenios o contratos de conservación; costos de oportunidad o compensación a los propietarios por el uso no agrícola de la tierra.	Políticas gubernamentales, tasas de descuento, calidad de la tierra, uso de la tierra, precios de mercado, propiedad de la tierra, acuerdos de financiación, participación de los interesados.
Establecimiento	Inversiones iniciales de capital para implementar la restauración, que incluyen: trabajos de ingeniería (p. ej. en sitios de minería o restauración de humedales), preparación del sitio, siembra de plántulas o de semillas al voleo, vallado, control de malezas y control de incendios.	Precios de mercado, estado de degradación de la tierra, tipo de restauración, disponibilidad y costo de semillas o plántulas, costos de mano de obra, arreglos de financiamiento, participación de las partes interesadas.
Mantenimiento	Costos continuos de gestión, administración y monitoreo	Precios de mercado, costos laborales, apoyo financiero, comunitario e institucional a largo plazo para el monitoreo y la participación de los interesados en la gestión de datos.
Transacción	Costos de la selección de sitios, organización de programas, negociación y firma de contratos, y costos de planeación y priorización.	Políticas del gobierno, apoyo institucional, comunitario y financiero, participación de las partes interesadas.

Fuente: basado en Armsworth (2014) y en Iftekar et al. (2017).

amplia para el cálculo y mapeo espacial de estos costos. Se ha hecho mucho más trabajo en el cálculo de costos de conservación (que comparten algunas características en común con la restauración) ya que los costos de oportunidad son a veces similares (Naidoo y Ricketts 2006; Armsworth 2014). Wilson et al. (2011) determinaron los costos de implementación de la restauración con base al tipo de actividad o intervención de restauración, el tipo de hábitat y el grado de pendiente. Identificar los factores que influyen en los costos de restauración es el primer paso para desarrollar herramientas de apoyo a la toma de decisiones en contextos particulares (Tabla 6).

No obstante, la estimación de costos de la restauración basada en el sitio no siempre aborda de manera adecuada los costos totales a grandes escalas. Los costos de restauración pueden depender en gran medida de la escala de las actividades de restauración forestal (Richards et al. 2015). Aumentar la escala espacial de la RPF probablemente involucrará considerar economías de escala y así incrementar la relación costo-efectividad incluyendo beneficios sociales y ambientales que no podrían alcanzarse mediante proyectos aislados (Kennedy et al. 2016). Aunque varios estudios han evaluado escenarios de costo-efectividad para la RPF a escala local y de paisaje (Macmillan et al. 1998; Birch et al. 2010; Adame et al. 2015; Stefanes et al. 2016; Wada et al. 2017), se requieren más trabajos para ajustar la escala a nivel subnacional o nacional (Nunes et al. 2017).

Se han calculado cuidadosamente los costos de implementación de la restauración (establecimiento de plántulas) a lo largo del extenso país de Brasil. El Instituto Escolhas (2016) creó una plataforma digital para ayudar en el cálculo de las sumas financieras requeridas para restaurar cobertura de bosque en propiedades rurales de Brasil y los retornos económicos que los bosques, en algún momento, pueden llegar a generar. El usuario selecciona en el mapa la región a ser recuperada, ingresa el tamaño (en hectáreas) y la plataforma ofrece ocho modelos de forma que el usuario escoja, dependiendo del grado de degradación del área y de su propósito (áreas permanentes de preservación, reservas legales o solo reforestación),

con o sin retorno económico. La plataforma permite a los propietarios o a las empresas calcular la cantidad de dinero que se requiere invertir al combinar diferentes modelos de restauración, calculando así el valor para cada una de estas combinaciones. Esta herramienta se desarrolló para cumplir con la obligación legal en Brasil de restaurar la vegetación en tierras privadas (Brancalion et al. 2016b) y refleja muy bien el desarrollo de la actividad de restauración como un sector económico en Brasil.

Ante la ausencia de datos en muchos países y regiones acerca de los costos de restauración, se han aplicado varios tipos de *proxy* para calcular la relación costo-efectividad de diferentes intervenciones de restauración (Capítulo 4). El precio de la tierra, el costo del alquiler o la rentabilidad bruta de tierras agrícolas a menudo se utilizan para estimar los costos de oportunidad (Naidoo y Ricketts 2006; Wendland et al. 2010; Silva y Nunes 2017). El potencial de la regeneración natural —descrita también como resiliencia ecológica (Tambosi et al. 2014; Stefanes et al. 2016)— es un proxy común para los costos de implementación, ya que el establecimiento espontáneo del bosque es mucho menos costoso que la preparación completa de un sito y la plantación de árboles (Birch et al. 2010; Brancalion et al. 2016a; Chazdon y Guariguata 2016; Strassburg et al. 2016). Un estudio reciente realizado en Minas Gerais, Brasil, estableció que 36 % de los dos millones de hectáreas que por mandato legal se deben restaurar, puede lograrse solamente dejando que el bosque regenere pasivamente (espontánea), a un costo de USD 175 ± 47 millones. La adición de áreas en donde la regeneración natural asistida podría ser una intervención apropiada suma el 75 % de las obligaciones legales de restauración (1,5 millones ha) a un costo de USD 776 ± 137 millones. Solo el restante 25 % de las áreas altamente degradadas requiere métodos intensivos mucho más costosos (Nunes et al. 2017).

Las tasas de descuento influyen fuertemente tanto en el cálculo de costos como de beneficios de las intervenciones de restauración (Ding et al. 2017). Verdone y Seidl (2017) calcularon los costos y beneficios de restaurar 350 millones de hectáreas de tierra degradada en todo el mundo. Los costos se calcularon con base en informes del Banco Mundial y de la iniciativa TEEB (La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad) (Sukhdev 2008). Los costos promedio de implementación por hectárea oscilaron desde USD 389 para áreas ligeramente degradadas hasta USD 3051 para áreas extremadamente degradadas. Restaurar 350 millones de ha de bosque degradado produjo un beneficio neto de USD 2,25 millones de millones a un costo total de USD 299 miles de millones (relación costo-beneficio de 7,54), con base en una tasa de descuento de 4,3 % y beneficios incluyendo bienes públicos y privados. Este análisis subrayó la importancia de incluir el valor de beneficios públicos, lo cual reduce las tasas de descuento de tipo social, una condición para alcanzar los ambiciosos objetivos globales de restauración (Verdone y Seidl 2017).

3.5 Observaciones finales

La relevancia de los modelos y simulaciones descritos en este capítulo reside en cómo serán empleados, interpretados y aplicados a contextos socioecológicos y políticos específicos. Esto puede requerir de capacidades y destrezas diferentes a las de los profesionales que apliquen los modelos. Idealmente, quienes toman las decisiones deberían estar involucrados activamente cuando se generan diferentes escenarios (Ruckelshaus et al. 2015). Como se ha descrito en este capítulo, diferentes tipos de restauración en diferentes sitios llevadas a un modelo predictivo, pueden generar un rango de escenarios sobre distribución espacial de provisión de servicios ecosistémicos, diversidad de especies endémicas, o costos de restauración. Mediante un proceso iterativo, se puede incorporar información científica importante que ni las partes interesadas ni los tomadores de decisiones conocían de antemano.

Sin embargo, y para que las herramientas sean efectivas en apoyar la toma de decisiones, los resultados necesitan ser interpretados por los decisores relevantes para entender el cómo y el porqué fueron generados (Ruckelshaus et al. 2015) y entender además el contexto en el cual tales resultados serían aplicados. Finalmente, monitorear los resultados de las intervenciones de restauraicón en términos de la oferta del servicio ecosistémico, estatus de la biodiversidad o costos reales de implementación, brinda un mecanismo para verificar la precisión y utilidad de estas herramientas predictivas. Los enfoques participativos para monitorear los resultados de la restauración y para tomar acciones correctivas, en caso sean necesarias, han sido extensamente aplicados (lo cual se ha revisado por Evans y Guariguata 2016).

4 Herramientas para la priorización, planeación espacial y selección de especies

En este capítulo se presenta una revisión amplia de las herramientas analíticas para priorizar áreas a ser restauradas, y para seleccionar especies y enfoques de restauración con base en objetivos y criterios específicos. También se discute sobre las herramientas para guiar la selección de especies a plantar en áreas y contextos específicos, incluyendo enfoques que consideran los efectos del cambio climático sobre las distribución de especies. Más allá de la priorización espacial de las áreas a intervenir, se requiere tomar pasos adicionales para maximizar el éxito y minimizar el costo. Se pueden cometer errores costosos plantando especies poco adaptadas o indeseables en un área de alta prioridad, o planificar una plantación de árboles en áreas donde la regeneración natural asistida o espontánea es más rentable (Chazdon 2013; Latawiec et al. 2016; Nunes et al. 2017). El cambio climático puede alterar la ubicación de áreas adecuadas para la restauración de especies arbóreas de alto valor de conservación en particular. En algunos casos, como en los bosques de pinos del oeste de los EE. UU., la restauración implica el raleo de árboles y realizar quemas controladas en rodales para reducir el riesgo de incendios catastróficos y restaurar rodales resistentes al fuego (Ager et al. 2017). En otros casos, las intervenciones de restauración requieren de la remoción de especies invasoras que amenacen los ecosistemas forestales nativos (Lagabrielle et al. 2011). Las herramientas de priorización espacial pueden diseñarse a medida para brindar guía sobre estas difíciles decisiones de planeación e implementación.

4.1 Planeación sistemática de la restauración

Quienes toman las decisiones concernientes a la RPF necesitan saber qué criterio y enfoques pueden asistirlos en identificar áreas prioritarias para intervenciones específicas en una región dada. Estas intervenciones pueden llegar a incluir el manejo y protección de remanentes de bosque existentes, reservar áreas para su regeneración natural, o la plantación de árboles para la restauración de ecosistemas, agroforestería, pequeñas plantaciones o plantaciones comerciales. Abordar estos aspectos requiere de un enfoque sistemático basado en conjuntos de datos de carácter social, biofísico y político.

La priorización de áreas para la RPF es un esfuerzo complejo que involucra múltiples criterios y que pueden variar en el tiempo y el espacio (Capítulo 1). Un objetivo de la RPF es proteger y mejorar la biodiversidad a través del incremento o mejora de la disponibilidad del hábitat, la restauración de la calidad del hábitat y el incremento de la conectividad del paisaje. Un segundo objetivo es restaurar o mejorar las funciones del ecosistema mediante estabilización de los flujos hídricos, mejora de la calidad del agua, reducción de sedimentación y erosión y el almacenaje de carbono sobre y bajo el suelo. Un tercer objetivo es mejorar el bienestar y los medios de vida de las comunidades que en ellos residen mediante la mejora de oportunidades de empleo gracias al manejo sostenible de productos forestales y no forestales, la creación de empresas locales de ecoturismo y de viveros forestales, y mediante el incremento de seguridad alimentaria al diversificar y mejorar la producción local de cultivos, sistemas agroforestales y prácticas de agricultura sostenible.

Una vez que estos objetivos se definan dentro de contextos geográficos específicos (Capítulo 2), surge la pregunta: ¿cómo enfocarnos en áreas para lograr los objetivos de restauración de una manera beneficiosa, duradera y costo-efectiva? Los profesionales de la conservación se enfrentan a complejidades y desafíos similares y se esfuerzan por maximizar la relación costo-beneficio a la hora de tomar decisiones sobre la asignación de fondos limitados para la protección de los hábitats de especies amenazadas o en peligro. El enfoque de planeación sistemática se ha empleado

para identificar áreas de alto valor de conservación con base en conceptos de representación (Crossman y Bryan 2006; Tobón et al. 2017), complementariedad de biodiversidad (Ikin et al. 2016) y principios de ecología del paisaje (Margules y Pressey 2000; Kukkala y Moilanen 2013). Este enfoque sistemático a la priorización espacial está siendo adaptado ampliamente para identificar áreas prioritarias de restauración, empleando una variedad de software y de herramientas de mapeo (Tabla 5, Apéndice 1).

Los enfoques para una restauración sistemática surgieron por primera vez alrededor del año 2009. Thomson et al. (2009) aplicaron un marco para seleccionar reservas de hábitat dentro de un plan de restauración del paisaje a largo plazo, con el objetivo de restaurar la conectividad para especies de aves en un área de 11 000 km^2 en el centro de Victoria, al sureste de Australia y donde solo queda 14 % del bosque original de eucalipto de corteza dura (conocido como *ironbark*). Se empleó un software de zonificación (Moilanen y Kujala 2008) para restaurar e incorporar los requisitos de hábitat de 62 especies diferentes de aves, con base en modelos de distribución de especies y proyecciones de recuperación del hábitat. En este caso, las áreas adecuadas para el hábitat de aves se habían perdido en el paisaje y era necesario recrearlas. La zonificación simuló un paisaje complejo totalmente revegetado que luego se "despejó" repetidamente una celda después de otra hasta alcanzar la extensión actual de vegetación natural. Cada celda despejada se categorizó de acuerdo a su contribución al valor futuro de biodiversidad dada la configuración actual del paisaje. Las celdas con mayor calificación reflejan áreas de alta prioridad para restaurar. Este ejemplo de un *modelo de priorización espacial de un criterio* no consideró los costos de restauración u otros criterios ecológicos o sociales.

¿Por qué se emplea un enfoque sistemático? El establecer prioridades se puede lograr de muchas formas, incluyendo encuestas para recabar opiniones de expertos o de ciertos grupos de actores interesados (Uribe et al. 2014). Ciertamente, las comunidades locales y las autoridades de gobierno pueden tomar decisiones sobre dónde y cómo restaurar con base en sus propios criterios, objetivos y disponibilidad de recursos sin la necesidad de software o de herramientas analíticas. Las decisiones de priorización son más difíciles y contenciosas cuando diferentes actores tienen objetivos contrapuestos, o ventajas y desventajas que compensar, lo que hace que el consenso no se alcance fácilmente. En estos casos, las intervenciones de restauración pueden tener una baja probabilidad de alcanzar el éxito duradero y puede resultar en la pérdida de tiempo, esfuerzo y dinero y generar desconfianza por parte de la sociedad. El valor de un enfoque *sistemático* para priorizar reside en que los enfoques metodológicos son transparentes y surgen de objetivos claramente planteados.

Los enfoques sistemáticos no son "de arriba hacia abajo", ni "de abajo hacia arriba"; se cimientan en la optimización de principios que pueden reflejar un rango amplio de dimensiones sociales, políticas, económicas y ecológicas (Bryan et al. 2004). Por ejemplo, Budiharta et al. (2016) pusieron a prueba cuatro escenarios de restauración para examinar cómo diferentes criterios de evaluación para la priorización espacial de intervenciones agroforestales en tierras forestales degradadas de Kalimantan Este, Indonesia, generan ventajas y desventajas en los beneficios sociales y ecológicos para las comunidades locales. Los resultados brindaron guía a quienes toman decisiones al comparar los resultados de cada escenario alternativo, con base en diferentes combinaciones de obstáculos iniciales.

4.2 Herramientas de priorización espacial y su aplicación a la restauración

Desde la perspectiva de la RPF el objetivo principal de la priorización espacial es seleccionar sitios o áreas más grandes para inversiones e intervenciones que (1) maximicen el éxito a largo plazo de la restauración; (2) aseguren la representación de la diversidad biológica, geográfica y humana; y (3) maximicen los beneficios socioecológicos para las comunidades locales y otras partes interesadas. Teniendo en cuenta los recursos limitados, los mejores rendimientos de las inversiones combinan la *viabilidad* (acciones prácticas y posibles) con *altos niveles de beneficios múltiples*.

Los diferentes tipos de conjuntos de datos espaciales pueden proporcionar indicadores o variables proxy de factibilidad y beneficios de restauración específicos. La viabilidad a menudo se puede reflejar en áreas que tienen un bajo costo de oportunidad para restaurar. La viabilidad también tiene un componente social, ya que la restauración es más práctica en áreas donde las comunidades locales y sus gobiernos están comprometidos y donde una tenencia segura de la tierra asegura que los propietarios se beneficien

económicamente de los resultados de la restauración a largo plazo. La probabilidad del éxito duradero de la restauración (baja probabilidad de incendios, por ejemplo) también puede ser empleada como un valor proxy de viabilidad (Wilson et al. 2011). Los beneficios de la restauración se pueden evaluar y mapear con base en datos de la cobertura de vegetación remanente, provisión de servicios ecosistémicos (Capítulo 3), mejora del hábitat, conectividad del paisaje, medios de vida e ingresos agrícolas, resiliencia ecológica y reducción del riesgo de pérdida de especies. Los costos de restauración, que también son explícitos en cuanto a la localización, a menudo se usan como indicadores de viabilidad (Capítulo 3). La viabilidad y los beneficios de la restauración también pueden evaluarse en términos de su nivel de urgencia, ya que los paisajes con niveles recientemente elevados de degradación o deforestación presentan una ventana de oportunidad estrecha, donde la restauración (de bajo costo) por medio de la regeneración natural sigue siendo factible y es probable que brinde múltiples beneficios (Rappaport et al. 2015).

Las herramientas de priorización espacial pueden ser una parte integral del proceso ROAM (Capítulo 2) o pueden aplicarse en la optimización de intervenciones de restauración en áreas específicas de manejo (Orsi y Geneletti 2010). Durante el proceso ROAM reciente adelantado en Malawi (Ministerio de Recursos Naturales 2017), se realizaron análisis espaciales multicriterio para ayudar a priorizar la inversión en intervenciones de RPF para lograr objetivos de seguridad alimentaria, resiliencia a extremos climáticos y conservación de la biodiversidad, basados en una evaluación espacial de la degradación de los bosques y tierras agrícolas. Cada uno de estos objetivos se evaluó y se asignó de forma independiente en función de una gran cantidad de conjuntos de datos de entrada; luego se superpusieron para revelar áreas donde las prioridades eran las más altas (Figura 10).

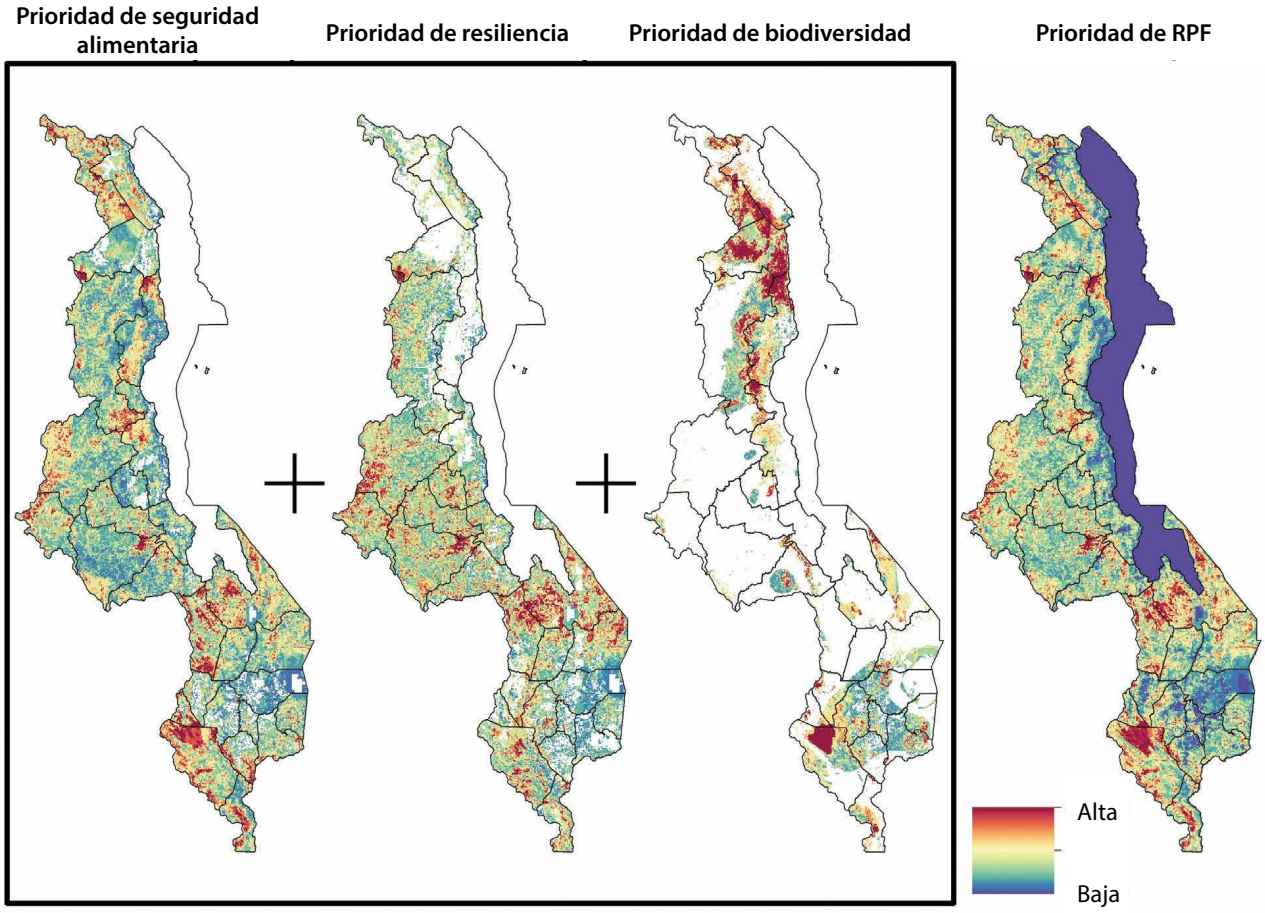


Figura 10. Un análisis preliminar de áreas prioritarias identificadas mediante un análisis de múltiples criterios.

Nota: Esta figura muestra cada capa de prioridad y la suma de todos los análisis multicriterio de escenarios de restauración del paisaje. Las áreas en rojo corresponden a la prioridad más alta, en tanto que las áreas en azul son las de menor prioridad.

Fuente: Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas de Malawi (2017), Figura 24.

Los análisis de priorización se pueden realizar en un amplio rango de escalas espaciales y se puede adaptar a contextos geográficos o políticos específicos (Tabla 7). Para asegurar la representación de biomas o unidades políticas en particular, podría ser necesario hacer análisis de priorización por separado. Quienes están a cargo de tomar decisiones pueden usar la priorización espacial de múltiples criterios para informar la planeación de restauración y las decisiones de inversión financiera con base en un rango de escenarios de optimización y de ponderación. Una aplicación común de las herramientas de priorización espacial para restauración es para la optimización de áreas a restaurar con alto potencial de almacenaje de carbono y cobeneficios para la biodiversidad a costos reducidos (Greve et al. 2013; Renwick et al. 2014; Carwardine et al. 2015). Mediante el uso de un enfoque de múltiples criterios a escala continental, Greve et al. (2013) identificaron áreas del trópico africano en que el alto potencial de almacenaje de carbono se superpone con altos niveles de degradación, ofreciendo así cobeneficios tanto para la biodiversidad como para la mitigación del cambio climático.

Se pueden usar diferentes tipos de datos espaciales para mapear y seleccionar áreas para restaurar que satisfagan los múltiples objetivos de RPF. Empleando enfoques de priorización espacial, se pueden usar varios criterios para determinar las ubicaciones que optimicen o maximicen un conjunto de funciones diferentes (Figura 10). Por ejemplo, los beneficios potenciales de la restauración en términos de almacenamiento de carbono, mejora de la calidad del agua o conservación de la biodiversidad no siempre coinciden espacialmente, ni estas áreas siempre se superponen con áreas de alta factibilidad (bajos costos de implementación o de oportunidad, alta aceptación social de la restauración). Gourevitch et al. (2016) mapearon el potencial de restauración para incrementar el almacenaje de carbono, mejorar la calidad del agua e incrementar la biodiversidad a todo lo largo de Uganda, para determinar escenarios óptimos de restauración con base en *fronteras de eficiencia* para establecer combinaciones de parejas de objetivos (Capítulo 3). Su enfoque emplea herramientas de mapeo de servicios del ecosistema (Capítulo 3) y una técnica de optimización espacial de múltiples objetivos que permite a los tomadores de decisiones visualizar áreas con altos beneficios potenciales de restauración dentro del país, en que las ventajas y desventajas entre esos beneficios ocurren y la manera en que los costos de oportunidad pueden afectar la factibilidad (Figura 11). Los objetivos socioeconómicos también se pueden mapear a lo largo del paisaje y ser incorporados en modelos de priorización espacial (Gimona y van der Horst 2007).

Identificar "hotspots" con múltiples funciones representa oportunidades para buscar hacer restauración mediante coaliciones de actores interesados en áreas donde la restauración probablemente ofrecerá beneficios importantes a varios grupos (Gimona y van der Horst 2007). Schulz y Schröder (2017) emplearon un análisis espacial de múltiples criterios para identificar puntos de acceso multifuncionales en un paisaje de bosque seco en el centro de Chile, donde múltiples funciones del ecosistema (conectividad del hábitat, prevención de la erosión y almacenamiento de carbono) pueden mejorarse mediante restauración y donde la restauración es altamente factible (en este caso, un alto potencial de regeneración natural). Las áreas designadas como hotspot multifuncionales brindan un punto de partida para las decisiones sobre implementación por parte de comunidades locales, organizaciones no gubernamentales y agencias del gobierno que trabajan en la región.

Estos y otros estudios listados en la tabla 7 demuestran un amplio rango de unidades espaciales, objetivos de priorización, criterios de priorización y conjuntos de datos espaciales. En algunos casos, se consultaron expertos para seleccionar criterios e indicadores de priorización (Orsi et al. 2011; Uribe et al. 2014; Tobón et al. 2017). Los criterios de priorización se seleccionan para reflejar los objetivos generales así como las restricciones en los conjuntos de datos espaciales disponibles. Las ponderaciones de los factores se pueden ajustar para examinar diferentes escenarios, proporcionando información crítica para los tomadores de decisiones. Varios estudios usan solo criterios biofísicos (biodiversidad, cobertura vegetal, potencial de regeneración natural, funciones del ecosistema) para identificar áreas prioritarias u objetivo para restaurar (Gimona y van der Horst 2007; Zhou et al. 2008; Trabucchi et al. 2014; Rappaport et al. 2015; Schulz y Schröder 2017) en tanto que otros incluyen criterios como costos de implementación de la restauración y costos de oportunidad (Crossman y Bryan 2009; Lagabrielle et al. 2011; Wilson et al. 2011; Crouzeilles et al. 2015; Zweiner et al. 2017). Tres estudios enfatizan en la factibilidad social y en criterios biofísicos de sosteniblidad (Orsi y Geneletti 2010; Uribe et al.

Tabla 7. Estudios de priorización espacial para la planeación de la restauración

Autores	Región geográfica	Tamaño del área de estudio	Objetivo	Criterio de optimización	Conjunto de datos empleado
Gimona y van der Horst (2007)	Noreste de Escocia	Sin información	Identificar áreas objetivo apropiadas para la creación de pequeños lotes madereros multifuncionales	Biodiversidad, atractivo escénico, recreación.	Modelos de idoneidad de hábitat espacialmente explícitos de 16 especies consideradas como especies prioritarias en un Plan de Acción de Biodiversidad.
Zhou et al. (2008)	Cuenca alta del río Yangtzé, China	7 400 km^2	Identificar posibles métodos de restauración y áreas prioritarias para aumentar la cobertura forestal de 21 a 30 %.	Áreas de matorrales que anteriormente fueron bosques, adyacentes a fragmentos de bosques existentes.	Mapas de vegetación.
Crossman y Bryan (2009)	Cuenca del Murray Darling, Australia	11,87 M ha	Identificar puntos de acceso para restaurar el capital natural y aumentar la cobertura vegetal en un 1%.	Maximización de las áreas de mayor beneficio para restaurar el capital natural con un impacto mínimo en el ingreso agrícola.	Mapas de biorregiones, zonas climáticas, clases de suelos, vegetación remanente, probabilidad de erosión eólica y del suelo, tasas de drenaje profundo, profundidad del agua subterránea, tasas anuales de captura de carbono, rentabilidad de la finca.
Orsi y Geneletti (2010)	Chiapas occidental, México	18 500 km^2	Identificar áreas de reforestación importantes para la biodiversidad de alta factibilidad para su restauración.	Alto valor de biodiversidad (múltiples criterios) y alta factibilidad (múltiples criterios); también incluyó criterios adicionales ecológicos y sociales.	Mapas de cobertura terrestre, riesgo de erosión del suelo, topografía, distancia a áreas urbanas, costos de conversión de uso de la tierra, índice de pobreza agregado.
Lagabrielle et al. (2011)	Isla Reunion	2 512 km^2	Identificar las mejores opciones espaciales para conservar y restaurar una muestra representativa de las características de la biodiversidad y los procesos del ecosistema, al tiempo que se minimizan los conflictos con otros usos de la tierra.	Logro de objetivos de conservación y restauración con costos mínimos, incluidos los costos de restauración y administración.	Mapa de 44 clases de hábitat, mapa de componentes espaciales de procesos de biodiversidad, mapa de 23 corredores naturales, mapa de la red de reservas existente e índice de costos de conservación.
Orsi et al. (2011)	Chiapas central, México	430 km^2	Identificar prioridades de reforestación que permitan tanto la producción de madera como la protección de la biodiversidad.	Maximización de la reforestación para el aprovechamiento de madera y la conservación, minimización del costo ecológico.	Modelos de riqueza potencial de especies, mapas de cambio de cobertura forestal, costo de plantaciones y cercas, mapas de potencial de regeneración.
Wilson et al. (2011)	Punto de Referencia Nacional Rancho Irvine, California, Estados Unidos	1353 ha	Identificar la combinación de sitios de restauración y el cronograma para su implementación que probablemente brinde la mayor utilidad para un presupuesto fijo y restricciones operacionales.	Maximización de la utilidad de restauración, teniendo en cuenta los costos de restauración, la probabilidad de éxito de la restauración, la probabilidad de eventos estocásticos, retroalimentaciones, retrasos de tiempo y conectividad espacial.	Mapas de vegetación real y potencial, pendiente y aspecto (utilizados para estimar el costo de restauración y la probabilidad de éxito de la restauración).

continúa en la página siguiente

Tabla 7. Continuado

Autores	Región geográfica	Tamaño del área de estudio	Objetivo	Criterio de optimización	Conjunto de datos empleado
Greve et al. (2013)	Trópico africano	3,6 M km^2	Identificar las áreas más adecuadas para los proyectos de captura de carbono y a la vez beneficiar la biodiversidad, la recarga de aguas subterráneas, el valor de la tierra y la gobernanza.	Áreas con cobeneficios máximos dadas las diferentes ponderaciones del potencial de reserva de carbono.	Mapas de potencial de almacenamiento de carbono sobre el suelo, mapas de distribución para todas las especies de mamíferos, reptiles y anfibios, recarga de aguas subterráneas, costo de la tierra, Índice Ibrahim de Gobernanza de África.
Trabucci et al. (2014)	Cuenca del río Martín, noreste de España	2 112 km^2	Identificar áreas prioritarias para la restauración en un área degradada de minería a cielo abierto en un río mediterráneo semiárido.	Maximización de la provisión de múltiples servicios del ecosistema.	Combinación de datos de erosión (nivel de degradación) con cinco mapas de servicios ecosistémicos: control de la erosión, mantenimiento de la fertilidad del suelo, suministro de agua superficial, regulación del agua y almacenamiento de carbono en la vegetación leñosa.
Uribe et al. (2014)	Región alta Mixteca de Oaxaca, México	8 100 km^2	Identificar áreas prioritarias para la RPF considerando criterios ambientales y socioeconómicos, y las evalúe de acuerdo a la opinión de diferentes grupos de participantes.	Maximización del consenso en cuanto a los criterios y prioridades de las partes interesadas.	Se generaron mapas de factibilidad de la tierra, reflejando las preferencias de diferentes partes interesadas. Se desarrolló un mapa general de prioridades de RPF mediante la combinación de mapas de prioridades de los cuatro grupos.
Carwardine et al. (2015)	Todo el continente de Australia	Vegetación fuertemente despejada apropiada para realizar forestería para el manejo del carbono.	Identificar áreas prioritarias para plantaciones biodiversas destinadas al manejo de carbono que restauren de la manera más eficiente en cuanto al costo vegetación fuertemente despejada hasta el 30 % de la extensión original, a la vez que capture carbono.	Priorización de áreas en que al ser restaurado el 30 % de la vegetación se oriente a obtener un costo mínimo de oportunidad sin comprometer la captura de carbono.	Mapa de 139 tipos de vegetación que han sido despejados por debajo del 30 % de su extensión original, biomasa por encima del suelo de 53 sitios, costos de oportunidad (valor de tierra agrícola), precio de venta del carbono (costos netos de transacción), costos de restauración.
Crouzeilles et al. (2015)	Bosque Atlántico de Brasil	1,5 M km^2	Identificar unidades de planificación para dos especies de mamíferos que, de restaurarse, mejorarían de manera efectiva en cuanto al costo la dinámica de la población en este bioma fragmentado, al tiempo que preservarían cualquier diversidad genética y fenotípica a gran escala que pudiera existir.	Unidades de planificación que logren metas específicas de restauración en tanto que se minimizan costos.	Mapa de distribución de especies e información de dispersión y disponibilidad de hábitat; información del uso y del costo de la tierra y distribución de remanentes de bosque.

continúa en la página siguiente

Tabla 7. Continuado

Autores	Región geográfica	Tamaño del área de estudio	Objetivo	Criterio de optimización	Conjunto de datos empleado
Rappaport et al. (2015)	Bioma de Bosque Atlántico en el sur de Bahía, Brasil	2 M ha	Identificar paisajes prioritarios a restaurar que maximicen las contribuciones de conectividad a escala regional al menor costo, con base en la urgencia y factibilidad de las intervenciones.	Maximización de los resultados de biodiversidad en unidades de paisaje con cobertura forestal intermedia, cambio reciente en el paisaje, y alto potencial para la conectividad regional.	En unidades de paisaje, cálculo de indicadores de importancia regional (conectividad regional), factibilidad de restauración (porcentaje de cobertura forestal) y urgencia (cambio reciente en la estructura del paisaje).
Vogler et al. (2015)	Oregón oriental, Estados Unidos	914 657 ha de bosques nacionales	Analizar las prioridades y las compensaciones mutuas entre una variedad de objetivos socioecológicos que afectan los servicios de los ecosistemas en un gran bosque nacional propenso a incendios.	Áreas de planificación de alta prioridad para orientar los esfuerzos de restauración con respecto a la consecución de múltiples objetivos (restauración de factores estresantes del bosque versus producción de servicios provisionales del ecosistema (p. ej. madera).	Salida de la vegetación de la referencia histórica (necesidad de restauración), riesgo de insectos, volumen de madera, riesgo de incendios forestales en límites urbanos colindantes con zonas silvestres y riesgo potencial de incendios forestales.
Budiharta et al. (2016)	Distrito Paser, este de Kalimantan, Indonesia	1,16 M ha	Priorizar la restauración de tierras degradadas mediante sistemas agroforestales que brinden medios de vida y de subsistencia a las comunidades locales.	Maximización de la factibilidad social y sostenibilidad biofísica de actividades agroforestales en tanto se minimizan costos de oportunidad (pérdida de ganancias por concepto de usos alternativos de la tierra para producción de aceite de palma o aprovechamiento de madera).	Sostenibilidad biofísica, tipos de cobertura terrestre compatible, mapa de concesiones forestales, dependencia económica y cultural de las actividades agroforestales, preferencia de la agroforestería en comparación a otros usos de la tierra.
Fernández y Morales (2016)	Región ecológica de bosque arbustivo y esclerófilo de Chile central.	Sin información	Identificar áreas prioritarias para la restauración de dos especies de árboles endémicas amenazadas, y analizar cómo diferentes condiciones ambientales y tipos de uso de la tierra pueden afectar la selección de áreas para la restauración de especies bajo el cambio climático.	Maximización de condiciones ambientales apropiadas para cada especie y tipos de tierra apropiados para las iniciativas de restauración que tengan en cuenta futuros cambios del clima.	Idoneidad ambiental (distribución potencial actual y futura de las especies) y variables de idoneidad de la tierra (tipo de uso de la tierra y sitios prioritarios para la conservación).
Gourevitch et al. (2016)	Uganda	Todo el país	Distribuir la cantidad óptima de tierra a restaurar dentro de cada distrito.	Maximización del valor de los beneficios del almacenaje de carbono, calidad de agua y biodiversidad, y minimizar costos de oportunidad.	Pérdida de cobertura forestal entre 2000-2013; almacenamiento potencial de carbono sobre el suelo; mapa de erosión del suelo basado en vegetación existente y restaurada; mapas de riqueza de especies de mamíferos, reptiles, anfibios y aves, valor de la producción agrícola anual (proxy de los costos de oportunidad).

continúa en la página siguiente

Tabla 7. Continuado

Autores	Región geográfica	Tamaño del área de estudio	Objetivo	Criterio de optimización	Conjunto de datos empleado
Stefanes et al. (2016)	Región Cerrado del estado de Mato Grosso do Sul, Brasil	216 086 km^2	Comparar tres escenarios de retauración con base en diferentes objetivos de restauración.	Maximización de beneficios de la restauración y minimización de costos de oportunidad por renunciar al uso agrícola del suelo.	Cobertura de vegetación nativa, conectividad del paisaje y productividad agrícola en unidades de planificación de 10 000 ha
Schulz y Shröder (2017)	Chile Central	13 175 km^2	Identificar potenciales áreas de restauración forestal que contribuyan a un mismo tiempo a mejorar múltiples funciones del bosque (hotspot multifuncionales)	Maximización de la factibilidad de restauración y la multifuncionalidad.	Mapas de prevención potencial de erosión, captura potencial de carbono, y potencial función y conectividad del hábitat.
Tobón et al. (2017)	México	60 % del área terrestre de México	Priorizar los sitios potenciales de restauración para apoyar la conservación y recuperación de la biodiversidad en 15 % de la superficie terrestre de México para abordar el Objetivo 15 de Aichi.	Maximización de la importancia biológica y de la factibilidad de restauración (costos relativos de restauración y probabilidad de éxito).	18 conjuntos de datos espaciales basados en los criterios de Orsi et al. (2011b).
Ager et al. (2017)	Oeste de los Estados Unidos	245 000 ha en el Bosque Nacional Deschutes, Oregón	Priorizar las áreas que reducen de manera más eficiente la pérdida potencial de incendios de rodales de pino ponderosa resistente al fuego, al tiempo que se crean áreas contiguas dentro de las cuales el fuego inducido y manejado puede usarse efectivamente para mantener condiciones de bajo riesgo.	Optimización de la ubicación de los proyectos para facilitar el uso eficiente en el futuro de los incendios inducidos y naturales como medio para mantener bosques resistentes al fuego y reducir la probabilidad de incendios poco característicos y las pérdidas ecológicas asociadas.	Variación espacial en la presencia de combustibles, comportamiento potencial del fuego y densidad de árboles.
Zweiner et al. 2017	Bosque Atlántico de Brasil	1,5 M km^2	Identificar sitios prioritarios para la conservación y restauración de especies leñosas para lograr objetivos de conservación del 10 %, 17 % y 20 % de la extensión del Bosque Atlántico.	Maximización de la conservación de especies vegetales bajo escenarios de clima contrastante y uso de la tierra, considerando costos socioeconómicos, presencia de áreas protegidas y distribución de remanentes de bosque.	Modelos de nicho ecológico de especies, datos de clima bajo dos escenarios de proyección, datos de uso de la tierra, costos de adquisición de tierra, mapa de áreas de bosque remanente, mapa de áreas estrictamente protegidas mayores a 1000 ha, mapa de porcentaje de PIB invertido en programas ambientales (a nivel municipal).

Nota: No todos los estudios consideran múltiples criterios. Los estudios emplearon un rango de software y enfoques de elaboración de modelo diferentes. Para mayor detalle, consúltese las citas de los autores.

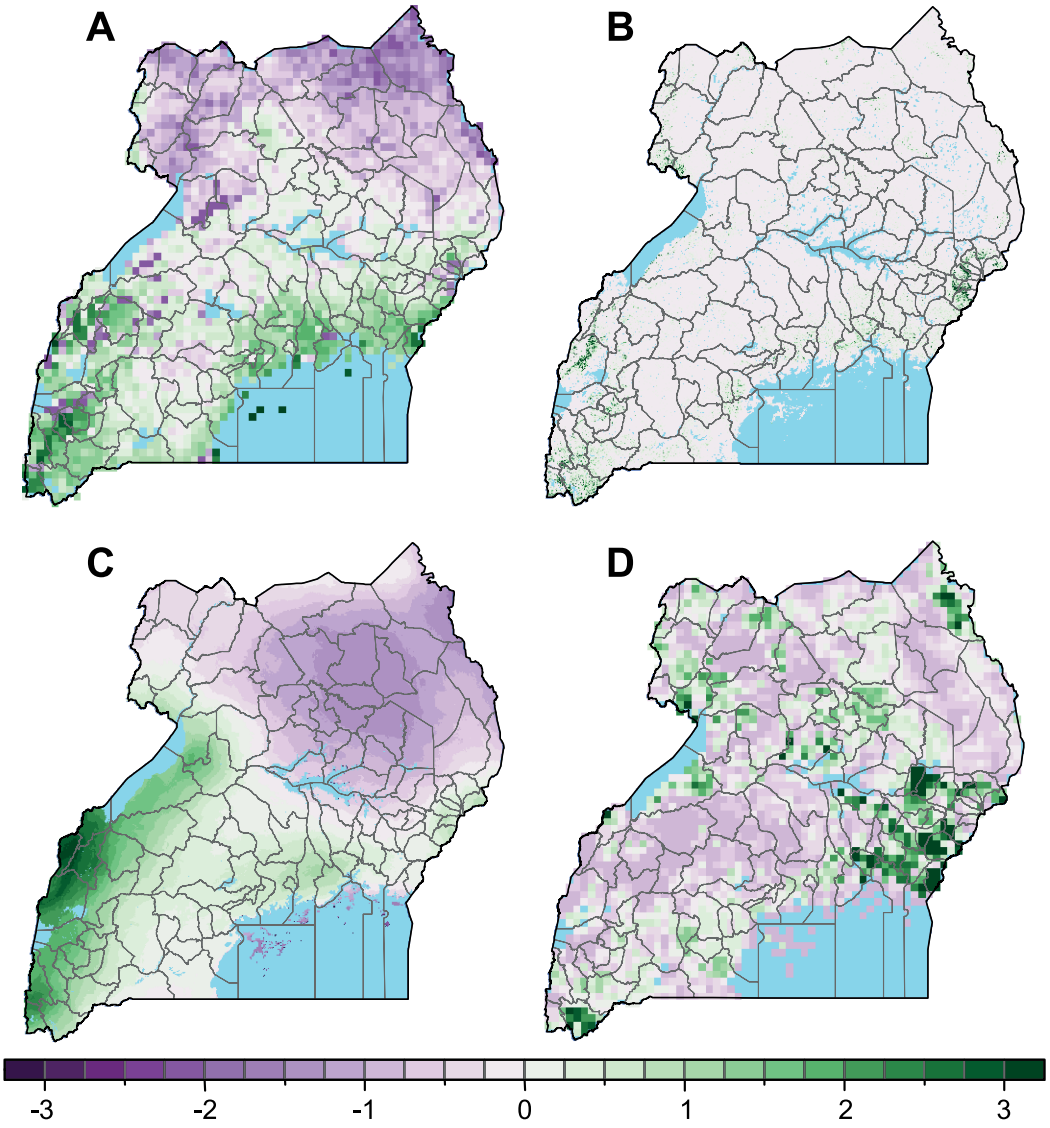


Figura 11. Mapas del potencial de restauración en Uganga para incrementar el almacenaje de carbono (A), mejorar la calidad del agua (B), incrementar la biodiversidad (C) e incurrir en costos de oportunidad (D).

Nota: las áreas donde la restauración tiene un alto potencial de impacto se muestran en verde oscuro, y las áreas con bajo potencial de impacto de restauración se muestran en color púrpura. Los valores son estandarizados (con escala ajustada) para cada mapa, en donde cero es el valor medio.

Fuente: Gourevitch et al. (2016).

2014; Vogler et al. 2015) y un estudio incluye la factibilidad política con base en las restricciones del gobierno sobre el uso de tierras con fines agroforestales en bosques de producción (Budiharta et al. 2016). El estudio de Tobón et al. (2017) identifica los sitios prioritarios para la restauración dentro de todo México, para lograr la Meta 15 de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica de restaurar el 15 % de los ecosistemas terrestres a un costo mínimo. En este caso, los criterios para la priorización fueron la importancia biológica y la viabilidad de restauración. Stefanes et al. (2016) utilizan análisis multicriterio para comparar tres escenarios de restauración basados en diferentes objetivos de restauración en el Cerrado de Mato Grosso, Brasil.

Debido a que la recuperación de las funciones del ecosistema son procesos que dependen del espacio y del tiempo, los escenarios de realización de modelos de restauración deberían incorporar estas dinámicas (McBride et al. 2010; Rappaport et al. 2015), así como los efectos del cambio climático en la idoneidad del hábitat. El enfoque

de priorización de restauración de Wilson et al. (2011) incorporó tanto la variación espacial como la temporal, teniendo en cuenta la probabilidad de eventos estocásticos, retroalimentaciones, retardos de tiempo y conectividad espacial. Varios análisis de priorización toman en cuenta los cambios probables en la distribución de las especies debido al cambio climático. Fernández y Morales (2016) identificaron áreas de prioridad para restaurar dos especies endémicas de árboles en peligro de extinción en Chile, con base en condiciones del medio ambiente correspondientes a escenarios probables de cambio climático y tipos de uso del suelo que brindan las áreas para restauración (Tabla 7). En la Mata Atlántica de Brasil, Zweiner et al. (2017) identificaron sitios prioritarios para la conservación y restauración de especies leñosas bajo dos escenarios de cambio climático. En estos casos, el modelo de los beneficios de la restauración se centra en reducir el riesgo de extinción de especies endémicas.

4.3 Herramientas espaciales para la priorización de intervenciones específicas de restauración

Otro uso de las herramientas de priorización espacial es la identificación de áreas prioritarias para implementar la regeneración natural, agroforestería, plantaciones forestales, u otras modalidades. La regeneración natural debe priorizarse en caso de que los objetivos de restauración se concentren en la conservación de biodiversidad, en la provisión de servicios múltiples del ecosistema y en la relación costo-efectividad, pero no todas las áreas de tierra deforestada o degradada son susceptibles de ser dejadas a la regeneración natural. Identificar y priorizar áreas con alto potencial de regeneración natural del bosque puede incrementar la relación costo-efectividad de la restauración a escala de paisaje (Chazdon y Guariguata 2016; Nunes et al. 2017). Varios enfoques regionales prometedores para identificar áreas prioritarias para la regeneración natural podrían expandirse y replicarse en otras regiones y países. En la cuenca alta del río Yangtze, donde es probable el éxito de la regeneración natural como forma de restauración forestal, Zhou et al. (2008) identificaron estas áreas, empleando taxonomía de suelos para predecir el tipo potencial de vegetación a desarrollarse, especies potenciales de árboles para restaurar y métodos de restauración para alcanzar un 30 % de cobertura forestal. Las áreas prioritarias para una rápida restauración se ubican donde hubo bosques y que ahora están cubiertas por arbustos pero se encuentran adyacentes a tierras forestadas y se predice una dispersión adecuada de semillas.

Para examinar la forma en que la restauración a través de la regeneración natural (de bajo costo) puede ayudar a los propietarios a cumplir con el mandato legal de restauración estipulado en la Ley de Protección de la Vegetación de Brasil, Nunes et al. (2017) mapearon el potencial de regeneración del bosque en pasturas en el estado de Minas Gerais (Tabla 7). El priorizar áreas de mediano a alto potencial de regeneración natural se traduce en grandes ahorros y también produce altos beneficios en término de almacenaje de carbono, calidad del agua y biodiversidad (Nunes et al. 2017).

Budiharta et al. (2016) enfocaron su análisis de priorización de restauración en Indonesia, a través de sistemas agroforestales, los cuales proveen de medios de vida a las comunidades locales y contribuye a la seguridad alimentaria a la vez que ofrece múltiples beneficios ecológicos. Los sistemas agroforestales empleados en esta región por 300 años comúnmente consisten en plantaciones de enriquecimiento en bosques degradados o en bosques secundarios jóvenes, con plántulas y plantas silvestres de especies arbóreas. Su análisis se basó en 11 requisitos biofísicos de las especies de árboles más importantes utilizadas en estos sistemas agroforestales, datos de clima, precipitación y mapas de cobertura del suelo indicando compatibilidad con usos agroforestales e información de la factibilidad social y política. El análisis de cuatro escenarios posibles brindó una visión de las áreas prioritarias para agroforestería, dadas las diferentes combinaciones de obstáculos de índole biológico, social y político (Figura 12).

4.4 Herramientas espaciales para la selección de especies apropiadas para la agroforestería y la restauración

Sin una planeación apropiada o información sobre las especies a plantar, cualquier proceso de selección de germoplasma puede conllevar a altas tasas de mortalidad o a otros problemas como bajos retornos económicos y hasta consecuencias ambientales adversas. En los peores casos, los proyectos de restauración no planificados terminan por causar incremento en los niveles de degradación en lugar de revertir sus efectos. Los costos pueden ser altos e incluyen la pérdida de confianza y compromiso por parte de las comunidades locales. Se han

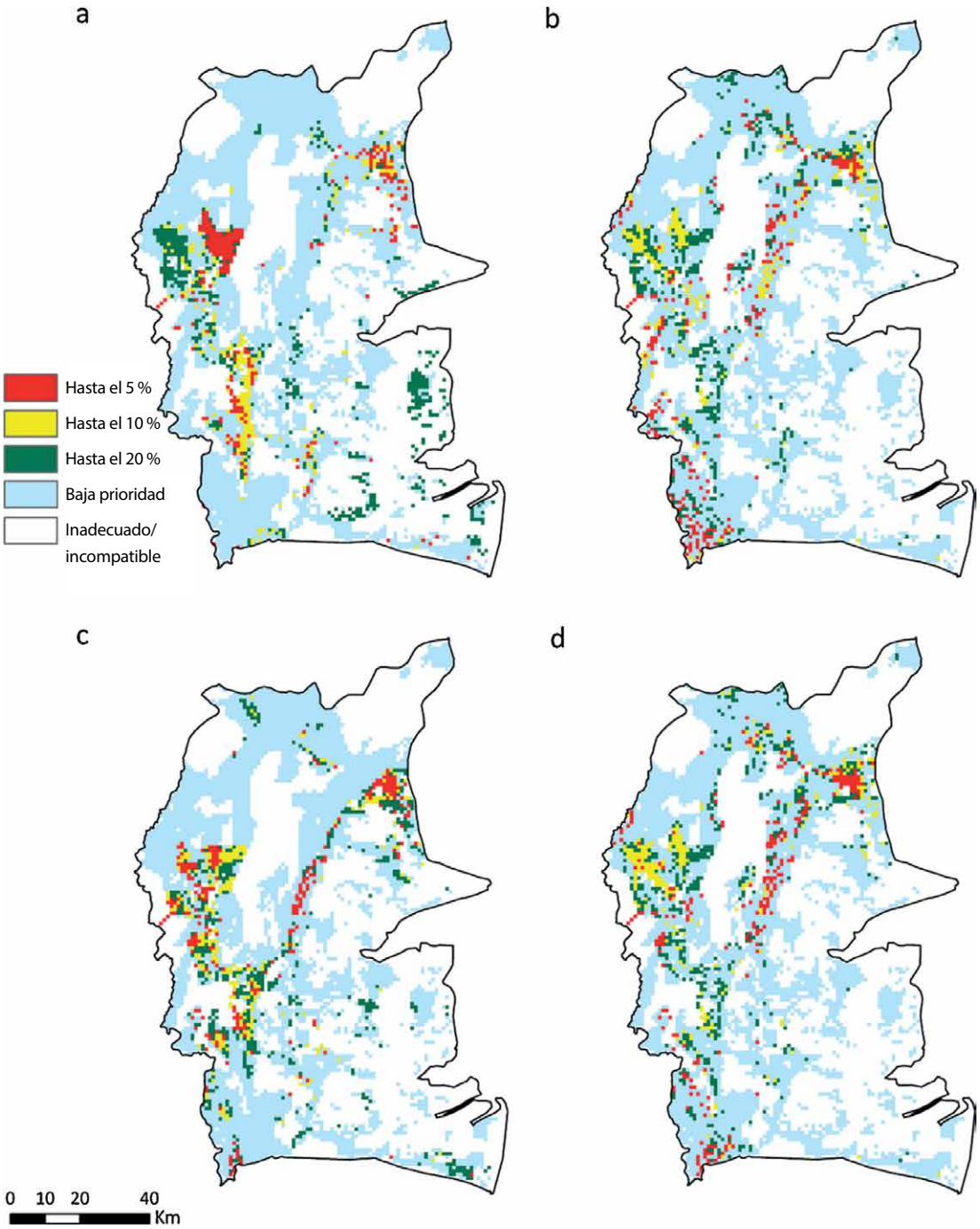


Figura 12. Mapas de áreas prioritarias para la restauración agroforestal bajo cuatro escenarios socioecológicos. (a) Escenario 1 (solo variables ecológicas); (b) Escenario 2 (variables ecológicas y sociales); (c) Escenario 3 (variables ecológicas y sociales con obstáculos políticos existentes); (d) Escenario 4 (variables ecológicas y sociales con eliminación de las restricciones asociadas al cambio de uso del suelo).

Fuentes: Budiharta et al. (2016).

desarrollado varias herramientas de apoyo a las decisiones para guía sobre la idoneidad del árbol a plantar en el sitio correcto para el propósito correspondiente. Como con otras decisiones de restauración, la participación de los actores locales es muy importante, ya que especies particulares de árboles influyen en los medios de vida, ingresos económicos, productos alimenticios y maderables y en los protocolos de manejo.

Una herramienta de selección de especies en línea desarrollada por Kindt et al. (2015a) se encuentra

disponible en Google Earth, como parte del mapa *Vegetationmap4africa*. La herramienta de selección de especies proporciona el mapa potencial de regeneración natural como una capa de Google Earth, superpuesto por capas de puntos con etiquetas seleccionables para dar un aproximado de los tipos de distribución vegetal para un país en particular. La herramienta brinda información sobre especies de árboles y arbustos que han demostrado ser útiles en comunidades agrícolas o pastoriles a lo largo de este de África. Aunque a resolución espacial menor, la herramienta online también da información adicional para la selección de especies útiles de árboles que cubre todo el continente africano. Una herramienta afín desarrollada por el World Agroforestry Center (ICRAF), el Tablero de Especies Agroforestales, brinda acceso a un amplio rango de fuentes de información y de bases de datos para más de 26 000 especies de plantas utilizadas en agroforestería y en iniciativas de restauración (Kindt et al. 2015b).

Otra herramienta que utiliza la interfaz de Google Earth permite al usuario identificar qué especies de árboles se pueden plantar en un sitio de restauración específico, de acuerdo con lo que se espera de su habilidad para persistir bajo condiciones climáticas actuales y futuras (Thomas 2016). La herramienta está siendo probada actualmente en el campo por parte de usuarios y se enfoca en las regiones de bosque seco tropical de Colombia, un ecosistema muy amenazado con más de 430 especies de árboles (http://www.restool.org). El usuario ubica un área específica de restauración en Google Earth, e ingresa información sobre cuántas especies de árboles desea plantar y qué características ecológicas se desean incluir. Luego, se requiere ingresar las condiciones ambientales y de estrés que están más presentes, como la compactación del suelo, pendientes muy inclinadas o vulnerabilidad del área al fuego. Finalmente, se ingresan los objetivos de restauración. Con base en esta información generada por el usuario, la herramienta busca las especies de árboles que se espera perduren en el sitio de restauración bajo el cambio climático, que tolerarán otros factores de estrés a nivel local y cuyo perfil ecológico se adecúe a los objetivos de restauración. Adicionalmente, la herramienta genera mapas de áreas recomendadas para la obtención de semillas. Los usuarios también pueden solicitar información sobre métodos de propagación recomendables y manejo de especies a ser incluidas. Los investigadores de Bioversity International buscan extender el uso de esta herramienta a otras regiones del mundo.

Con frecuencia se utilizan múltiples criterios para seleccionar especies de árboles y de arbustos a plantar bajo condiciones específicas. Reubens et al. (2011) desarrollaron una herramienta multicriterio para priorizar especies de árboles en Tigray, al norte de Etiopía y que podría ser utilizada en toda la región de África Oriental. El modelo utiliza una base de datos que incluye funciones socioeconómicas, valores socioculturales, servicios ambientales, preferencias generales y locales de plantas por parte de los habitantes locales. Las especies con mayores puntajes generales pueden seleccionarse con base en criterios particulares de tipo ambiental y de uso. Dos enfoques multicriterio se usaron para priorizar especies de árboles, arbustos y pastos para la estabilización de barrancos y riberas en el suroeste de Etiopía (Talema et al. 2017).

Se ha desarrollado recientemente una herramienta de apoyo para decidir la selección de especies de árboles en sistemas agroforestales de café y cacao en Uganda y Ghana, con aplicación potencial en otros países (van der Wolf et al. 2017). Esta herramienta ayuda a seleccionar especies de árboles tolerantes a la sombra dadas las condiciones locales y las necesidades y preferencias de los pequeños agricultores, a la vez que brindan servicios ecosistémicos en las parcelas locales del paisaje circundante (Figura 13). Los usuarios de esta herramienta son funcionarios que trabajan con cooperativas y proyectos de desarrollo rural. La herramienta se basa en el conocimiento y experiencia de los agricultores locales, quienes calificaron las especies de árboles de acuerdo a los servicios que proveen, calidad de sombra, habilidad para resistir enfermedades o la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo. Se pueden seleccionar uno o más servicios del ecosistema como criterio de selección de las especies (van der Wolf et al. 2017).

Meli et al. (2014) combinaron cinco criterios para llegar a un índice de selección de especies para la restauración de bosques de las márgenes de ríos: (1) importancia de la especie en el bosque referencia; (2) potencial de la regeneración natural subsiguiente a la perturbación; (3) amplitud del hábitat; (4) aceptación social; y (5) requisitos de propagación en términos de tiempo e inversión financiera. Una ventaja de este procedimiento de selección es la independencia de los cinco criterios y la posibilidad de seleccionar diferentes especies en proyectos con diferentes objetivos de restauración. Del mismo modo, el conocimiento local y las percepciones sobre la importancia y los usos de las especies arbóreas se tienen en cuenta en las decisiones de restauración.

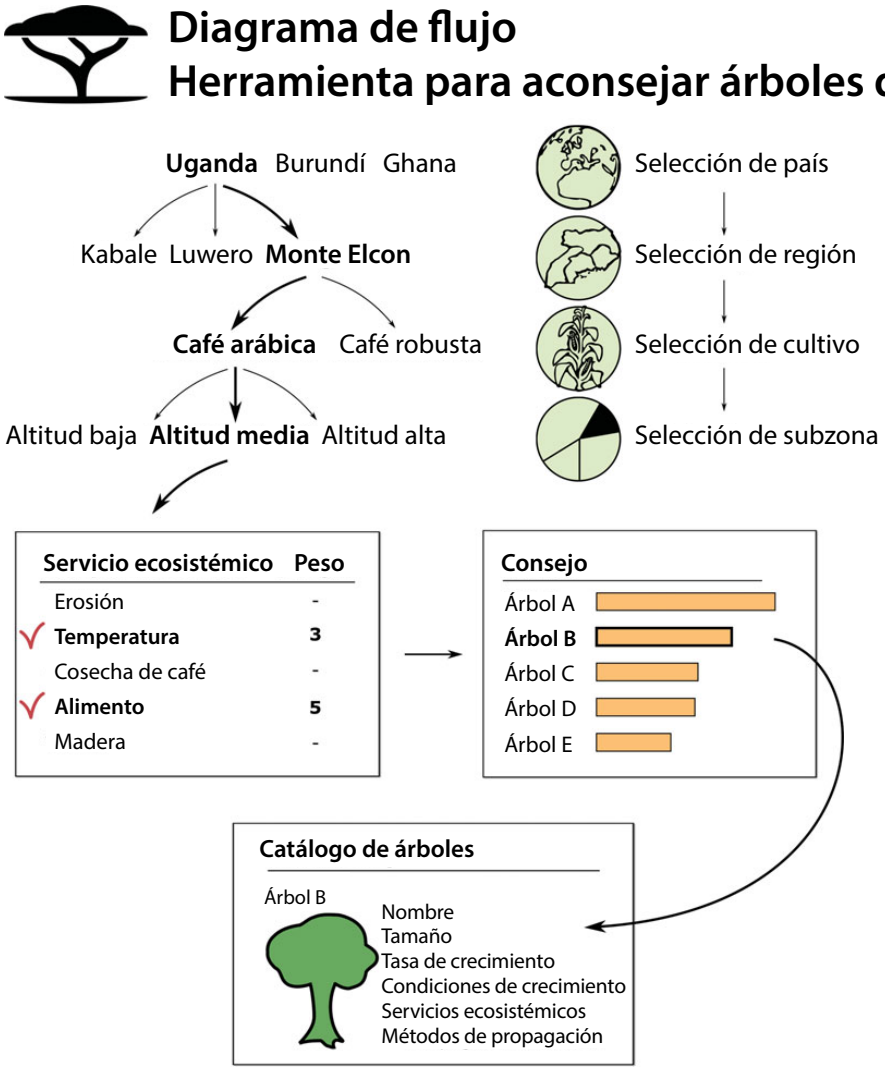


Figura 13. Diagrama de flujo de los pasos que toma un usuario al emplear una herramienta de apoyo a las decisiones para la selección de árboles en pequeñas fincas cafeteras.

Fuente: van der Wolf et al. (2017, Figura 2).

Los rasgos funcionales de las plantas brindan criterios útiles para la selección de especies de árboles a plantar bajo condiciones particulares y para asegurar que las especies seleccionadas varíen en sus funciones ecológicas. Se emplearon medidas de 10 rasgos de 118 especies de árboles nativos para seleccionar especies prioritarias para restaurar bosques en Serra dos Carajás en Pará, Brasil (Giannini et al. 2016). La lista de rasgos incluyó modo de dispersión de semillas, polinización, características de crecimiento, distribución geográfica, endemismo, ocurrencia de afloramientos con altos niveles de hierro y finalmente, usos por parte de los habitantes del lugar. Mediante el uso de escalas no métricas multidimensionales (ENMM), se puede seleccionar un subconjunto de especies para su uso en plantaciones de restauración que maximicen la diversidad funcional (alta variabilidad) así como la adaptación local y el valor de uso. Este enfoque puede ser adaptado con facilidad a especies de árboles en otras regiones para seleccionar grupos de especies locales para las plantaciones de restauración que maximizarán la diversidad funcional y las interacciones ecológicas con la fauna local.

4.5 Observaciones finales

Ya sea que el objetivo sea priorizar las especies a plantar en condiciones específicas o priorizar áreas para optimizar las intervenciones de restauración, las herramientas de apoyo multicriterio

permiten un enfoque sistemático, transparente y multidimensional para la toma de decisiones. Para que sea efectivo, el criterio y uso de datos en estos modelos debe ser escogido con cuidado de forma que refleje los principales objetivos de la restauración, y para optimizar el balance entre ventajas y desventajas. Sin embargo, hasta la mejor herramienta puede fallar en superar las limitaciones de resolución espacial de los datos disponibles. Los resultados de una priorización de escala gruesa pueden fallar por lo tanto en indicar resultados potencialmente óptimos de la restauración en las unidades de manejo, donde las condiciones que varían a pequeñas escalas espaciales al final influyen en los resultados de la intervención y en el desempeño a largo plazo de diferentes especies de árboles.

5 Conclusión: Síntesis y perspectiva

5.1 Herramientas, ¿para qué y para quién?

Las herramientas se utilizan para construir y reparar cosas, pero no son eficaces sin un objetivo claro y sin un plan de acción. Usar la herramienta incorrecta puede ser contraproducente y un derroche tanto de tiempo como de dinero. En el caso de la RPF, el plan puede ser un marco o una progresión de pasos y actividades para guiar una implementación a largo plazo y una gestión adaptativa. Antes de emprender la implementación, se pueden hacer modelos de escenarios que indiquen dónde y cómo los resultados cumplirían mejor los objetivos al menor costo o con la mayor factibilidad. Los pasos para la planeación e implementación se rigen por los principios de RPF, como se describió en el primer capítulo. El proceso empieza con la participación de actores interesados, evaluación de oportunidades de restauración a varias escalas espaciales, y la construcción de consenso respecto a los objetivos de la restauración (Capítulo 2). Estas actividades pueden ir acompañadas del uso de herramientas y modelos de apoyo diseñados para planificar cómo y dónde implementar intervenciones de restauración específicas, y cómo optimizar los resultados de la restauración y la rentabilidad en función de múltiples criterios sociales y ambientales (Capítulo 3). La información que se utiliza en la priorización espacial puede basarse en evaluaciones sobre cantidad, calidad y valor de los servicios del ecosistema y escenarios que describen cómo impactarán las intervenciones de restauración la conservación y distribución de especies de interés. Todo esto con un componente espacial explícito (Capítulo 4).

Un tema importante es quién está usando estas herramientas de apoyo. Los modelos más sofisticados generalmente son utilizados por personal altamente capacitado (que a menudo desarrollan los modelos) que trabajan para organizaciones, agencias gubernamentales o centros de investigación. Sin embargo, algunas de las herramientas más útiles son aquellas que pueden ser utilizadas por profesionales, o incluso las comunidades locales, y que pueden ser entendidas por decisores o personal del gobierno. Entonces, si el objetivo es llegar a los responsables de la formulación de políticas, es más probable que se adopten resultados de modelos relativamente simples, siempre que estén claramente documentados, publicados y hayan sido validados para revelar sus limitaciones (Ruckelshaus et al. 2015). Adicionalmente, las herramientas simples de libre acceso, como InVEST, ayudan a facilitar un proceso iterativo ya que los expertos locales pueden entrenarse en el uso de modelos y brindar apoyo técnico continuo. Más aun, la credibilidad de la información del modelo que se ofrece a los tomadores de decisiones mejora mucho en los casos en que los investigadores involucrados tienen papeles de liderazgo en brindar información a ingresar en el modelo, o en interpretar y traducir los resultados del modelo (Ruckelshaus et al. 2015).

5.2 El poder de la visualización

La visualización es una herramienta poderosa para alcanzar consenso, negociar y evaluar futuros escenarios en un paisaje (Boedhihartono 2012). Los ejercicios de visualización, como los dibujos y mapeos inteligentes, pueden mejorar la comunicación y participación de las partes interesadas, así como estimular el diálogo constructivo sobre escenarios de restauración con diseñadores de políticas. El mapeo inteligente es un método utilizado para explorar escenarios utilizando dibujos generados por computador con base en una colección de símbolos e íconos. Se puede crear una variedad de escenarios de paisaje de forma más estandarizada, en comparación con un dibujo hecho a mano, haciendo que las imágenes sean más atractivas para los funcionarios de gobierno, representantes del sector privado y otras partes interesadas. El mapeo inteligente puede usarse como una herramienta para explorar escenarios de paisaje con diseñadores de políticas, y para ayudar a entender los motores importantes de cambio en el paisaje. Por ejemplo, la figura 14 muestra dibujos del paisaje elaborados por pobladores del este de Sudán,



Paisaje en la actualidad



Vesrsión de futuro de acuerdo a las mujeres



Versión de futuro de acuerdo a los hombres

Figura 14. Mapas inteligentes creados por los pobladores en Sudan Este.

Fuente: Boedhihartono (2012).

y los dibujos de dos futuros alternativos del mismo paisaje; uno corresponde a la visión de las mujeres y otro a la de los hombres. Las mujeres prefirieron un camino que une árboles de mango con los mercados, ya que el mango seco y la mermelada de mango contribuyen a sus ingresos. Los hombres pusieron más fuentes de energía en su paisaje alternativo, además de más árboles en las plantaciones y de un centro deportivo. El ejercicio de mapeo inteligente ayudó a que las comunidades alcanzaran un acuerdo con un plan de acción, el cual fue implementado luego con la asistencia del gobierno local y de organizaciones internacionales.

Los dibujos y las evaluaciones clasificadas también se pueden usar como líneas de base para monitorear el cambio de formas que registran y comunican diversos valores las personas dentro del paisaje. Los dibujos pueden archivarse y visualizarse después de varios años para ilustrar cómo han cambiado los escenarios, brindando amplias oportunidades para el debate y la evaluación (Boedhihartono 2012). Los dibujos pueden complementarse con fotografías, videos o mapeo inteligente. La Metodología de Evaluación de Resultados del Paisaje (MERP) ha sido utilizada por el Fondo Mundial para la Naturaleza para medir, monitorear y comunicar los cambios de un paisaje a lo largo del tiempo. Este enfoque se basa en la calificación de cinco bienes: natural, humano, físico (construcción), social y financiero, los cuales se identifican en un proceso participativo y registrado en diagramas de radar. La repetición de los análisis a lo largo del tiempo puede mostrar cómo han cambiado las calificaciones de los bienes y los balances entre estos (Aldrich y Sayer 2007).

5.3 La teoría de cambio en la RPF

El proceso de RPF no es ni ordenado ni lineal, y requiere de suficiente impulso, guía y apoyo por parte del sector público y privado para superar obstáculos, crisis, impactos y sus complejas reverberaciones que afectan los sectores políticos, económicos, sociales y ecológicos. Claramente, son clave el manejo adaptativo, el monitoreo y la participación activa de los actores interesados para viabilizar a largo plazo el éxito de la RPF y de otros enfoques de manejo paisajístico (Reed et al. 2017; Sayer et al. 2017). Es posible que haya que modificar los objetivos originales que motivaron las intervenciones de restauración en respuesta a factores externos o internos, incluido el cambio climático, los desastres naturales, los instrumentos jurídicos, la migración, los arreglos de financiación y las políticas de tenencia de la tierra. Por lo tanto, la RPF necesita de una teoría de cambio (Weiss 1997; Sayer et al. 2017). La visualización y conceptualización de la RPF son fases tempranas en el proceso (Stanturf et al. 2017), pero con el tiempo estos pasos deben ser revisados. La necesidad del manejo flexible y adaptativo es difícil de reconciliar con la longevidad de los árboles y las grandes escalas de tiempo que se requieren para alcanzar la totalidad de los beneficios esperados de las intervenciones de restauración. Es posible que los indicadores de éxito necesiten concentrarse en valores *proxy* de corto plazo para estimar éxito a largo plazo. Estos factores necesitan tomarse en cuenta al planear intervenciones que potencialmente pueden redirigirse hacia objetivos diferentes. Una teoría de cambio define un camino esperado entre una intervención y su impacto final, y expone las suposiciones que sustentan los resultados previstos. Se necesitan diferentes indicadores y mediciones en varias etapas a lo largo del proceso para informar sobre el progreso y la toma de decisiones (Sayer et al. 2017). Idealmente, los habitantes locales tienen suficiente capacidad, organización y recursos financieros para convertirse en quienes desarrollan los indicadores y las mediciones que permitirán el manejo adaptativo de las intervenciones de restauración.

La RPF necesita enfoques innovadores para transformar problemas en soluciones. Se deben afianzar los retornos financieros a corto plazo en las etapas tempranas de las intervenciones de RPF, brindando tiempo para que se acumulen los beneficios de biodiversidad y servicios del ecosistema. Un ejemplo es la siembra intercalada de árboles de corta rotación de *Eucalyptus* con especies nativas en plantaciones con fines de restauración. Los ingresos económicos provenientes de la corta rotación compensan los costos de plantación y mantenimiento de las plantaciones. Al aprovechar las hileras de *Eucalyptus* se favorece el crecimiento de las especies de árboles nativos plantados y regenerados naturalmente (Brancalion y van Melis 2017).

5.4 Nuevas fronteras para las herramientas de apoyo a la toma de decisiones de RPF

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la RPF proliferan rápidamente en la actualidad y es probable que al momento de la publicación de este informe, hayan sido desarrolladas y puestas en uso más herramientas. Actualmente hay herramientas

desarrolladas para seleccionar criterios e indicadores para el monitoreo de resultados de la restauración a escalas de paisaje y escala nacional (Buckingham et al. 2017) y para realizar análisis económicos y de políticas en apoyo a la restauración (Ding et al. 2017). Pocas herramientas de apoyo brindan, sin embargo, guía para el monitoreo de los resultados de diferentes intervenenciones de restauración. El monitoreo participativo que involucra a los habitantes locales y a los investigadores y profesionales podría satisfacer las necesidades de monitorear resultados a escalas múltiples. Una reciente revisión por Evans y Guariguata (2016) revela vacíos en las herramientas de apoyo a la toma de decisiones a escala de paisaje. La mayoría de las herramientas se concentran en una escala gruesa en lugar de una escala fina dentro de paisajes, que es donde sucede la implementación y donde los costos y beneficios de la restauración tienen impactos directos.

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones son una interfaz importante entre la ciencia, la política y la práctica en el ámbito de la RPF. A medida que crece la ciencia de la restauración, se pueden utilizar nuevos conocimientos para desarrollar nuevas y mejores herramientas de soporte que sean más accesibles y fáciles de usar. Por ejemplo, los modelos para predecir la capacidad y la calidad de la regeneración natural en la región Bosque Atlántico de Brasil se están aplicando en los esfuerzos de planificación de restauración (Chazdon 2017). Del mismo modo, los nuevos estudios sobre el papel de la gobernanza, la motivación intrínseca y los mecanismos institucionales dará información para el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones respecto al compromiso de las partes interesadas en la planeación e implementación, y para el desarrollo de políticas concernientes a la repartición de los beneficios públicos resultado de las actividades de restauración al interior de los paisajes. En cuanto al aspecto económico, se requiere más información sobre costos de la restauración y sus determinantes espaciales, de manera que la planeación de la restauración pueda incorporar análisis de la relación costo-efectividad de las intervenciones.

Los desarrollos adicionales de la metodología ROAM puden brindar más guía sobre los diferentes modelos de restauración y los resultados ecológicos y económicos que de ella se esperan. Las áreas de las herramientas de apoyo a la toma de decisiones que requieren mejora son: el dinamismo del almacenaje de carbono en diferentes escenarios de restauración, la incorporación de datos de biodiversidad y el desarrollo de escenarios de los beneficios económicos de las intervenciones de restauración en relación a la seguridad alimentaria y el soporte a los medios de vida locales.

A pesar de los muchos modelos y herramientas disponibles para apoyar la planificación sistemática de la restauración, los aspectos sociales siguen siendo poco considerados en comparación con los aspectos biofísicos. Sabemos mucho más sobre el suministro actual o potencial de servicios ecosistémicos que sobre cómo los utilizan las partes interesadas, cómo estos servicios respaldan los medios de subsistencia, cómo y qué personas participan en la coproducción de los servicios y cómo los flujos de los servicios están influenciados por la gobernanza y relaciones de poder locales (Lele y Srinivasan 2013; Paudyal et al. 2016). El mapeo de los paisajes en términos sociales denota un gran potencial para entender cómo se toman decisiones, y cómo los aspectos de género, raza y clase social influyen en el acceso, derechos y poder en las decisiones sobre uso del suelo, aspecto central en la planeación e implementación de la restauración (Buckingham et al. 2017). El análisis de las redes y de las relaciones de poder brindan información crítica para el desarrollo de modelos con base en agentes del cambio (*agent based*) bajo diferentes escenarios de restauración (Baynes et al. 2016).

La restauración participativa compromete a las partes interesadas en todas las fases del proceso de restauración, incrementando así la confianza y transparencia y dando como resultado una mayor probabilidad de alcanzar el éxito duradero. Un marco para la restauración participativa traza cuatro pasos principales en que las partes interesadas pueden involucrarse activamente: planeación conceptual, actividades de preparación, implementación, y evaluación y monitoreo (Derak et al. 2017; Figura 15). Dicho marco se ha puesto a prueba en el norte de África, confirmando que un programa participativo bien diseñado estimula a las partes interesadas a involucrarse en actividades de restauración (Derak et al. 2017).

El Programa de Restauración Cooperativa del Paisaje Forestal, ordenado por el Congreso de los Estados Unidos en el año 2009, busca estimular la restauración colaborativa con base científica en paisajes forestales prioritarios al interior de bosques bajo jurisdicción del servicio forestal de los EE. UU. (Urgenson et al. 2017). Urgenson et al. (2017) exploraron los complejos procesos socioecológicos



Figura 15. Un marco propuesto para la restauración participativa en áreas rurales de África del Norte.

Fuente: Derak et al. (2017, Figura 1).

involucrados en el desarrollo de una visión compartida de la restauración colaborativa en paisajes de bosques adaptados al fuego en el oeste de Estados Unidos. En su estudio de seis programas colaborativos de RPF se expusieron tres categorías amplias de dificultades: alcanzar objetivos múltiples, capacidad colaborativa y confianza, y la integración de la ciencia de la ecología con los valores sociales en la toma de decisiones. La colaboración obligatoria puede alentar el compromiso de las partes interesadas y renovar el compromiso para superar conflictos anteriores, pero también puede conducir a un mayor escrutinio y tensiones para ajustarse al proceso de colaboración (Monroe y Butler 2016).

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones se basan en gran medida en los datos de cobertura terrestre, que a menudo se derivan de imágenes satelitales o fotografías aéreas. Sin embargo, estas fuentes de datos no proporcionan mucha información cualitativa y cuantitativa sobre la fauna y la flora asociada con tal cobertura, incluso si se miden a alta resolución espacial (Dirzo et al. 2014). Como resultado, se carece de información importante sobre la multifuncionalidad de los paisajes existentes, y cómo estas funciones podrían verse afectadas por las intervenciones de restauración (Turner et al. 2016). La investigación sobre los efectos de la configuración y la estructura del paisaje, así como sobre la composición de las especies de plantas y animales, es de importancia crítica para guiar la planificación de la restauración basada en datos de teledetección (Pardini et al. 2010; Banks-Leite et al. 2014).

Aunque el umbral para clasificar la degradación es muy subjetivo, la degradación es a menudo el punto central de la evaluación de las oportunidades e intervenciones de restauración. La degradación se ve como "el problema", y la restauración es vista como "la solución". Pero la restauración no es el objetivo; más bien, es el medio para lograr objetivos múltiples. En realidad, el problema es la falta de seguridad alimentaria, inadecuado suministro de agua, alto riesgo de incendios catastróficos, cambio climático y pérdida de especies. Los programas de RPF bien planeados pueden ayudar en gran medida a resolver estos problemas sin la necesidad de costosas y subjetivas evaluaciones de degradación de la tierra. Más aun, las evaluaciones de

degradación de la tierra puede ser erróneas si no toman en cuenta las trayectorias de los procesos de recuperación del bosque (Chazdon et al. 2016; Ghazoul y Chazdon 2017). La percepción de lo que significa para algunos degradación puede ser diferente de la percepción de otros. Las narrativas de "falsa degradación" pueden emplearse para convertir bosque secundario en un área reforestada con especies exóticas en monocultivo bajo la premisa de que la restauración mejorará los servicios del ecosistema, brindará trabajo y mejorará los medios de vida de los habitantes locales (Hajdu et al. 2016). Hajdu y Fischer (2017) desarrollaron un marco para analizar las narrativas de degradación que pueden utilizarse para explorar hasta dónde se basan en resultados concretos. El marco se aplicó a las narrativas de degradación en relación a las intervenciones relacionadas con el carbono forestal, pero pueden aplicarse a cualquier caso específico en que se hayan citado problemas y soluciones relacionados con la degradación. El marco está diseñado para usarse fácilmente y para ayudar a los profesionales, investigadores y diseñadores de políticas a distinguir entre casos genuinos de degradación ambiental y reclamos no válidos de degradación que sirven para promover el estrecho interés de actores en particular.

Una visión alternativa de la noción de que cuando se planifican intervenciones de restauración la degradación es el índice más apropiado a usar, es centrarse en cambio en áreas donde se pueden lograr múltiples beneficios de restauración a un costo mínimo. Muchos de los enfoques de priorización espacial discutidos en el Capítulo 4 identificaron áreas donde los beneficios sociales y ambientales de la restauración son probablemente altos, y donde la restauración también es factible. Por ejemplo, la regeneración natural ocurre con mayor probabilidad en áreas de baja degradación del suelo cercanas a parches de bosque (Chazdon y Guariguata 2016). En áreas con suelo altamente degradado y distantes de parches de bosque, se necesitaría plantar árboles de especies nativas para restaurar los ecosistemas forestales. Desde una perspectiva de paisaje, sin embargo, estas áreas altamente degradadas pueden rehabilitarse con agrobosques, pequeñas plantaciones maderables o plantaciones de especies nativas que podrían brindar medios de vida y servicios ecosistémicos a las comunidades locales y podrían brindar retornos financieros mayores en relación a la inversión.

5.5 Dificultades para operacionalizar la RPF

El enfoque de paisaje ha ganado tracción en la agenda de desarrollo sostenible como una forma de superar las limitaciones de los enfoques sectoriales, para abordar las ventajas y desventajas al interior de unidades espaciales, y para permitir un entendimiento más profundo del cambio y resiliencia de los sistemas socioecológicos (Freeman et al. 2015; Bürgi et al. 2017). Pero, ¿cómo operacionalizar un enfoque de paisaje como la RPF? Esta pregunta la plantea mejor Turner et al. (2016, 202): "¿Podemos imaginar varios escenarios realistas y probables e implementar, hacer cumplir y mantener diligentemente las políticas y prácticas necesarias para lograr esos escenarios que colectivamente decidamos que son más deseables?" Y, ¿cómo sabemos cuándo hemos alcanzado esta visión?

Una de las dificultades para poner en acción el marco conceptual de los enfoques de paisaje es que la noción de paisaje es espacial y está arraigada en un patrón geográfico definido que no transmite un significado práctico de gestión, control, propiedad o política dentro de este espacio físico (McCall 2016). McCall (2016, 62) propone ver los paisajes como *territorios* definidos como "espacios geográficos donde una sociedad y/o entidad política da forma, influye y controla las actividades sociales y el acceso a los recursos". Tanto los paisajes como los territorios son espacios geográficos que algunas veces coinciden, pero los paisajes son entidades biofísicas, en tanto que los territorios son entidades políticas y sociales. La noción misma de paisaje no se adecua fácilmente como una forma operativa en que las transacciones, posesiones, límites de propiedad, derechos políticos y reglas que gobiernan las actividades diarias. El concepto de paisaje posee una *ambigüedad constructiva* que significa que es atractivo y de amplio uso, pero no hay consenso sobre su significado en la práctica (Sayer et al. 2013; Freeman et al. 2015).

Los principios y directrices pueden apuntar a criterios, indicadores y estándares de RPF, pero hasta ahora, solo tenemos los principios y algunas pautas dispersas (Brancalion y Chazdon 2017). Aunque existen antecedentes históricos, la RPF es un enfoque relativamente nuevo al manejo de tierras y a la restauración. Para promover la implementación de la RPF a gran escala, y para

estimular la inversión privada y pública de largo plazo en la planeación e implementación de la RPF, habrán de necesitarse criterios e indicadores para asegurar que los principios se sostengan, con el fin de reducir los riesgos de fracaso y para maximizar oportunidades de crear un cambio duradero.

Freeman (2015) concentró su estudio en cinco conceptos que caracterizan un enfoque integrado de paisaje, como la RPF, basado en una revisión sistemática de la literatura científica: multifuncionalidad, interdisciplinariedad, participación, complejidad y sostenibilidad.

En la práctica, los enfoques integrados de paisaje involucrarán las ventajas y desventajas para alcanzar la multifuncionalidad. Cada uno de estos conceptos puede definirse claramente de formas que son medibles, brindando así una forma para ponerlos en marcha. Se requiere de nuevos esfuerzos para concentrarse en la forma de transformar estos conceptos en indicadores, criterios y estándares con relevancia para los contextos locales. Estos indicadores y estándares pueden usarse para monitorear y evaluar los resultados en el paisaje, así como para guiar las acciones de implementación para alcanzar los múltiples objetivos de la RPF.

Referencias

Abbas S, Nichol JE y Fischer GA. 2016. A 70-year perspective on tropical forest regeneration. *Science of The Total Environment* 544:544–52.

Adame M, Hermoso V, Perhans K, Lovelock C y Herrera-Silveira J. 2015. Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services. *Conservation Biology* 29:493–502.

Ager AA, Vogler KC, Day MA y Bailey JD. 2017. Economic opportunities and trade-offs in collaborative forest landscape restoration. *Ecological Economics* 136:226–239.

Aldrich M y Sayer J. 2007. *Landscape Outcomes Assessment Methodology "LOAM" – In Practice*. WWF Forests for Life Program. UICN, Gland, Suiza. Consultado el 13 de ocubre, 2017. http://wwf.panda.org/?120980/Landscape-Outcome-Assessment-Methodology-LOAM-in-Practice

Armsworth PR. 2014. Inclusion of costs in conservation planning depends on limited datasets and hopeful assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1322:61–76.

Arroyo-Rodriguez V, Melo F, Martinez-Ramos M, Bongers F, Chazdon R, Meave J, Norden N, Santos B, Leal I y Tabarelli M. 2017. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: New insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews* 92:326–340.

Bagstad K, Villa F, Batker D, Harrison-Cox J, Voigt B y Johnson G. 2014. From theoretical to actual ecosystem services: Mapping beneficiaries and spatial flows in ecosystem service assessments. *Ecology and Society* 19(2):64.

Bagstad KJ, Semmens DJ, Waage S y Winthrop R. 2013. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosystem Services* 5:27–39.

Ball AA, Gouzerh A y Brancalion PH. 2014. Multi-scalar governance for restoring the Brazilian Atlantic Forest: A case study on small landholdings in protected areas of sustainable development. *Forests* 5:599–619.

Ball IR, Possingham HP y Watts M. 2009. Forest rehabilitation in Indonesia: Where to after three decades? *En:* Moilanen A, Wilson KA y Possingham HP, eds. *Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools*. Oxford, UK: Oxford University Press. 185–95.

Banks-Leite C, Pardini R, Tambosi LR, Pearse WD, Bueno AA, Bruscagin RT, Condez TH, Dixo M, Igari AT y Martensen AC. 2014. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science* 345:1041–45.

Baral H, Guariguata MR y Keenan RJ. 2016. A proposed framework for assessing ecosystem goods and services from planted forests. *Ecosystem Services* 22:260–268.

Baral H, Keenan RJ, Sharma SK, Stork NE y Kasel S. 2014. Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria, Australia. *Ecological Indicators* 36:552–562.

Barlow J, Gardner TA, Araujo IS, Avila-Pires TC, Bonaldo AB, Costa JE, Esposito MC, Ferreira LV, Hawes J, Hernandez MIM, et al. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary and plantation forests. *PNAS* 104:18555–18560.

Barnett A, Fargione J y Smith MP. 2016. Mapping trade-offs in ecosystem services from reforestation in the Mississippi alluvial valley. *BioScience* 66:223–237.

Barr CM y Sayer JA. 2012. The political economy of reforestation and forest restoration in Asia–Pacific: Critical issues for REDD+. *Biological Conservation* 154:9–19.

Baynes J, Herbohn J y Dressler W. 2016. Power relationships: Their effect on the governance of community forestry in the Philippines. *Land Use Policy* 54:169–76.

Birch JC, Newton AC, Aquino CA, Cantarello E, Echeverría C, Kitzberger T, Schiappacasse

I y Garavito NT. 2010. Cost-effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services. *PNAS* 107:21925–21930.

Boedhihartono AK. 2012. *Visualizing sustainable landscapes: Understanding and negotiating conservation and development trade-offs using visual techniques.* Gland, Suiza: UICN.

Boumans R, Roman J, Altman I y Kaufman L. 2015. The Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services (MIMES): Simulating the interactions of coupled human and natural systems. *Ecosystem Services* 12:30–41.

Brancalion PH y Chazdon RL. 2017. Beyond hectares: Four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration. *Restoration Ecology* 25:491–96.

Brancalion PHS y van Melis J. 2017. On the need for innovation in ecological restoration. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 102:227–36.

Breckheimer I, Haddad NM, Morris WF, Trainor AM, Fields WR, Jobe R, Hudgens BR, Moody A y Walters JR. 2014. Defining and evaluating the umbrella species concept for conserving and restoring landscape connectivity. *Conservation Biology* 28:1584–1593.

Bryan BA, Perry L y Gerner D. 2004. An interactive spatial optimisation tool for systematic landscape restoration. International Congress on Environmental Modelling and Software. 47. https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2004/all/47 Consultado el 22 de mayo de 2017.

Buckingham K, Ray S, Arakwiye B, Morales AG, Singh R, Maneerattana D, Wicaksono S y Chrysolite H. 2018. *Mapping social landscapes: A guide to restoration opportunities mapping.* Washington, DC: Instituto de Recursos Mundiales.

Buckingham K, Ray S, Stolle F y Zoveda F. 2017. *Measuring progress for forest and landscape restoration.* Working Paper Version 1.0. Washington, DC: Instituto de Recursos Mundiales y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Budiharta S, Meijaard E, Wells JA, Abram NK y Wilson KA. 2016. Enhancing feasibility: Incorporating a socio-ecological systems framework into restoration planning. *Environmental Science and Policy* 64:83–92.

Bullock JM y Ding H. 2018. *A guide to selecting ecosystem service models for decision-making: Lessons from sub-Saharan Africa*. Washington, DC: Instituto de Recursos Mundiales.

Bürgi M, Ali P, Chowdhury A, Heinimann A, Hett C, Kienast F, Mondal MK, Upreti BR y Verburg PH. 2017. Integrated Landscape Approach: Closing the gap between theory and application. *Sustainability* 9:1371.

Carwardine J, Hawkins C, Polglase P, Possingham HP, Reeson A, Renwick AR, Watts M y Martin TG. 2015. Spatial priorities for restoring biodiverse carbon forests. *BioScience* 65:372–82.

Cerbu GA, Swallow BM y Thompson DY. 2011. Locating REDD: A global survey and analysis of REDD readiness and demonstration activities. *Environmental Science & Policy* 14:168–80.

Chazdon RL. 2017. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 102:251–57.

Chazdon RL. 2014. *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. Chicago: University of Chicago Press.

Chazdon RL. 2013. Making tropical succession and landscape reforestation successful. *Journal of Sustainable Forestry* 32:649–58.

Chazdon RL y Guariguata MR. 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. *Biotropica* 48:716–30.

Chazdon RL, Brancalion PH, Lamb D, Laestadius L, Calmon M y Kumar C. 2017. A policy-driven knowledge agenda for global forest and landscape restoration. *Conservation Letters* 10:125–32.

Chazdon RL, Brancalion PH, Laestadius L, Bennett-Curry A, Buckingham K, Kumar C, Moll-Rocek J, Vieira ICG y Wilson SJ. 2016. When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. *Ambio* 45:538–50.

Chokkalingam U, Carandang AP, Pulhin JM, Lasco RD, Peras RJJ y Toma T. 2006. *One century of forest rehabilitation in the Philippines: Approaches, outcomes and lessons.* Bogor, Indonesia: CIFOR.

Christin ZL, Bagstad KJ y Verdone MA. 2016. A decision framework for identifying models to estimate forest ecosystem services gains from restoration. *Forest Ecosystems* 3:1–12.

Ciecko L, Kimmett D, Saunders J, Katz R, Wolf KL, Bazinet O, Richardson J, Brinkley W y Blahna DJ. 2016. *Forest Landscape Assessment Tool (FLAT): Rapid assessment for*

land management. General technical report. PNW-GTR-941. Portland, Oregón: Servicio Forestal de los Estados Unidos, Estación de Investitgación Pacífico Noroeste.

Costanza R, D'arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV y Paruelo J. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.

Crossman ND y Bryan BA. 2009. Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing landscape multifunctionality. *Ecological Economics* 68:654–68.

Crossman ND y Bryan BA. 2006. Systematic landscape restoration using integer programming. *Biological Conservation* 128:369–83.

Crouzeilles R, Beyer HL, Mills M, Grelle CE and Possingham HP. 2015. Incorporating habitat availability into systematic planning for restoration: A species-specific approach for Atlantic forest mammals. *Diversity and Distributions* 21:1027–37.

Daily GC. 1997. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC: Island Press.

De Ridder W, Turnpenny J, Nilsson M y Von Raggamby A. 2007. A framework for tool selection and use in integrated assessment for sustainable development. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 9:423–41.

Derak M, Cortina J, Taiqui L y Aledo A. 2017. A proposed framework for participatory forest restoration in semiarid areas of North Africa. *Restoration Ecology.* DOI: 10.1111/rec.12486

Ding H, Faruqi S, Wu A, Altamirano JC, Anchondo Ortega A, Verdone M, Zamora Cristales R, Chazdon R y Vergara W. 2017. *Roots of prosperity: The economics and finance of restoring land*. Washington, DC: Instituto de Recursos Mundiales.

Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJ y Collen B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345:401–6.

Douthwaite B, Alvarez S, Cook S, Davies R, George P, Howell J, Mackay R y Rubiano J. 2007. Participatory impact pathways analysis: a practical application of program theory in research-for-development. *The Canadian Journal of Program Evaluation* 22:127.

Duarte GT, Ribeiro MC Y Paglia AP. 2016. Ecosystem services modeling as a tool for defining priority areas for conservation. *PLoS One* 11:e0154573.

Evans K y Guariguata MR. 2016. *Success from the ground up: Participatory monitoring and forest restoration*. Occasional Paper 169. Bogor, Indonesia: CIFOR.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. *Free, prior, informed consent: An indigenous peoples' right and a good practice for local communities.* Practitioners manual. Roma: FAO.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. *Country report for Malawi*. Roma: FAO. Consultado el 3 de mayo, 2017. http://www.fao.org/docrep/013/al557E/al557E.pdf.

[FAO y CNULD] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Mecanismo Global del Convenio de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación. 2015. *Sustainable financing for forest and landscape restoration: Opportunities, challenges and the way forward*. Documento de discusión. Roma: FAO Y CNULD.

Farber S, Costanza R, Childers DL, Erickson J, Gross K, Grove M, Hopkinson CS, Kahn J, Pincetl S, Troy A, Warren P y Wilson M. 2016. Linking ecology and economics for ecosystem management. *BioScience* 56:121–133.

Faruqi S y Landsberg F. 2017. *Attracting private investment to landscape restoration: A roadmap*. Washington, DC: World Resources Institute. Consultado el 4 de abril del 2017. http://www.wri.org/publication/attracting-private-investment-to-landscape-restoration

Fernández IC y Morales NS. 2016. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: A case study from the Chilean biodiversity hotspot. *Restoration Ecology* 24:599–608.

Freeman OE, Duguma LA y Minang PA. 2015. Operationalizing the integrated landscape approach in practice. *Ecology and Society* 20:24ff.

Garcia C, Dray A y Waeber P. 2016. Learning begins when the game is over: using games to embrace complexity in natural resources management. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society* 25:289–91.

García-Barrios L, García-Barrios R, Waterman A y Cruz-Morales J. 2011. Social dilemmas and individual/group coordination strategies in a complex rural land-use game. *International Journal of the Commons* 5:364–87.

Gardner TA, Barlow J, Chazdon R, Ewers RM, Harvey CA, Peres CA y Sodhi NS. 2009. Prospects for tropical forest biodiversity in a human modified world. *Ecology Letters* 12:561–582.

Ghazoul J y Chazdon RL. 2017. Degradation and recovery in changing forest landscapes: A multi-scale conceptual framework. *Annual Review of Environment and Resources* 42:161–88.

Giannini TC, Giulietti AM, Harley RM, Viana PL, Jaffe R, Alves R, Pinto CE, Mota NF, Caldeira CF y Imperatriz-Fonseca VL. 2017. Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using a multiple-trait approach. *Austral Ecology* 42:510–21.

Gimona A y Van Der Horst D. 2007. Mapping hotspots of multiple landscape functions: A case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape Ecology* 22:1255–64.

Gourevitch JD, Hawthorne PL, Keeler BL, Beatty CR, Greve M y Verdone MA. 2016. Optimizing investments in national-scale forest landscape restoration in Uganda to maximize multiple benefits. *Environmental Research Letters* 11:114027.

Gregorio N, Herbohn J, Harrison S, Pasa A y Ferraren A. 2017. Regulating the quality of seedlings for forest restoration: Lessons from the National Greening Program in the Philippines. *Small-scale Forestry* 16:83–102.

Greve M, Reyers B, Lykke AM y Svenning J-C. 2013. Spatial optimization of carbon-stocking projects across Africa integrating stocking potential with co-benefits and feasibility. *Nature Communications* 4: 2975

Hajdu F y Fischer K. 2017. Problems, causes and solutions in the forest carbon discourse: A framework for analysing degradation narratives. *Climate and Development* 9:537–47.

Hajdu F, Penje O y Fischer K. 2016. Questioning the use of 'degradation' in climate mitigation: A case study of a forest carbon CDM project in Uganda. *Land Use Policy* 59:412–22.

Han Z, Song W, Deng X y Xu X. 2017. Trade-offs and synergies in ecosystem service within the Three-Rivers headwater region, China. *Water* 9:588.

Holmgren M y Scheffer M. 2017. To tree or not to tree: Cultural views from ancient Romans to modern ecologists. *Ecosystems* 20:62–8

Iftekhar MS, Polyakov M, Ansell D, Gibson F y Kay GM. 2017. How economics can further the success of ecological restoration. *Conservation Biology* 31:261–268.

Ikin K, Tulloch A, Gibbons P, Ansell D, Seddon J and Lindenmayer D. 2016. Evaluating complementary networks of restoration plantings for landscape-scale occurrence of temporally dynamic species. *Conservation Biology* 30:1027–37.

Instituto Escolhas. 2016. *Quanto é? Plantar Floresta.* San Pablo, Brasil: Instituto Escolhas. Consultado el 7 de octubre de 2017. http://quantoefloresta.escolhas.org

[IPBES] Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2017. *Update on the classification of nature's contributions to people.* Plenary of the Intergovernmental Science-Policy. Platform on Biodiversity and Ecosystem Services 7–10 March 2017, Bonn, Alemania. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/ipbes-5-inf-24.pdf

Kang M y Kim S. 2015. Development of North Korea's reforestation strategies through benchmarking six Asian countries' cases. *Forest Science and Technology* 11:104–10.

Keenleyside K, Dudley N, Cairns S, Hall C y Stolton S. 2012. *Ecological restoration for protected areas: Principles, guidelines and best practices*. Suiza: UICN.

Kennedy CM, Miteva DA, Baumgarten L, Hawthorne PL, Sochi K, Polasky S, Oakleaf JR, Uhlhorn EM y Kiesecker J. 2016. Bigger is better: Improved nature conservation and economic returns from landscape-level mitigation. *Science Advances* 2:e1501021.

Kindt R, Graudal L, Jamnadass R, Lillesø J-PB, Orwa C y van Breugel P. 2015a. Useful tree species for Eastern Africa: A species selection tool based on the VECEA map. Version 2.0. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre. https://www.worldagroforestry.org/publication/useful-tree-species-eastern-africa-species-selection-tool-based-vecea-map-version-20

Kindt R, Ordoñez J, Smith E, Orwa C, Mosoti B, John I, Chege J, Harja D, Kehlenbeck K, Luedeling E, et al. 2015b. *ICRAF Species Switchboard Version 1.2.* Bogor, Indonesia: Centro Internacional de Investigación Agroforestal. http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2304047265

Kukkala AS y Moilanen A. 2013. Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biological Reviews* 88:443–64.

Laestadius L, Buckingham K, Maginnis S y Saint-Laurent C. 2015. Back to Bonn and beyond: A history of forest landscape restoration and an outlook for the future. *Unasylva* 245 66:11–8.

Laestadius L, Maginnis S, Minnemeyer S, Potapov P, Saint-Laurent C y Sizer N. 2012. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva* 62:47–8.

Lagabrielle E, Rouget M, Le Bourgeois T, Payet K, Durieux L, Baret S, Dupont J y Strasberg D. 2011. Integrating conservation, restoration and land-use planning in islands: An illustrative case study in Réunion Island (Western Indian Ocean). *Landscape and Urban Planning* 101:120–30.

Latawiec AE, Crouzeilles R, Brancalion PHS, Rodrigues RR, Sansevero JBB, Dos Santos JS, Mills M, Nave AG y Strassburg BBN. 2016. Natural regeneration and biodiversity: A global meta-analysis and implications for spatial planning. *Biotropica* 48:844–55.

Le HD, Smith C y Herbohn J. 2014. What drives the success of reforestation projects in tropical developing countries? The case of the Philippines. *Global Environmental Change* 24:334–48.

Le HD, Smith C, Herbohn J y Harrison S. 2012. More than just trees: Assessing reforestation success in tropical developing countries. *Journal of Rural Studies* 28:5–19.

Lele S y Srinivasan V. 2013. Disaggregated economic impact analysis incorporating ecological and social trade-offs and techno-institutional context: A case from the Western Ghats of India. *Ecological Economics* 91:98–112.

Locatelli B, Imbach P y Wunder S. 2014. Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica. *Environmental Conservation* 41:27–36.

Lynam T, De Jong W, Sheil D, Kusumanto T y Evans K. 2007. A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society* 12:5.

Macmillan DC, Harley D y Morrison R. 1998. Cost-effectiveness analysis of woodland ecosystem restoration. *Ecological Economics* 27:313–324.

Maginnis S y Jackson W. 2005. Balancing restoration and development. *ITTO Tropical Forest Update* 15:4–6.

Ministerio de Recursos Naturales de Ruanda. 2014. Forest landscape restoration opportunity assessment for Rwanda. Nairobi, Kenya: Minirena, UICN, WRI.

Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minería de Malawi. 2017. Forest Landscape Restoration Opportunities Assessment for Malawi. NFLRA (Malawi), UICN, WRI.

Mansourian S y Vallauri D. 2014. Restoring forest landscapes: Important lessons learnt. *Environmental Management* 53:241–51.

Mansourian S, Stanturf JA, Derkyi MaA y Engel VL. 2017. Forest landscape restoration: Increasing the positive impacts of forest restoration or simply the area under tree cover? *Restoration Ecology* doi: 10.1111/rec.12489

Mansourian S, Vallauri D y Dudley N. 2005. *Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees.* Nueva York: Springer.

Margules CR y Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243.

Martinez-Harms MJ, Bryan BA, Balvanera P, Law EA, Rhodes JR, Possingham HP y Wilson KA. 2015. Making decisions for managing ecosystem services. *Biological Conservation* 184:229–238.

McBride MF, Wilson KA, Burger J, Fang Y-C, Lulow M, Olson D, O'Connell M y Possingham HP. 2010. Mathematical problem definition for ecological restoration planning. *Ecological Modelling* 221:2243–50.

Mccall MK. 2016. Beyond 'landscape' in REDD+: The imperative for 'territory'. *World Development* 85:58–72.

McDonald T, Gann G, Jonson J y Dixon K. 2016. *International standards for the practice of ecological restoration–including principles and key concepts.* Washington, DC: Sociedad para la Restauración Ecológica.

McRae BH, Hall SA, Beier P y Theobald DM. 2012. Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PLoS One* 7:e52604.

MEA. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Meli P, Martínez-Ramos M, Rey-Benayas JM y Carabias J. 2014. Combining ecological, social and technical criteria to select species for forest restoration. *Applied Vegetation Science* 17:744–53.

Mendizabal, E. 2010. The alignment, interest and influence matrix (AIIM) guidance note. ODI Manual/Toolkit. Londres: ODI.

Metzger JP, Esler K, Krug C, Arias M, Tambosi L, Crouzeilles R, Acosta AL, Brancalion PH, D'Albertas F y Duarte GT. 2017. Best

practice for the use of scenarios for restoration planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 29:14–25.

Moilanen A y Kujala H. 2008. Zonation spatial conservation planning framework and software v. 2.0: user manual. Helsinki, Finland: Edita. Consultado el 4 de mayo, 2017. http://www.helsinki.fi/science/metapop/softward.

Monroe AS y Butler WH. 2016. Responding to a policy mandate to collaborate: Structuring collaboration in the collaborative forest landscape restoration program. *Journal of Environmental Planning and Management* 59:1054–72.

Moreno-Mateos D, Barbier EB, Jones PC, Jones HP, Aronson J, López-López JA, Mccrackin ML, Meli P, Montoya D y Rey Benayas JM. 2017. Anthropogenic ecosystem disturbance and the recovery debt. *Nature Communications* 8:14163.

Mulligan M, Guerry A, Arkema K, Bagstad K y Villa F. 2010. Capturing and quantifying the flow of ecosystem services. *En:* Silvestri S y Kershaw F, eds. *Framing the Flow: Innovative Approaches to Understand, Protect and Value Ecosystem Services Across Linked Habitats.* Cambridge, Reino Unido: UNEP World Conservation Monitoring Centre.

Murcia C, Guariguata MR, Andrade Á, Andrade GI, Aronson J, Escobar EM, Etter A, Moreno FH, Ramírez W y Montes E. 2016. Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. *Conservation Letters* 9:213–20.

Naidoo R y Ricketts TH. 2006. Mapping the economic costs and benefits of conservation. *PLoS Biology* 4:2153–2164.

Nawir AA, Murniati y Rumboko L. 2007. *Forest rehabilitation in Indonesia: Where to after three decades?* Bogor, Indonesia: CIFOR.

Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron DR, Chan KMA, Daily GC, Goldstein J y Kareiva PM. 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7:4–11.

Nelson E, Polasky S, Lewis DJ, Plantinga AJ, Lonsdorf E, White D, Bael D y Lawler JJ. 2008. Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. *PNAS* 105(28):9471–9476.

Nunes FS, Soares-Filho BS, Rajão R y Merry F. 2017. Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. *Environmental Research Letters* 12:044022

Orsi F y Geneletti D. 2010. Identifying priority areas for forest landscape restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landscape and Urban Planning* 94:20–30.

Orsi F, Geneletti D y Newton AC. 2011. Towards a common set of criteria and indicators to identify restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecological Indicators* 11:337–47.

Oteros-Rozas E, Martín-López B, Daw T, Bohensky EL, Butler J, Hill R, Martin-Ortega J, Quinlan A, Ravera F, Ruiz-Mallén I et al. 2015. Participatory scenario planning in place-based social-ecological research: insights and experiences from 23 case studies. *Ecology and Society* 20(4):32. http://dx.doi.org/10.5751/ES-07985-200432

Palomo I, Felipe-Lucia MR, Bennett EM, Martín-López B y Pascual U. 2016. Disentangling the pathways and effects of ecosystem service co-production. *Advances in Ecological Research* 54:245–283.

Pardini R, De Arruda Bueno A, Gardner TA, Prado PI y Metzger JP. 2010. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PloS One* 5:e13666.

Pascual U, Balvanera P, Díaz S, Pataki G, Roth E, Stenseke M, Watson RT, Dessane EB, Islar M y Kelemen E. 2017a. Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26:7–16.

Pascual U, Palomo I, Adams W, Chan K, Daw T, Garmendia E, Gómez-Baggethun E, De Groot R, Mace G y Martin-Lopez B. 2017b. Off-stage ecosystem service burdens: A blind spot for global sustainability. *Environmental Research Letters* 12:7.

Paudyal K, Baral H y Keenan RJ. 2016. Local actions for the common good: can the application of the ecosystem services concept generate improved societal outcomes from natural resource management? *Land Use Policy* 56:327–32.

Peh KS-H, Balmford A, Bradbury RB, Brown C, Butchart SH, Hughes FM, Stattersfield A, Thomas DH, Walpole M y Bayliss J. 2013.

TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance. *Ecosystem Services* 5:51–57.

Pistorius T, Carodenuto S y Wathum G. 2017. Implementing forest landscape restoration in Ethiopia. *Forests* 8:61.

Rappaport DI, Tambosi LR and Metzger JP. 2015. A landscape triage approach: Combining spatial and temporal dynamics to prioritize restoration and conservation. *Journal of Applied Ecology* 52:590–601.

Redhead JW, May L, Oliver TH, Hamel P, Sharp R y Bullock JM. 2018. National scale evaluation of the InVEST nutrient retention model in the United Kingdom. *Science of The Total Environment* 610:666–677.

Reed J, Van Vianen J, Barlow J y Sunderland T. 2017. Have integrated landscape approaches reconciled societal and environmental issues in the tropics? *Land Use Policy* 63:481–92.

Reed J, Van Vianen J, Deakin EL, Barlow J y Sunderland T. 2016. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: Learning from the past to guide the future. *Global Change Biology* 22:2540–54.

Reed MS. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141:2417–31.

Reid JL, Wilson SJ, Bloomfield GS, Cattau ME, Fagan ME, Holl KD y Zahawi RA. 2017. How long do restored ecosystems persist? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 102:258–65.

Renwick AR, Robinson CJ, Martin TG, May T, Polglase P, Possingham HP y Carwardine J. 2014. Biodiverse Planting for Carbon and Biodiversity on Indigenous Land. *PloS One* 9: e91281.

Republic of Malawi, Ministry of Natural Resources, Energy and Mining. 2017. *National Forest Landscape Restoration Strategy*, 44.

Reubens B, Moeremans C, Poesen J, Nyssen J, Tewoldeberhan S, Franzel S, Deckers J, Orwa C y Muys B. 2011. Tree species selection for land rehabilitation in Ethiopia: from fragmented knowledge to an integrated multi-criteria decision approach. *Agroforestry Systems* 82:303–30.

Reyers B, Biggs R, Cumming GS, Elmqvist T, Hejnowicz AP y Polasky S. 2013. Getting the measure of ecosystem services: A social-ecological approach. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:268–273.

Richards RC, Rerolle J, Aronson J, Pereira PH, Gonçalves H y Brancalion PH. 2015. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. *Ecosystem Services* 16:23–32.

Ruckelshaus M, Mckenzie E, Tallis H, Guerry A, Daily G, Kareiva P, Polasky S, Ricketts T, Bhagabati N y Wood SA. 2015. Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics* 115:11–21.

Sabogal C, Besacier C y Mcguire D. 2015. Forest and landscape restoration: Concepts, approaches and challenges for implementation. *Unasylva* 245 66:3–10.

Salata S, Garnero G, Barbieri CA, y Giaimo C. 2017. The integration of ecosystem services in planning: An evaluation of the nutrient retention model using InVEST software. *Land* 6:48.

Sayer JA, Margules C, Boedhihartono AK, Sunderland T, Langston JD, Reed J, Riggs R, Buck LE, Campbell BM, Kusters K y Elliott C. 2017. Measuring the effectiveness of landscape approaches to conservation and development. *Sustainability Science* 12:465–76.

Sayer J, Sunderland T, Ghazoul J, Pfund J-L, Sheil D, Meijaard E, Venter M, Boedhihartono AK, Day M y Garcia C. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:8349–56.

Scales BR y Marsden SJ. 2008. Biodiversity in small-scale tropical agroforests: A review of species richness and abundance shifts and the factors influencing them. *Environmental Conservation* 35:160–172.

Schulz JJ y Schröder B. 2017. Identifying suitable multifunctional restoration areas for forest landscape restoration in Central Chile. *Ecosphere* 8:e01644.

Sherrouse BC, Semmens DJ y Clement JM. 2014. An application of Social Values for Ecosystem Services (SolVES) to three national forests in Colorado and Wyoming. *Ecological Indicators* 36:68–79.

Silva D y Nunes S. 2017. *Avaliação e modelagem econômica da restauração florestal no estado do Pará*. Belém, Brasil: Imazon.

Simula, M. 2008. *Financing flows and needs to implement the non-legally binding instrument on all types of forests*. UNFF/ evento paralelo del Banco Mundial durante la COP 14 de la CMNUCC. Poznan, Polonia: PROFOR/ World Bank.

Song C-H, Lee W-K, Choi H-A, Jeon S-W, Kim J-U, Kim J-S y Kim J-T. 2015. Application of InVEST water yield model for assessing forest water provisioning ecosystem service. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 18:120–134.

Stanturf J, Mansourian S y Kleine M. 2017. *Implementing forest landscape restoration, a practitioner's guide*. Viena, Austria: Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO).

Stanturf JA, Kant P, Lillesø J-PB, Mansourian S, Kleine M, Graudal L y Madsen P. 2015. *Forest landscape restoration as a key component of climate change mitigation and adaptation*. IUFRO World Series Volume 34. Viena, Austria: Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). 72.

Stefanes M, Ochoa-Quintero JM, Roque F, Sugai LS, Tambosi L, Lourival R y Laurance S. 2016. Incorporating resilience and cost in ecological restoration strategies at landscape scale. *Ecology and Society* 21:54.

Strassburg BN, Barros FSM, Couzeilles R, Iribarrem A, Santos JS, Silva D, Sansevero JBB, Alves-Pinto H, Feltran-Barbieri R y Latawiec A. 2016. The role of natural regeneration to ecosystem services provision and habitat availability: A case study in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 48:890–899.

Sukhdev P. 2008. *The economics of ecosystems and biodiversity: Interim report.* Cambridge, Reino Unido: Comunidad Europea.

Sutherland IJ, Bennett EM y Gergel SE. 2016. Recovery trends for multiple ecosystem services reveal non-linear responses and long-term tradeoffs from temperate forest harvesting. *Forest Ecology and Management* 374:61–70.

Talema A, Poesen J, Muys B, Reubens B, Dibaba H y Diels J. 2017. Multi-criteria-based plant species selection for gully and riverbank stabilization in a sub-humid tropical area. *Land Degradation & Development* 28:1675–86.

Tallis H, Mooney H, Andelman S, Balvanera P, Cramer W, Karp D, Polasky S, Reyers B, Ricketts T y Running S. 2012. A global system for monitoring ecosystem service change. *BioScience* 62:977–986.

Tallis H y Polasky S. 2009. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1162:265–283.

Tambosi LR, Martensen AC, Ribeiro MC y Metzger JP. 2014. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. *Restoration Ecology* 22:169–177.

Thomas E. 2016. A tool to guide species and seed selection for the restoration of seasonally dry tropical forest in Colombia. Roma: Bioversity. Consultado el 12 de octubre, 2017. https://www.bioversityinternational.org/news/detail/a-tool-to-guide-species-and-seed-selection-for-the-restoration-of-seasonally-dry-tropical-forest-in-colombia/

Thomson JR, Moilanen AJ, Vesk PA, Bennett AF y Mac Nally R. 2009. Where and when to revegetate: A quantitative method for scheduling landscape reconstruction. *Ecological Applications* 19:817–28.

Tobón W, Urquiza-Haas T, Koleff P, Schröter M, Ortega-Álvarez R, Campo J, Lindig Cisneros R, Sarukhán J y Bonn A. 2017. Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conservation Biology* 31: 1086–97

Trabucchi M, O'Farrell PJ, Notivol E and Comín FA. 2014. Mapping ecological processes and ecosystem services for prioritizing restoration efforts in a semi-arid Mediterranean river basin. *Environmental Management* 53:1132–45.

Turner KG, Anderson S, Gonzales-Chang M, Costanza R, Courville S, Dalgaard T, Dominati E, Kubiszewski I, Ogilvy S y Porfirio L. 2016. A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling* 319:190–207.

[UICN] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015.

Bonn Challenge Commitments. Washington, DC: UICN. Consultado el 4 de octubre, 2017. http://www.bonnchallenge.org/commitments

[UICN y WRI] Unión Internacinoal para la Conservación de la Naturaleza e Instituto de Recursos Mundiales. 2014. *A guide to the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM): Assessing forest landscape restoration opportunities at the national or sub-national level.* Working paper (road-test edition). Gland, Suiza: UICN.

Urgenson LS, Ryan CM, Halpern CB, Bakker JD, Belote RT, Franklin JF, Haugo RD, Nelson CR y Waltz AE. 2017. Visions of restoration in fire-adapted forest landscapes: Lessons from the collaborative forest landscape restoration program. *Environmental Management* 59:338–53.

Uribe D, Geneletti D, Castillo RFD y Orsi F. 2014. Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest restoration priorities. *Sustainability* 6:935–51.

Vallauri D, Aronson J y Dudley N. 2005. An attempt to develop a framework for restoration planning. *In:* Mansourian S, Vallauri D y Dudley N, eds. *Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees.* Springer, New York: Springer. 65–70.

Van Oosten C. 2013. Restoring landscapes—governing place: A learning approach to forest landscape restoration. *Journal of Sustainable Forestry* 32:659–76.

Van Oosten C, Gunarso P, Koesoetjahjo I y Wiersum F. 2014. Governing forest landscape restoration: Cases from Indonesia. *Forests* 5:1143-62.

Veldman JW, Overbeck GE, Negreiros D, Mahy G, Le Stradic S, Fernandes GW, Durigan G, Buisson E, Putz FE y Bond WJ. 2015. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. *BioScience* 65:1011–18.

Verdone M y Seidl A. 2017. Time, space, place, and the Bonn Challenge global forest restoration target. *Restoration Ecology* 25: 903–11.

Villa F, Bagstad KJ, Voight B, Johnson GW, Portela R, Honzák M y Batker D. 2014. A methodology for adaptable and robust ecosystem services assessment. *PLoS One* 9:e91001. doi:91010.91371/journal.pone.0091001

Vogler KC, Ager AA, Day MA, Jennings M y Bailey JD. 2015. Prioritization of forest restoration projects: Tradeoffs between wildfire protection, ecological restoration and economic objectives. *Forests* 6:4403–20.

Wada CA, Bremer LL, Burnett K, Trauernicht C, Giambelluca T, Mandle L, Parsons E, Weil C, Kurashima N y Ticktin T. 2017. Estimating cost-effectiveness of Hawaiian dry forest restoration using spatial changes in water yield and landscape flammability under climate change. *Pacific Science* 71:401–424.

Weiss CH. 1997. How can theory-based evaluation make greater headway? *Evaluation Review* 21:501–24.

Wendland KJ, Honzák M, Portela R, Vitale B, Rubinoff S y Randrianarisoa J. 2010. Targeting and implementing payments for ecosystem services: Opportunities for bundling biodiversity conservation with carbon and water services in Madagascar. *Ecological Economics* 69:2093–2107.

Willemen L, Kozar R, Desalegn A y Buck LE. 2014. *Spatial planning and monitoring of landscape interventions: Maps to link people with their landscapes*. A User's Guide. Washington, DC: EcoAgriculture Partners.

Wilson KA, Lulow M, Burger J, Fang YC, Andersen C, Olson D, O'Connell M y Mcbride MF. 2011. Optimal restoration: Accounting for space, time and uncertainty. *Journal of Applied Ecology* 48:715–25.

van der Wolf J, Gram G, Bukomeko H, Mukasa D, Giller O, Kriabo E, Angebault C, Vaast P, Asare R y Jassogne L. 2017. *The shade tree advice tool.* CCAFS info note. Copenhague, Dinamarca: Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del CGIAR (CCAFS). https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/80473

Woollen E, Ryan CM, Baumert S, Vollmer F, Grundy I, Fisher J, Fernando J, Luz A, Ribeiro N y Lisboa SN. 2016. Charcoal production in the Mopane woodlands of Mozambique: What are the trade-offs with other ecosystem services? *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371:20150315.

[WRI] Instituto de Recursos Mundiales. 2015. *The restoration diagnostic: A method for developing forest landscape restoration strategies by rapidly assessing the status of key success factors.* Washington, DC: WRI.

[WWF y UICN] Fondo Mundial para la Naturaleza y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2000. *Minutes of the Forests Reborn international workshop on forest restoration.* Segovia, Spain, 3-5 July 2000. Gland, Suiza: UICN. Consultado el 15 de abril, 2017. https://cmsdata.iucn.org/downloads/flr_segovia.pdf

Yoshioka A, Akasaka M y Kadoya T. 2014. Spatial prioritization for biodiversity restoration: A simple framework referencing past species distributions. *Restoration Ecology* 22:185–195.

Zhou P, Luukkanen O, Tokola T y Nieminen J. 2008. Vegetation dynamics and forest landscape restoration in the Upper Min River watershed, Sichuan, China. *Restoration Ecology* 16:348–58.

Zweiner VP, Padial AA, Marques MCM, Faleiro FV, Loyola R y Peterson AT. 2017. Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. *Diversity and Distributions* 27:1–12.

ISBN 978-602-387-078-3
DOI: 10.17528/cifor/007002

Los Documentos ocasionales de CIFOR contienen resultados de investigación relevantes para el manejo forestal tropical. Su contenido es revisado por pares interna y externamente.

Las instituciones a cargo de la toma de decisiones enfrentan la necesidad urgente de conservar los bosques remanentes y restablecer la cobertura boscosa en paisajes forestales degradados y deforestados. La escala de la necesidad y la oportunidad para establecer una diferencia, es enorme. La degradación con frecuencia se percibe como "el problema", y la restauración como "la solución". Pero, en lugar de considerarse un objetivo, la restauración es una forma para alcanzar varios objetivos. La restauración del paisaje forestal es un proceso a largo plazo que busca recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar de las personas ante la pérdida de cobertura forestal y la calidad del bosque. A pesar de una buena cantidad de avances y del desarrollo y aplicación de herramientas de apoyo a decisiones sobre restauración del paisaje forestal, esta revisión pone en evidencia una brecha entre las herramientas de implementación para iniciativas de restauración a escala de paisaje y para el monitoreo y la gestión adaptativa. La presente revisión también revela que las herramientas existentes se enfocan principalmente en la evaluación de oportunidades de implementar restauración a escalas muy amplias, en lugar de hacerlo a escala de paisaje que es donde se lleva a cabo la implementación. Los resultados de estudios sobre conservación y manejo forestal comunitarios sugieren que las herramientas para el empoderamiento, derechos a la tierra y desarrollo de capacidades de los residentes locales puede ayudar a fortalecer alianzas de profesionales abocados a la restauración del paisaje forestal que aplican manejo adaptativo y evalúan los escenarios potenciales de restauración en sus propios paisajes.

CGIAR RESEARCH PROGRAM ON Forests, Trees and Agroforestry

El Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA) es el programa de investigación para el desarrollo más grande del mundo, dedicado a mejorar el papel de bosques, árboles y la agroforestería para el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria, y frente al cambio climático. CIFOR dirige el programa FTA en asociación con Bioversity International, CATIE, CIRAD, ICRAF, INBAR y TBI.

cifor.org

forestsnews.cifor.org

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)
CIFOR promueve el bienestar humano, la integridad del medio ambiente y la equidad mediante investigación de avanzada, desarrollando las capacidades de sus socios y dialogando activamente con todos los actores involucrados, para informar sobre las políticas y las prácticas que afectan a los bosques y a las personas. CIFOR es un centro de investigación CGIAR y lidera su Programa de Investigación sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA por sus siglas en inglés). Nuestra sede central se encuentra en Bogor, Indonesia, y contamos con oficinas en Nairobi, Kenia; Yaundé, Camerún; y Lima, Perú.