



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura

2024



# EL ESTADO DE **LOS BOSQUES DEL MUNDO**

**INNOVACIONES EN EL SECTOR FORESTAL  
PARA LOGRAR UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE**

Esta publicación forma parte de la serie editada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura sobre **El Estado del Mundo**.

**Cita requerida:**

FAO. 2024. *El estado de los bosques del mundo 2024: Innovaciones en el sector forestal para lograr un futuro más sostenible*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd1211es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, respecto de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o demarcaciones. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

**ISSN 1020-5721** (impresa)

**ISSN 2521-7569** (en línea)

**ISBN 978-92-5-138875-4**

© FAO, 2024



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es>)

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra, siempre que se cite correctamente. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la cita requerida: “La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés será el texto autorizado”.

Todo contencioso, controversia o reclamación derivados del presente acuerdo o en relación con el mismo se resolverán de mutuo acuerdo entre las partes. Si las partes no logran alcanzar un acuerdo sobre cualquier cuestión litigiosa, o sobre una forma de resolución distinta del arbitraje, cada una de ellas tendrá derecho a solicitar un arbitraje de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) vigente en la fecha del presente acuerdo. Cualquier decisión o laudo arbitral que se dicte de conformidad con lo establecido en esta cláusula será considerado como adjudicación definitiva y vinculante para las partes.

**Materiales y fotografías de terceros.** Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular de los derechos de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario. Las fotografías que puedan aparecer en esta obra no están sujetas a la licencia de Creative Commons mencionada anteriormente. Las solicitudes de uso de todas las fotografías deben remitirse a: [photo-library@fao.org](mailto:photo-library@fao.org).

**Ventas, derechos y licencias.** Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización ([www.fao.org/publications/es](http://www.fao.org/publications/es)) y pueden adquirirse dirigiéndose a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org). Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request). Las consultas sobre derechos y licencias deben enviarse a: [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

**FOTOGRAFÍA DE LA PORTADA** © Shutterstock.com/khlongwangchao

**TAILANDIA.** Un nuevo vástago brota del tocón de un árbol.

**2024**  
EL ESTADO DE  
**LOS BOSQUES  
DEL MUNDO**



**INNOVACIONES EN EL SECTOR FORESTAL  
PARA LOGRAR UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE**

# ÍNDICE

TITULARES	v
PRÓLOGO	vi
METODOLOGÍA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
SIGLAS Y ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>EN UN MUNDO QUE AFRONTA CADA VEZ MAYORES AMENAZAS, LOS BOSQUES OFRECEN SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES</b>	<b>1</b>
Mensaje principal	1
La necesidad de innovación en el sector forestal	2
Esta publicación	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>AUNQUE LA DEFORESTACIÓN SE ESTÁ RALENTIZANDO, LOS BOSQUES ESTÁN BAJO PRESIÓN DEBIDO A FACTORES DE ESTRÉS RELACIONADOS CON EL CLIMA Y CON EL AUMENTO DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS FORESTALES</b>	<b>5</b>
Mensajes principales	5
2.1 Los datos recientes indican una reducción considerable de la deforestación en algunos países	6
2.2 El cambio climático está haciendo que los bosques sean más vulnerables a factores de estrés abióticos y bióticos como incendios forestales y plagas	8
2.3 La producción mundial de madera ha alcanzado cifras sin precedentes, en torno a los 4 000 millones de metros cúbicos anuales	11
2.4 Casi 6 000 millones de personas utilizan productos forestales no maderables	14
2.5 Las proyecciones hasta 2050 indican aumentos considerables de la demanda de madera, aunque en un rango amplio	16
2.6 Dado el rápido cambio de las condiciones ambientales y las crecientes demandas sobre los bosques, se requiere más innovación en el sector forestal	21
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>LA INNOVACIÓN ES NECESARIA PARA AMPLIAR LA CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES COMO SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES</b>	<b>23</b>
Mensajes principales	23
3.1 La innovación es un facilitador esencial para avanzar hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	24
3.2 Cinco tipos de innovación están aumentando el potencial de los bosques y los árboles para hacer frente a los desafíos mundiales	25
3.3 Cuatro factores obstaculizan la ampliación de la innovación	37
3.4 Con la innovación, puede haber ganadores y perdedores, y se necesitan enfoques inclusivos y que den respuesta a las cuestiones de género	41
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>Dieciocho estudios de casos ilustran las diversas formas en que la innovación en el sector forestal puede generar cambios positivos</b>	<b>43</b>
Mensajes principales	43
4.1 Las innovaciones contribuyen a las iniciativas para detener la deforestación y mantener los bosques	44
4.2 Los enfoques innovadores están impulsando la restauración de tierras degradadas y la expansión de la agroforestería	58
4.3 Las innovaciones están ayudando a utilizar los bosques de manera sostenible y a crear cadenas de valor verdes	72

## CAPÍTULO 5

### LA INNOVACIÓN DEBE AMPLIARSE DE FORMA RESPONSABLE PARA MAXIMIZAR LAS CONTRIBUCIONES DEL SECTOR FORESTAL A LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y A OTROS DESAFÍOS MUNDIALES

Mensaje principal

5.1 Cinco medidas facilitadoras pueden fomentar una innovación responsable e inclusiva que optimice las soluciones basadas en los bosques para los desafíos mundiales

#### GLOSARIO NOTAS

#### CUADROS

1 Los 10 principales países del mundo en función de los aumentos netos anuales promedio de la superficie forestal, 2010-2020

2 Producción de madera en rollo, por uso principal, 2022

3 Tipología para la innovación de la FAO

4 Cinco formas de capital cuya falta constituye una barrera para la adopción de tecnologías innovadoras por parte del sector forestal en la región de Asia y el Pacífico

#### FIGURAS

1 Proporción de las exportaciones mundiales de productos forestales, por categoría de producto, 2022

2 Producción mundial de madera en rollo, incluida la de madera en rollo industrial y la de combustible de madera, 1961-2022

3 Tendencias del volumen de producción de cinco productos forestales no madereros, 2000-2022

4 Exportaciones mundiales de piñones, hongos y trufas forestales, 2022

5 Proyecciones para la demanda mundial de madera en rollo para 2030 y 2050

6 Eficiencia del uso de los recursos para la madera en rollo industrial, 1961-2022

7 Esquema del enfoque territorial participativo informado

8 Deforestación en la región de la Amazonia y el Cerrado que repercute en el déficit de presión de vapor y la temperatura media en los paisajes con diferentes grados de intensificación agrícola, a lo largo de un año civil

9 Tipos y fuentes de información que aportan datos para el perfil jurídico de un país determinado en la Plataforma jurídica (Legal hub)

10 Número de visitas a la Plataforma jurídica (Legal hub) en 2021, 2022 y 2023

#### RECUADROS

1 La actividad forestal y la transformación de los sistemas agroalimentarios

2 El sector forestal

3 Mejora de los procesos de recopilación y difusión de datos para la Evaluación de los recursos forestales mundiales

4 Adición de valor para aumentar los beneficios económicos de los bosques

5 Ecosistemas de innovación

6 La innovación impulsa el progreso en relación con la medición, la presentación de informes y la verificación

7 Teledetección e inteligencia artificial

8 Productos forestales madereros y no madereros innovadores que podrían contribuir a la bioeconomía

9 Innovación tecnológica en las cadenas de valor

10 El ejemplo de Katerra

11 Utilización de enfoques de asociación innovadores para ayudar a impulsar avances en el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas

89

89

89

96  
100

6

14

26

40

12

13

15

16

17

19

46

48

76

77

2

3

8

18

25

28

29

30

31

39

93

### ESTUDIOS DE CASOS

1 Fomento de mecanismos de gobernanza de múltiples partes interesadas para ampliar la gestión integrada y sostenible del paisaje	45	12 Vincular una iniciativa agroforestal establecida hace 20 años con el comercio de derechos de emisión de dióxido de carbono para fomentar prácticas sostenibles	69
2 Uso de nuevos datos sobre el papel de los bosques en la productividad agrícola para financiar la conservación en una frontera agrícola	47	13 Microfinanciación sin garantías para pequeñas empresas forestales aprovechando el poder de las organizaciones colectivas	73
3 Aprovechar el poder de la asociación y la innovación técnica para reducir la pérdida de bosques provocada por los productos básicos	50	14 La Plataforma jurídica (Legal hub): utilización de nuevas herramientas y metodologías de diagnóstico para catalizar procesos de reforma jurídica en pro de la gestión sostenible de la fauna silvestre	75
4 Incorporación de nuevas herramientas y técnicas en los modelos existentes de gestión forestal comunitaria para mejorar los resultados en materia de bosques	52	15 Aprovechar las tecnologías digitales para mejorar la eficacia del seguimiento de la madera y promover cadenas de suministro sostenibles	79
5 Innovación técnica, creación de capacidad y financiación para apoyar a los Pueblos Indígenas como custodios de los bosques	54	16 Mejorar la conectividad a lo largo de las cadenas de suministro de madera para reducir el desperdicio y aumentar la viabilidad de la gestión forestal sostenible	80
6 Integrar la ciencia, la tecnología y los conocimientos tradicionales para mejorar la toma de decisiones en el manejo del fuego	56	17 Aplicación de nuevas tecnologías de transformación de la madera para fomentar la bioeconomía y aumentar la resiliencia frente a los terremotos	83
7 Elaborar una nueva política nacional y reforzar el entorno propicio para ampliar la agroforestería	59	18 Facilitar la innovación dirigida por los agricultores en la producción forestal y agrícola sostenible mediante las escuelas de campo para agricultores	85
8 Integrar los objetivos socioeconómicos y las necesidades nutricionales de las comunidades locales en la restauración para combatir la desertificación	61		
9 Desarrollo de la plataforma del Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas mediante la colaboración y la interoperabilidad de los datos	63		
10 Aumentar la resiliencia de los huertos tradicionales de colocasia mediante la incorporación de nuevas tecnologías, prácticas y variedades vegetales	65		
11 Mejorar la gobernanza local de los recursos forestales con miras a obtener beneficios para la agricultura y la restauración forestal	67		

# TITULARES

→ **Los datos recientes** indican que la deforestación se ha reducido considerablemente en algunos países. No obstante, el cambio climático está haciendo que los bosques sean más vulnerables a factores de estrés como los incendios forestales y las plagas.

---

→ **Las proyecciones** indican un gran aumento de la demanda de madera de aquí a 2050. Casi tres cuartas partes de la población mundial utilizan productos forestales no madereros.

---

→ **Se necesita más innovación** en el sector forestal para responder a los crecientes factores de estrés forestal. La innovación requiere nuevos enfoques de gestión forestal, un cambio hacia la bioeconomía y hacia las oportunidades que ofrecen los productos forestales no madereros.

---

→ **Cuatro factores** obstaculizan la ampliación de la innovación en el sector forestal: 1) la falta de una cultura de la innovación; 2) el riesgo; 3) las posibles limitaciones de las distintas formas de capital; y 4) políticas y regulaciones poco favorables.

---

→ **Cinco medidas facilitadoras** ayudarán a ampliar la innovación responsable e inclusiva —y esencial— en el sector forestal: 1) aumentar la sensibilización; 2) impulsar las competencias, capacidades y conocimientos en materia de innovación; 3) fomentar las asociaciones transformadoras; 4) garantizar una mayor financiación para la innovación que sea, además, de acceso universal; y 5) proporcionar un marco político y regulatorio que ofrezca incentivos.

---

# PRÓLOGO

La velocidad a la que se presentan los nuevos desafíos para el desarrollo sostenible solo es comparable a la velocidad a la que aparecen las innovaciones para afrontarlos. El increíble ingenio de los seres humanos debería insuflarnos esperanzas de que podemos trazar un rumbo hacia un planeta sostenible y evitar las amenazas a las que nos enfrentamos.

La innovación es fundamental para cumplir la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): es uno de los ejes del ODS 9 y está implícita en todos los ODS y en las medidas necesarias para alcanzarlos. La innovación es también un importante acelerador para la transformación de los sistemas agroalimentarios y la consecución de las tres metas mundiales principales: 1) la erradicación del hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición; 2) la eliminación de la pobreza e impulso del progreso económico y social para todos; y 3) la ordenación y uso sostenibles de los recursos naturales.

Pero la innovación no surge en el vacío. Entre otros factores, requiere políticas facilitadoras, asociaciones fuertes y transformadoras, inversión, una cultura inclusiva que esté abierta a nuevas ideas y las fomente, y la voluntad de asumir riesgos calculados.

La FAO reconoce que la ciencia y la innovación son ingredientes fundamentales para alcanzar soluciones basadas en los bosques. En 2022 elaboramos la primera Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación, en la que establecimos la forma de reforzar el uso de la ciencia y la innovación en las intervenciones técnicas y la orientación normativa de la Organización. La Estrategia, aprobada por el Consejo de la FAO en su 170.º período de sesiones tras un proceso de consulta inclusivo y transparente, es un instrumento esencial para la puesta en práctica del Marco estratégico de la FAO para 2022-2031. Hace hincapié en la necesidad de considerar todas las disciplinas científicas, todos los conocimientos y todos los tipos de innovación.

En esta edición del informe *El estado de los bosques del mundo* (SOFO) se presentan los aspectos más destacados del estado de los bosques del mundo y se basa en la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación con miras a explorar el poder

transformador de la innovación basada en datos comprobados en el sector forestal. Se presenta una perspectiva general de avances apasionantes, desde nuevas tecnologías hasta políticas y cambios institucionales creativos y de enorme éxito, pasando por nuevas formas de obtener financiación para los propietarios de los bosques y los responsables de la gestión forestal. A través de 18 estudios de casos de todo el mundo, se ofrece una perspectiva de la amplia variedad de innovaciones tecnológicas, sociales, en materia de políticas, institucionales y financieras —y de combinaciones de ellas— en el sector forestal que se están probando y aplicando en condiciones reales. En la presente publicación se señalan los obstáculos para la innovación, así como los facilitadores que la impulsan, y se enumeran cinco medidas destinadas a empoderar a las personas de manera que apliquen su creatividad en el sector forestal con el fin de resolver problemas y ampliar sus repercusiones.

La labor de la FAO en el sector forestal tiene como finalidad acelerar los progresos en la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques con vistas a lograr sistemas agroalimentarios MÁS eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles en favor de *una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor* sin dejar a nadie atrás. Esta edición del SOFO fundamentará la labor de la FAO orientada a ampliar la innovación en el sector forestal basada en datos comprobados a fin de acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios. Creo que también ayudará a los Miembros de la FAO y a otras partes interesadas a facilitar una innovación responsable, inclusiva y esencial en el sector forestal con objeto de fortalecer la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agroalimentarios en aras de un mundo mejor, así como un futuro mejor para todos y todas.



Qu Dongyu  
Director General de la FAO

# METODOLOGÍA

El contenido del informe *El estado de los bosques del mundo 2024* procede de distintas publicaciones de la FAO y de otras publicaciones revisadas por expertos, de entrevistas con personal de la FAO sobre innovaciones en el sector forestal, de un análisis de la demanda prevista de madera encargado para los fines de este informe y de 18 estudios de casos. Para estos últimos, se hizo una convocatoria de propuestas entre el personal de la FAO y las principales organizaciones asociadas. Luego se seleccionaron los estudios de casos en función de su novedad, sus repercusiones (incluidas las futuras), su potencial de expansión y su apoyo a la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques. El informe fue elaborado en la FAO por un equipo de redacción técnica formado por coordinadores, autores colaboradores internos y externos, revisores y un editor. Un grupo de trabajo compuesto por funcionarios superiores de la Organización prestó su orientación para elaborar el contenido y revisó los borradores de los capítulos.

El informe se sometió a una revisión por pares entre expertos de la FAO —incluido el personal de las oficinas regionales y subregionales de la Organización— y expertos externos en innovación forestal. El equipo de redacción revisó el borrador a la luz de estas observaciones para elaborar el borrador final, que se remitió a las instancias ejecutivas de la FAO para su examen y aprobación.

# AGRADECIMIENTOS

El informe *El estado de los bosques del mundo 2024* ha sido elaborado, bajo la dirección general de Wu Zhimin, Director de la División Forestal de la FAO, por un equipo técnico integrado por Amy Duchelle, Lyndall Bull, Ben Ross, Anssi Pekkarinen, Julian Fox, Sven Walter y Thomas Hofer. Se benefició de las aportaciones de los siguientes expertos en innovación: Fabrizio Bresciani, Vincent Gitz, Eric Hansen, Inge Jonckheere, Cecilia Luttrell, Mokena Makeka, Duncan Mayes, Rajat Panwar, Selvaraju Ramasamy, Ewald Rametsteiner, James Roshetko y Lúcia Wadt; Lauri Hetemäki aportó un análisis de las proyecciones de demanda de madera. Alastair Sarre se encargó de editar la publicación y Annika Cobb, Christine Legault, Malgorzata Buszko-Briggs, Roberto Cenciarelli, Sharon Darcy, Maria De Cristofaro, Donna Kilcawley y Marco Santarnecchi brindaron apoyo adicional. A continuación figuran los colaboradores y revisores de cada capítulo.

## **Autores y otros colaboradores de los capítulos**

**Capítulo 1:** Equipo técnico principal y Alastair Sarre.

**Capítulo 2:** Anne Branthomme, Valeria Contessa, Xavier de Lamo, Arvydas Lebedys, Monica Garzuglia, Julian Fox, Lauri Hetemäki, Örjan Jonsson, Adolfo Kindgard, Chiara Patriarca, Anssi Pekkarinen, Shiroma Sathyapala, Kenichi Shono, Simona Sorrenti, Lara Steil y Sven Walter.

**Capítulo 3:** Eric Hansen y Cecilia Luttrell, con Rémi d'Annunzio, Simone Borelli, Marco Boscolo, Lyndall Bull, Bruno Cammaert, Amy Duchelle, Julian Fox, Inge Jonckheere, Jarkko Koskela, Petri Lehtonen, Qiang Ma, Margaret Mayer, Duncan Mayes, Caroline Merle, Giulia Muir, Wahid Nasir, Rajat Panwar, Anssi Pekkarinen, Laureana de Prado, Ben Ross y Ashley Steel.

**Capítulo 4:** André Felipe Alves de Andrade, Rémi d'Annunzio, Ward Anseeuw, Christophe Besacier, Maria Teresa di Benedetto, Hubert Boulet, Fritjof Boerstler, Nhaydu Bohórquez, Lyndall Bull, Ramón Carrillo, Thomas Cavanagh, Dario Cipolla, Amy Duchelle, María Alejandra Chaux Echeverri, Yelena Finegold, Marguerite France-Lanord, Serena Fortuna, Julian Fox, Paul Fuge, Laura Guarnieri, William de Groot, Fidaa Haddad, Eric Hansen, Thomas Hofer, Inge Jonckheere, Patrick Kalas, Raushan Kumar, Thais Linhares-Juvenal, David Mansell-Moullin, Adriana Lagos, Raissa Maldonado de Almeida, Federica Matteucci, Margaret Mayer, Duncan Mayes, Andrea Romero Montoya, Peter Moore, Giulia Muir, Priya Pajel, Sandra Ratiarison, Ludmila Rattis, Marcelo Rezende, David Sabogal Habedank, Moctar Sacande, Marieke Sandker, Lucio Santos, Eugenio Sartoretto, Brett Shields, Kenichi Shono, Bianca Sipala, Elaine Springgay, Lara Steil, José Viliardo Díaz Díaz, Petteri Vuorinen, Xia Zuzhang y Andriana Patricia Yepes Quintero.

**Capítulo 5:** Lyndall Bull, Amy Duchelle, Eric Hansen, Cecilia Luttrell, Rajat Panwar, Ben Ross y Alastair Sarre.

### **Revisores**

Astrid Agostini, Edmundo Barrios, Nora Berrahmouni, Cecile Berranger, Ronnie Brathwaite, Anne Brunel, Henry Burgsteden, Greta Campora, Bonnie Furman, Vincent Gitz, Boagen Gu, Jun He, Jippe Hoogeveen, Kitti Horváth, Wilson Hugo, Ana Islas Ramos, Alicja Kacprzak, Wirya Khim, Ivan Landers, Samson Lemma, Antoine Libert, Preetmoninder Lidder, Indira Joshi, Thaís Linhares-Juvenal, Andrea Lo Bianco, Mokena Makeka, Duncan Mayes, Alexandre Meybeck, Charlotte Milbank, Rajat Panwar, Souroush Parsa, Peter Pechacek, Selvaraju Ramasamy, Ewald Rametsteiner, Simon Rietbergen, James Roshetko, Soraya Sadeghi, Ilaria Sisto, Nicholas Sitko, Valentina Sommacal, Hans Thiel, Tomoyuki Uno, Tiina Vähänen, Yahor Vetlou, Tamara van't Wout, Puyun Yang y Ekrem Yazici.

Las traducciones fueron realizadas por la Subdivisión Lingüística de la División de Servicios a los Órganos Rectores de la FAO. Rémi d'Annunzio, Sara Casallas-Ramírez, Fidaa Haddad, Qiang Ma, Ekrem Yazici y Linbing Zhuang realizaron una revisión técnica de las versiones traducidas.

La Subdivisión de Publicaciones y Biblioteca de la Oficina de Comunicación de la FAO proporcionó apoyo editorial y se encargó del diseño y la maquetación, así como de coordinar la producción de las ediciones en los seis idiomas oficiales.

# SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>AFR100</b>	Iniciativa de restauración de los espacios forestales africanos	<b>km</b>	kilómetro
<b>AIM4Forests</b>	Acelerando el monitoreo innovador de los bosques	<b>LEAF</b>	Coalición para Reducir las Emisiones Acelerando la Financiación de los Bosques
<b>CDB</b>	Convenio sobre la Diversidad Biológica	<b>m</b>	metro
<b>CIFOR-ICRAF</b>	Centro de Investigación Forestal Internacional-Centro Mundial de Agrosilvicultura	<b>MODIS</b>	espectrorradiómetro de formación de imágenes de resolución moderada
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	<b>NASA</b>	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
<b>CubiFOR</b>	Cubicación de Productos Forestales (Guatemala)	<b>NIIF</b>	Normas Internacionales de Información Financiera
<b>ETPI</b>	enfoque territorial participativo informado	<b>NRF</b>	nivel de referencia forestal
<b>EUDR</b>	Reglamento de la Unión Europea sobre cadenas de suministro libres de deforestación y degradación forestal	<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>EUR</b>	euro	<b>PFSM</b>	producto forestal no maderero
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	<b>PIB</b>	producto interno bruto
<b>FMAM</b>	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>FOROM</b>	Forest Resource Outlook Model (Modelo de perspectivas de los recursos forestales)	<b>RBP</b>	restauración de bosques y paisajes
<b>FRA</b>	Evaluación de los recursos forestales mundiales	<b>REDD+</b>	reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo
<b>GEI</b>	gases de efecto invernadero	<b>SEPAL</b>	Sistema de acceso, procesamiento y análisis de datos de observación de la Tierra para el monitoreo de la superficie terrestre
<b>GFC</b>	gestión forestal comunitaria	<b>SOFO</b>	El estado de los bosques del mundo
<b>GtCO<sub>2</sub></b>	gigatonelada de dióxido de carbono	<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
<b>ha</b>	hectárea	<b>USD</b>	dólar estadounidense
<b>IA</b>	inteligencia artificial	<b>USDA</b>	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático		

# RESUMEN

## EN UN MUNDO QUE AFRONTA CADA VEZ MAYORES AMENAZAS, LOS BOSQUES OFRECEN SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES.

- ▶ En esta publicación se presenta información actualizada sobre los bosques del mundo y se estudian distintas innovaciones para ampliar la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques.

## AUNQUE LA DEFORESTACIÓN SE ESTÁ RALENTIZANDO, LOS BOSQUES ESTÁN BAJO PRESIÓN DEBIDO A FACTORES DE ESTRÉS RELACIONADOS CON EL CLIMA Y CON EL AUMENTO DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS FORESTALES.

- ▶ Los datos recientes indican que la deforestación se ha reducido considerablemente en algunos países. Por ejemplo, se calcula que disminuyó un 8,4 % en Indonesia en 2021-22 y un 50 % en la Amazonia Legal del Brasil en 2023. La tasa de pérdida bruta mundial de manglares se redujo un 23 % entre los períodos 2000-2010 y 2010-2020.
- ▶ El cambio climático está haciendo que los bosques sean más vulnerables a factores de estrés abióticos y bióticos como incendios forestales y plagas. La intensidad y frecuencia de los incendios forestales van en aumento. Casi una cuarta parte de las emisiones de dióxido de carbono debidas a incendios forestales en 2021 se originaron en los bosques boreales. Se calcula que los incendios emitieron 6 687 megatoneladas de dióxido de carbono en todo el mundo en 2023, lo que supone más del doble de las emisiones de dióxido de carbono de la Unión Europea causadas por la quema de combustibles fósiles en el mismo año. Se prevé que, en los Estados Unidos de América, 25 millones de ha de bosques perderán más del 20 % del área basal de árboles hospederos debido a la acción de los insectos y las enfermedades de aquí a 2027.
- ▶ La producción mundial de madera ha alcanzado cifras sin precedentes, en torno a los 4 000 millones de m<sup>3</sup> anuales. Se estima que en 2022 se extrajeron 2 040 millones

de m<sup>3</sup> de madera en rollo, un volumen similar al de 2021. En 2022 se extrajeron unos 1 970 millones de m<sup>3</sup> para combustible de madera, lo que representa casi la mitad (49,4 %) de la madera recolectada total; la proporción fue mucho mayor en África, donde se registró un 90 %.

- ▶ Casi 6 000 millones de personas utilizan productos forestales no maderables. De estas personas, 2 770 millones son usuarios rurales en el Sur del mundo. Según los datos recientes sobre el comercio internacional de piñones, hongos y trufas forestales, la suma de las exportaciones mundiales de estos productos alcanzó unos 1 800 millones de USD en 2022.
- ▶ Las proyecciones hasta 2050 indican aumentos considerables de la demanda de madera, aunque en un rango amplio. La demanda mundial de madera en rollo podría aumentar hasta un 49 % entre 2020 y 2050, impulsada principalmente por la demanda de madera en rollo industrial, aunque esta proyección está sujeta a una incertidumbre considerable. La eficiencia en el uso de la madera aumentó un 15 % entre 1961 y 2022.
- ▶ Se necesita más innovación en el sector forestal para responder al rápido cambio de las condiciones ambientales y las crecientes demandas sobre los bosques. Tres imperativos impulsarán esta innovación: 1) el aumento de los factores de estrés, entre ellos el cambio climático, que exigirá nuevos enfoques de gestión de los bosques y las tierras; 2) el cambio hacia una bioeconomía en la que la madera será un insumo fundamental; y 3) las oportunidades que ofrece la amplia gama de productos forestales no madereros para, posiblemente, miles de millones de pequeños productores.

## LA INNOVACIÓN ES NECESARIA PARA AMPLIAR LA CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES COMO SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES.

- ▶ La innovación es un facilitador esencial para avanzar hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. También es un importante acelerador para alcanzar las tres metas mundiales de los Miembros de la FAO

y para mejorar el potencial de los bosques y los árboles para hacer frente a los desafíos mundiales. Una amplia gama de innovaciones ya está influyendo profundamente en el sector forestal.

- ▶ **Cinco tipos de innovación están aumentando el potencial de los bosques y los árboles para hacer frente a los desafíos mundiales:**
  - **1) innovación tecnológica** (con tres subtipos: digital, de productos o procesos y biotecnológica). Por ejemplo, el acceso abierto a datos de teledetección y la facilitación del uso de la computación en nube permiten utilizar metodologías digitales que generan datos forestales de alta calidad y mejoran los procesos de gestión forestal;
  - **2) innovación social, 3) innovación en materia de políticas y 4) innovación institucional**, como nuevas iniciativas destinadas a conceder mayor participación a las mujeres, la juventud y los Pueblos Indígenas en el desarrollo de soluciones dirigidas localmente, la promoción de asociaciones de múltiples partes interesadas y enfoques intersectoriales en las políticas y planificación de uso de la tierra, y el apoyo a las cooperativas con miras a aumentar el poder de negociación de los pequeños productores;
  - **5) innovación financiera**, como innovaciones en la financiación de los sectores público y privado para aumentar el valor de los bosques en pie, impulsar las iniciativas de restauración y aumentar el acceso de los pequeños productores a préstamos para una producción sostenible.

Las combinaciones (“paquetes”) de estos tipos de innovación pueden desencadenar poderosas fuerzas de cambio.

- ▶ **Cuatro factores obstaculizan la ampliación de la innovación:** 1) la falta de una cultura de la innovación; 2) el riesgo; 3) las posibles limitaciones de las distintas formas de capital; y 4) políticas y regulaciones poco favorables. Una cultura institucional que reconozca y adopte el poder transformador de la innovación puede ayudar a reducir el riesgo de los procesos de innovación y empoderar a las

partes interesadas para responder a los desafíos actuales y futuros.

- ▶ **Con la innovación, puede haber ganadores y perdedores, y se necesitan enfoques inclusivos y que den respuesta a las cuestiones de género** para evitar daños y garantizar una distribución justa de los beneficios entre hombres, mujeres y personas jóvenes de todos los grupos socioeconómicos y étnicos. Las iniciativas destinadas a promover la innovación deben tener en cuenta e integrar las circunstancias, perspectivas, conocimientos, necesidades y derechos locales de todas las partes interesadas.

### **DIECIOCHO ESTUDIOS DE CASOS ILUSTRAN LAS DIVERSAS FORMAS EN QUE LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR FORESTAL PUEDE GENERAR CAMBIOS POSITIVOS.**

- ▶ **La presentación de estudios de casos es un medio importante para explorar y demostrar el potencial de la innovación en el sector forestal.** Los ejemplos examinados en el presente documento muestran procesos, herramientas y tecnologías de vanguardia en diversas regiones y a distintas escalas, aportan pruebas y conocimientos y generan enseñanzas que pueden aplicarse en diversos contextos de todo el mundo. Se organizan en tres categorías, relacionadas con la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques.
- 1. Las innovaciones contribuyen a las iniciativas para detener la deforestación y mantener los bosques.** Entre ellas se incluye un modelo de fomento de la gobernanza de múltiples partes interesadas para ampliar la gestión integrada y sostenible del paisaje en Kenya y Nigeria; el uso de nuevos datos sobre el papel de los bosques en la productividad agrícola para financiar la conservación forestal en el Brasil; el aprovechamiento del poder de la asociación y la innovación tecnológica para reducir la pérdida de bosques provocada por los productos básicos en Ghana; la introducción de nuevas herramientas y técnicas en la forestería comunitaria en Colombia; y la combinación de ciencia, tecnología y conocimientos tradicionales para apoyar a los Pueblos Indígenas como

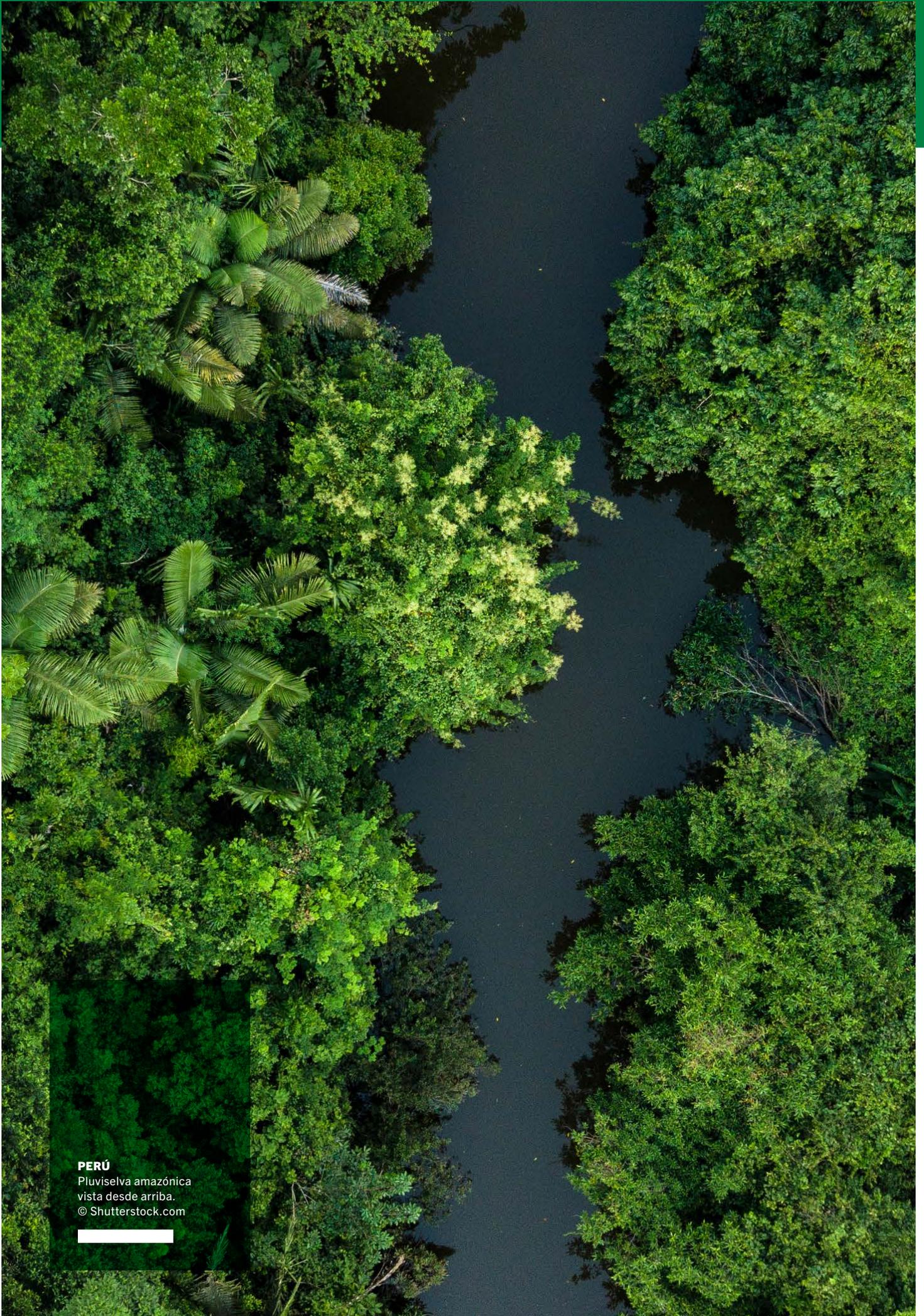
custodios de los bosques y permitir el manejo integrado del fuego dirigido a nivel local.

2. **Los enfoques innovadores están impulsando la restauración de tierras degradadas y la expansión de la agroforestería.** Entre ellos se incluyen la elaboración de una nueva política nacional para brindar un mejor apoyo a la agroforestería en la India; la integración de los objetivos socioeconómicos y las necesidades nutricionales de las comunidades locales con la restauración para combatir la desertificación en la Gran Muralla Verde del Sáhara y el Sahel; el uso de tecnologías geoespaciales y otras tecnologías digitales para cotejar y difundir buenas prácticas de restauración y hacer un seguimiento los avances en la puesta en práctica del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas; la mejora de la resiliencia de los huertos tradicionales de colocasia en Vanuatu mediante la incorporación de nuevas tecnologías, prácticas y variedades de plantas; la mejora de la gobernanza local de los recursos forestales para obtener beneficios para la agricultura y la restauración forestal en Marruecos y Túnez; y un proyecto a largo plazo para vincular la agroforestería con el comercio de derechos de emisión de dióxido de carbono en Mozambique.
3. **Las innovaciones están ayudando a utilizar los bosques de manera sostenible y a crear cadenas de valor verdes.** Entre ellas se incluyen la concesión de microfinanciación sin garantías a pequeñas empresas forestales a través del poder de las organizaciones colectivas en Viet Nam; el uso de nuevas herramientas y metodologías de diagnóstico para catalizar procesos de reforma jurídica para la gestión sostenible de la flora y fauna silvestres en 13 países africanos; el aprovechamiento de tecnologías digitales para mejorar la eficiencia del seguimiento de la madera y promover cadenas de suministro sostenibles

en Guatemala; la mejora de la conectividad a lo largo de las cadenas de suministro de madera para reducir el desperdicio y aumentar la viabilidad de la gestión forestal sostenible en el Brasil, Guyana, Panamá y el Perú; la aplicación de nuevas tecnologías de transformación de la madera en Eslovenia y los Estados Unidos de América para promover la bioeconomía y mejorar la resiliencia ante los terremotos; y el fomento de la innovación dirigida por los agricultores en la producción forestal y agrícola sostenibles a través de escuelas de campo para agricultores.

### **LA INNOVACIÓN DEBE AMPLIARSE DE FORMA RESPONSABLE PARA MAXIMIZAR LAS CONTRIBUCIONES DEL SECTOR FORESTAL A LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y A OTROS DESAFÍOS MUNDIALES.**

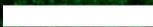
- **Cinco medidas facilitadoras pueden fomentar una innovación responsable e inclusiva que optimice las soluciones basadas en los bosques para los desafíos mundiales:**
  - 1) aumentar la conciencia sobre la importancia de la innovación y crear una cultura que fomente la innovación para lograr un cambio positivo;
  - 2) impulsar las competencias, capacidades y conocimientos para garantizar que las partes interesadas del sector forestal cuenten con capacidad para gestionar la creación y adopción de innovaciones;
  - 3) fomentar asociaciones transformadoras para reducir el riesgo de la innovación en el sector forestal, proporcionar oportunidades para la transferencia de conocimientos y tecnología y crear salvaguardias adecuadas;
  - 4) garantizar más recursos financieros de acceso universal para fomentar las innovaciones en el sector forestal; y
  - 5) proporcionar un marco político que incentive las innovaciones en el sector forestal.



**PERÚ**

Pluviselva amazónica  
vista desde arriba.

© Shutterstock.com



# CAPÍTULO 1

## EN UN MUNDO QUE AFRONTA CADA VEZ MAYORES AMENAZAS, LOS BOSQUES OFRECEN SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES

### MENSAJE PRINCIPAL

→ **En un mundo que afronta cada vez mayores amenazas, los bosques ofrecen soluciones a los desafíos mundiales.** En esta publicación se ofrece información actualizada sobre los bosques del mundo y se examinan innovaciones para ampliar la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques.

El mundo aborda amenazas crecientes en múltiples frentes, y se acaba el tiempo para tomar las medidas necesarias para evitarlas. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo núcleo son los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aspira a un mundo sin pobreza, hambre, enfermedades ni privaciones, donde todas las formas de vida puedan prosperar. Sin embargo, es necesario actuar con urgencia si queremos alcanzar los ODS.

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ha provocado cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, los océanos, la criosfera y la biosfera; la temperatura mundial de la superficie terrestre en 2011-2020 fue 1,1 °C superior a las temperaturas de 1850-1900<sup>1</sup>. El cambio climático provocado por el ser humano ya está influyendo en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones, lo que ocasiona efectos adversos generalizados y pérdidas y daños relacionados para la naturaleza y las personas. Las comunidades vulnerables, que históricamente son las que menos han contribuido al cambio climático actual, se ven afectadas de forma desproporcionada<sup>1</sup>. La actividad humana amenaza con la extinción a más especies que nunca. En promedio, cerca del 25 % de las especies de los grupos de animales y plantas evaluados están

amenazadas, lo que sugiere que alrededor de un millón de especies se enfrentan ya a la extinción, muchas de ellas en cuestión de decenios, a menos que se tomen medidas para reducir la intensidad de los factores determinantes de la pérdida de biodiversidad<sup>2</sup>.

Los bosques y los árboles ofrecen soluciones eficaces en función del costo a las crisis del clima y la biodiversidad y forman parte integral de la transformación hacia sistemas agroalimentarios MÁS eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles en favor de *una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor* sin dejar a nadie atrás (Recuadro 1). Detener la deforestación y la degradación de los bosques puede reducir las emisiones mundiales de GEI, y la restauración de bosques y paisajes (RBP) puede eliminar carbono de la atmósfera. El carbono también puede almacenarse en productos madereros de vida larga. Los bosques hacen más por el clima que almacenar y captar carbono, ya que proporcionan un notable enfriamiento mundial a través de la evapotranspiración y de su estructura física y química<sup>3</sup>. Esta mitigación adicional se complementa con la capacidad de los bosques para regular las precipitaciones y estabilizar los climas locales, lo que ayuda a minimizar los fenómenos meteorológicos extremos y hace que los bosques sean esenciales para la adaptación al cambio climático y la resiliencia<sup>3</sup>. Los bosques albergan la mayor parte de la biodiversidad terrestre de la Tierra: por ejemplo, proporcionan hábitats para el 80 % de las especies de anfibios, el 75 % de las especies de aves y el 68 % de las especies de mamíferos<sup>4</sup>. Los bosques y los árboles hacen una importante contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición humanas, y la agroforestería puede

### RECUADRO 1 LA ACTIVIDAD FORESTAL Y LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

Los bosques y los árboles son componentes esenciales de los sistemas agroalimentarios. La eliminación de la cubierta forestal, especialmente en los trópicos, aumenta las temperaturas locales y altera los regímenes de lluvias de formas que agravan los efectos locales del cambio climático mundial, con consecuencias posiblemente graves para la productividad agrícola<sup>3</sup>. Los bosques proporcionan hábitats esenciales para gran parte de la biodiversidad terrestre del mundo, que es fundamental para los medios de vida locales y la resiliencia de los sistemas agroalimentarios<sup>7</sup>. Los alimentos forestales recolectados en el medio silvestre son importantes para la seguridad alimentaria y la nutrición de muchas personas que viven cerca de los bosques, sobre todo en las zonas remotas de

los trópicos y subtropicos y cuando disminuye la producción agrícola, por ejemplo durante una sequía<sup>8</sup>. La agroforestería y otros sistemas de producción diversificada tienden a ser más resilientes que la agricultura convencional ante las perturbaciones ambientales y pueden aumentar la seguridad alimentaria y la nutrición, así como la productividad de los cultivos<sup>8</sup>. Aumentar los beneficios de los bosques para la agricultura mediante la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques es fundamental para la transformación hacia sistemas agroalimentarios MÁS eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles en favor de *una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor* sin dejar a nadie atrás.

aumentar los ingresos de los agricultores y la resiliencia de los sistemas de producción agropecuaria y mejorar la productividad agrícola<sup>5</sup>. Los bosques también contribuyen de múltiples maneras a la resiliencia de las comunidades y los medios de vida frente a las amenazas y las crisis y a resolver las causas subyacentes de la inseguridad alimentaria, la malnutrición y la pobreza. Son fuentes de combustible para cocinar, alimentos silvestres, forraje y materiales para refugios; conservan los recursos hídricos y proporcionan otros servicios ecosistémicos, así como amortiguan las condiciones meteorológicas extremas<sup>6</sup>. ■

## LA NECESIDAD DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR FORESTAL

El rápido ritmo del cambio y la urgencia que reviste hacer frente a los desafíos mundiales exigen soluciones ingeniosas que sean diversas, flexibles y adaptables y que puedan ampliarse rápidamente. Es imperativo, por lo tanto, aprovechar la creatividad humana y adoptar la innovación, en el sector forestal entre otros.

El reconocimiento de la importancia de la innovación en todas sus formas —tecnológica, social, en materia de políticas, institucional y financiera— para la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques, los árboles y los ecosistemas asociados está cobrando fuerza en todo el mundo. En 2022, la Organización

de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) aprobó su primera Estrategia para la ciencia y la innovación<sup>9</sup> a fin de reforzar el uso de la ciencia y la innovación en las intervenciones técnicas y la orientación normativa de la Organización. En la Estrategia, que fue aprobada por el Consejo de la FAO en su 170.º período de sesiones tras un proceso de consulta inclusivo y transparente, se define la innovación como “hacer algo nuevo y diferente, ya sea resolver un problema existente de una nueva forma, abordar un nuevo problema con una solución demostrada o aportar una solución nueva a un problema nuevo”<sup>a</sup>. La Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación es una herramienta fundamental para la aplicación del Marco estratégico de la FAO para 2022-2031<sup>10</sup>. Su alcance amplio e inclusivo hace hincapié en la necesidad de que la transdisciplinariedad considere todas

a En la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación, también se define la innovación en el contexto de los sistemas agroalimentarios: como verbo (innovar), se emplea en referencia al proceso por el cual las personas, las comunidades o las organizaciones generan cambios en la elaboración, la producción o el reciclaje de bienes y servicios, así como cambios en el entorno institucional próximo, que se consideran una novedad en sus contextos y fomentan la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Como sustantivo (innovación), se emplea en referencia a los cambios que genera dicho proceso. La innovación comprende cambios en las prácticas, las normas, los mercados y los mecanismos institucionales, lo que puede fomentar nuevas redes de producción, elaboración, distribución y consumo de alimentos que, a su vez, pueden llegar a cuestionar el *statu quo*. En la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación se define que la innovación agrícola es “el proceso mediante el cual las personas u organizaciones introducen por primera vez en un determinado contexto el uso de productos, procesos o formas de organización con el fin de aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia ante las crisis o la sostenibilidad ambiental, contribuyendo así a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición, el desarrollo económico o la gestión sostenible de los recursos naturales”.

**RECUADRO 2 EL SECTOR FORESTAL**

A los efectos de este informe, se entiende por “sector forestal” la amplia gama de actividades relacionadas con la gestión forestal sostenible, el suministro y la producción de madera y otros productos forestales madereros y no madereros, la protección de los ecosistemas forestales y la biodiversidad, y la salvaguardia de los beneficios de los bosques<sup>14</sup>. Por lo tanto, abarca todas las actividades relacionadas con los bosques\*, así como los árboles fuera de los bosques, esto es, en algunos entornos de la agroforestería y

la silvicultura urbana, y diversas partes interesadas, tales como gobiernos, organizaciones de la sociedad civil, organizaciones de productores, cooperativas, organizaciones del sector privado, Pueblos Indígenas, comunidades en situación de vulnerabilidad y marginación, la juventud y las mujeres. El término “innovación en el sector forestal” se utiliza en el presente informe para abarcar toda la gama de innovaciones comprendidas en esta amplia definición del sector forestal.

\* Según la FAO, se entiende por “bosque” la tierra que se extiende por más de 0,5 ha, dotada de árboles de una altura superior a 5 m y una cobertura de copa superior al 10 %, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano<sup>15</sup>.

las disciplinas científicas y la colaboración entre científicos y partes interesadas no académicas, así como todos los tipos de innovación, incluidos aquellos derivados de los conocimientos de los Pueblos Indígenas y los pequeños productores.

En su 26.º período de sesiones<sup>11</sup>, el Comité Forestal de la FAO reconoció el potencial de los bosques para ayudar a hacer frente a las repercusiones de los desafíos mundiales, en particular mediante tres vías interrelacionadas<sup>b</sup>. Asimismo, invitó a la FAO a colaborar con los Miembros y los sectores público y privado en relación con las tres dimensiones del desarrollo sostenible<sup>c</sup> y a fomentar la ciencia y la innovación. ■

## ESTA PUBLICACIÓN

La publicación principal de la FAO *El estado de los bosques del mundo* (SOFO), que se publica cada dos años, presenta datos y análisis sobre las interacciones entre los bosques y los seres humanos, con un enfoque temático específico. Complementa la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) de la FAO, que se publica cada cinco años, y otros informes de la Organización relacionados con los bosques. La presente publicación, SOFO 2024, ofrece aspectos destacados sobre el estado de los bosques del mundo, y se basa en la Estrategia de

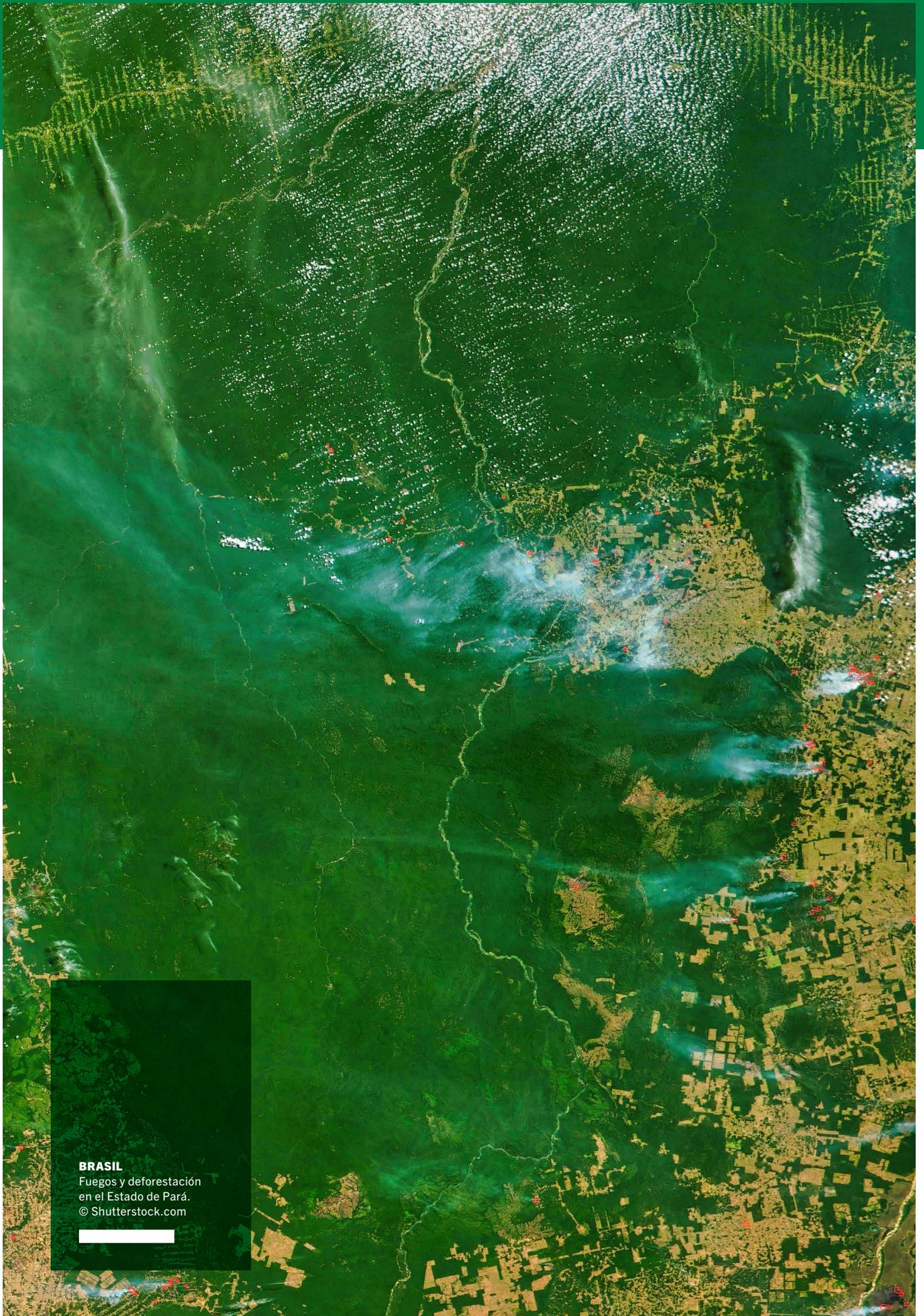
<sup>b</sup> Las tres vías son las siguientes: 1) detener la deforestación y conservar los bosques (“conservación”); 2) restaurar las tierras degradadas y ampliar la agroforestería (“restauración”), y 3) utilizar los bosques de manera sostenible y crear cadenas de valor verdes (“utilización sostenible”).

<sup>c</sup> Económica, social y ambiental.

la FAO para la ciencia y la innovación con miras a explorar el papel de la innovación en la promoción de la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques en el contexto de la transformación de los sistemas agroalimentarios. Explora la importancia de la innovación en relación con la Estrategia de la FAO sobre el cambio climático (2022-2031)<sup>12</sup>, la Estrategia de la FAO para la integración de la biodiversidad en los distintos sectores agrícolas<sup>13</sup> y otras estrategias y orientaciones de la FAO, proporcionando una visión general de las innovaciones en el sector forestal (en el Recuadro 2 se define el término “sector forestal”).

El informe SOFO 2024 consta de cinco capítulos:

- ▶ El Capítulo 1 es este capítulo introductorio.
- ▶ El Capítulo 2 se basa en la edición de 2020 de la FRA<sup>16</sup>, en FAOSTAT<sup>17</sup> y en otras fuentes para presentar las tendencias recientes de los bosques a nivel mundial y las proyecciones de producción de madera, destacando la importancia de la innovación en el sector forestal para hacer frente a los desafíos mundiales.
- ▶ En el Capítulo 3 se presenta la tipología de la FAO para la innovación y se ofrece una visión general de la diversidad de innovaciones relacionadas con los bosques.
- ▶ En el Capítulo 4 se presentan 18 estudios de casos sobre enfoques y tecnologías innovadores que se están utilizando para prestar apoyo al sector forestal.
- ▶ En el Capítulo 5 se analizan las medidas propicias para ampliar las innovaciones en el sector forestal. ■



**BRASIL**  
Fuegos y deforestación  
en el Estado de Pará.  
© Shutterstock.com

# CAPÍTULO 2

## AUNQUE LA DEFORESTACIÓN SE ESTÁ RALENTIZANDO, LOS BOSQUES ESTÁN BAJO PRESIÓN DEBIDO A FACTORES DE ESTRÉS RELACIONADOS CON EL CLIMA Y CON EL AUMENTO DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS FORESTALES

### MENSAJES PRINCIPALES

→ **Los datos recientes indican una reducción considerable de la deforestación en algunos países.**

Por ejemplo, se calcula que la deforestación disminuyó un 8,4 % en Indonesia en 2021-22 y un 50 % en la Amazonia Legal del Brasil en 2023. La tasa de pérdida bruta mundial de manglares disminuyó un 23 % entre los períodos 2000-2010 y 2010-2020.

→ **El cambio climático está haciendo que los bosques sean más vulnerables a factores de estrés abióticos y bióticos como incendios forestales y plagas.** La intensidad y frecuencia de los incendios forestales están aumentando. Los bosques boreales representaron casi una cuarta parte de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) debidas a incendios forestales en 2021. Se calcula que los incendios emitieron 6 687 megatoneladas de CO<sub>2</sub> en todo el mundo en 2023, lo que supone más del doble de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea debidas a la quema de combustibles fósiles en ese año. En los Estados Unidos, se prevé que 25 millones de ha de bosques sufrirán pérdidas superiores al 20 % del área basal de árboles hospederos debido a insectos y enfermedades de aquí a 2027.

→ **La producción mundial de madera ha alcanzado cifras sin precedentes, en torno a los 4 000 millones de m<sup>3</sup> anuales.** Se estima que en 2022 se recolectaron 2 040 millones de m<sup>3</sup> de madera en rollo industrial, un volumen similar a aquel de 2021. En 2022 se recolectaron unos 1 970 millones de m<sup>3</sup> para

combustible de madera, lo que representa algo menos de la mitad (49,4 %) del total de madera recolectada; la proporción fue mucho mayor en África, con un 90 %.

→ **Casi 6 000 millones de personas utilizan productos forestales no maderables.** De estas personas, 2 770 millones son usuarios rurales en el Sur del mundo. Según los recientes datos sobre el comercio internacional de piñones, hongos y trufas forestales, la suma de las exportaciones mundiales de estos productos alcanzó unos 1 800 millones de USD en 2022.

→ **Las proyecciones hasta 2050 indican aumentos considerables de la demanda de madera, aunque en un rango amplio.** La demanda mundial de madera en rollo podría aumentar hasta un 49 % entre 2020 y 2050, impulsada principalmente por la demanda de madera en rollo industrial, aunque esta proyección está sujeta a una considerable incertidumbre. La eficiencia en el uso de la madera aumentó un 15 % entre 1961 y 2022.

→ **Dado el rápido cambio de las condiciones ambientales y las crecientes demandas sobre los bosques, se requiere más innovación en el sector forestal.** Tres imperativos impulsarán esta innovación: 1) el aumento de los factores de estrés, entre ellos el cambio climático, que exigirá nuevos enfoques de gestión de los bosques y las tierras; 2) el cambio hacia una bioeconomía en la que la madera será un insumo fundamental; y 3) las oportunidades que ofrece la amplia gama de productos forestales no madereros para, posiblemente, miles de millones de pequeños productores.

En este capítulo se presentan datos recientes sobre los recursos forestales y la producción de productos madereros y productos forestales no madereros (PFNM)<sup>d</sup>, así como proyecciones sobre la demanda futura de madera<sup>e</sup>. Dados los crecientes efectos de factores de estrés como incendios y plagas sobre los bosques, y las múltiples funciones que estos pueden desempeñar como solución a los desafíos mundiales, en el capítulo se analiza la necesidad de enfoques innovadores para la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques. ■

## 2.1 LOS DATOS RECIENTES INDICAN UNA REDUCCIÓN CONSIDERABLE DE LA DEFORESTACIÓN EN ALGUNOS PAÍSES

En 2020, los bosques cubrían unos 4 100 millones de ha (31 %) de la superficie terrestre mundial<sup>18</sup>. La mayor parte se encuentra en los trópicos, seguidos de las regiones climáticas boreal, templada y subtropical. Más de la mitad (54 %) de los bosques del mundo se encuentra en solo cinco países: la Federación de Rusia, el Brasil, el Canadá, los Estados Unidos de América y China (en orden descendente, por superficie). En diez países se concentran dos tercios de la superficie forestal mundial, entre los que también se encuentran Australia, la República Democrática del Congo, Indonesia, el Perú y la India (en orden descendente).

Se calcula que 420 millones de ha de bosques se convirtieron a otros usos de la tierra entre 1990 y 2020<sup>18</sup>. La tasa de deforestación disminuyó

<sup>d</sup> Los PFNM son bienes de origen biológico distintos de la madera derivados de los bosques, de otras tierras boscosas y de los árboles fuera de los bosques. Los productos forestales no maderables incluyen generalmente todos los PFNM, más determinados materiales leñosos, como combustible de madera, y objetos de madera pequeños.

<sup>e</sup> Este capítulo no pretende ser un informe exhaustivo sobre el estado de los bosques del mundo, ya que la recopilación de datos para la próxima edición de la FRA (que se publicará en 2025) aún está en curso; su propósito es destacar los avances recientes importantes en materia de recursos forestales.

**CUADRO 1** LOS 10 PRINCIPALES PAÍSES DEL MUNDO EN FUNCIÓN DE LOS AUMENTOS NETOS ANUALES PROMEDIO DE LA SUPERFICIE FORESTAL, 2010-2020

Clasificación	País	Cambio neto anual (1 000 ha/año)
1	China	1 937
2	Australia	446
3	India	266
4	Chile	149
5	Viet Nam	126
6	Türkiye	114
7	Estados Unidos de América	108
8	Francia	83
9	Italia	54
10	Rumanía	41

FUENTE: FAO. 2020. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Informe principal*. Roma.

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-tab01> ↓

durante el período, de 15,8 millones de ha al año en el período 1990-2000 a 10,2 millones de ha al año en el período 2015-2020. Las tasas anuales de deforestación en el período 2015-2020 fueron de 4,41 millones de ha en África, 2,95 millones de ha en América del Sur y 2,24 millones de ha en Asia. La Evaluación global de los bosques por teledetección para la FRA de 2020 confirmó la tendencia a la baja de la deforestación mundial<sup>16</sup>.

La variación de la superficie forestal a lo largo del tiempo se debe a dos factores: la deforestación y la expansión de los bosques en zonas anteriormente destinadas a otros usos de la tierra. A escala mundial, se estima que la tasa neta de variación de la superficie forestal, que es la diferencia entre la expansión forestal y la deforestación, fue de -4,7 millones de ha al año en el período 2010-2020. Esta cifra fue considerablemente inferior a las registradas en las dos décadas anteriores (-7,8 millones de ha al año en el período 1990-2000 y -5,2 millones de ha al año en el período 2000-2010). En el **Cuadro 1** se muestran los 10 principales países del mundo en función de los aumentos netos anuales de la superficie forestal en el decenio hasta 2020.

Los datos preliminares recogidos para la edición de 2025 de la FRA indican una reducción

considerable de la tasa de pérdida de superficie forestal en algunos países que anteriormente se situaban entre los 10 primeros en este parámetro. Un análisis inicial de los datos de Indonesia para 2021-22 indicó un notable descenso del 8,4 % en la deforestación en comparación con 2020-21. Se trata de la tasa de deforestación más baja registrada de Indonesia desde que el Ministerio de Medio Ambiente y Actividad Forestal comenzó a hacer un seguimiento de las tasas anuales en 1990; en general, la tasa disminuyó casi un 90 % durante ese período<sup>19,20</sup>. El Brasil logró una extraordinaria reducción del 50 % de la deforestación en 2023 (en comparación con 2022) en la Amazonia Legal<sup>f</sup>, que constituye aproximadamente el 60 % de la superficie total del país<sup>22</sup>.

Los datos más recientes sobre la deforestación en el continente africano corroboran la conclusión de la evaluación por teledetección<sup>g</sup>, ya que indican una tasa decreciente de deforestación. Según las estadísticas derivadas utilizando la aplicación *Global Map of Forest Cover Changes and their Drivers* generada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, la tasa anual de deforestación en África disminuyó entre 2016-19 y 2020-22 en todas las subregiones y en el continente en su conjunto<sup>23</sup>. No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela, con sujeción a las cifras notificadas por los países que se publicarán en la edición de 2025 de la FRA.

## Manglares

Los manglares prestan importantes servicios ecosistémicos a cientos de millones de habitantes de las zonas costeras, apoyan una rica red alimentaria y proporcionan servicios de regulación como estabilización de las costas, absorción de nutrientes y almacenamiento de carbono. En 2023, la FAO publicó los resultados de un estudio sobre la superficie de manglares a nivel mundial y regional y analizó los cambios entre 2000 y 2020 con el objetivo de comprender mejor los motores del cambio y la manera en que

la importancia relativa de estos podría haber cambiado con el paso del tiempo<sup>24</sup>. En el estudio, se utilizó una metodología que combinaba teledetección y conocimientos locales para estimar la superficie y el cambio de los manglares, centrándose en el uso del suelo más que en la cubierta del suelo; fue el primer estudio mundial de este tipo sobre los manglares.

En el estudio, se estimó que la superficie mundial de manglares en 2020 ascendía a 14,8 millones de ha, de las cuales Asia meridional y sudoriental representaban casi el 44 % del total mundial. Entre 2000 y 2020 se produjo una disminución neta de 284 000 ha en la superficie de manglares de todo el mundo, lo que supuso una reducción global de aproximadamente el 1,9 %. La tasa de pérdida bruta mundial de manglares disminuyó un 23 % entre las dos últimas décadas (es decir, 2000-2010 y 2010-2020), y la tasa de aumento de la superficie de manglares también se redujo ligeramente. La mayor parte de las pérdidas y aumentos de manglares se registró en Asia. Los principales factores determinantes de la pérdida de manglares entre 2000 y 2020 fueron el desarrollo de la acuicultura y la retracción natural<sup>h</sup>, seguidos de la conversión a plantaciones de palmas aceiteras, cultivo de arroz y otras formas de agricultura. Debe tenerse en cuenta que los datos y métodos utilizados en el estudio no permitían separar las distintas prácticas de acuicultura, por lo que la categoría “acuicultura” se utilizó como término general, aunque la pérdida de manglares se asoció principalmente con la acuicultura de camarones en estanques y, en algunos casos aislados, con la cría de peces de aleta en estanques. Por lo tanto, la mayoría de las prácticas acuícolas no afectan a los manglares.

El estudio puso de relieve la importancia de la retracción natural como factor determinante de la pérdida de manglares. Los efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos extremos, son una amenaza para los manglares y aumentan la vulnerabilidad de las comunidades locales

<sup>f</sup> La Amazonia Legal del Brasil está formada por los estados de Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins y Mato Grosso también por los municipios del estado de Maranhão situados al oeste del meridiano 44<sup>21</sup>.

<sup>g</sup> Según la evaluación por teledetección, la deforestación anual en África disminuyó un 23 % entre 2000-2010 y 2010-18<sup>16</sup>.

<sup>h</sup> Por retracción natural se entienden los cambios o movimientos naturales en los lechos de los ríos, las aportaciones de sedimentos o los niveles del mar que conducen a la extinción local de un ecosistema de manglares. Es probable que estos cambios naturales se vieran exacerbados por los efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y fenómenos meteorológicos más graves.

### RECUADRO 3 MEJORA DE LOS PROCESOS DE RECOPIACIÓN Y DIFUSIÓN DE DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES

Una serie de herramientas y plataformas innovadoras está cambiando la forma en que se recopilan, analizan y difunden los datos sobre la tierra y los bosques, entre otras cosas para la FRA\*. Como parte de la Evaluación global de los bosques por teledetección para la FRA de 2020, la FAO capacitó a más de 800 expertos nacionales de 126 países y recogió datos en 400 000 lugares. En 2018, la FAO desarrolló la plataforma de la FRA<sup>25</sup> para reducir la carga de presentación de informes para los países, aumentar la coherencia de los datos notificados y facilitar las interacciones entre los colaboradores durante la recopilación y el análisis de los datos. Esto ofrece la ventaja adicional de contribuir a mejorar la difusión y el uso de los datos y otra información de la FRA, por ejemplo, entre el público.

Gracias a la introducción de la plataforma de la FRA, el proceso de recopilación de datos es totalmente digital. Permite realizar verificaciones cruzadas automatizadas entre los cuadros de presentación de informes para garantizar la coherencia, documentar

el proceso de presentación de informes para la memoria institucional, compartir el acceso a los datos y productos geoespaciales para apoyar la presentación de informes y descargar fácilmente los datos para su posterior análisis.

Para la edición de 2025 de la FRA, un apoyo de metadatos más sólido está permitiendo documentar mejor las cifras notificadas y los sistemas subyacentes de recopilación y análisis de datos. La mejora de las verificaciones cruzadas y de la interoperabilidad con las comunicaciones y ciclos de presentación de informes anteriores a través de la plataforma de la FRA también ayudará a evitar incoherencias derivadas de errores humanos, reducirá la carga y el costo de la presentación de informes para los países y permitirá hacer una transición hacia un proceso de presentación flexible, en el que los países puedan actualizar sus informes con nuevos datos dentro de los ciclos quinquenales de presentación de informes.

\* Véase FAO. Sin fecha. *Evaluación de los recursos forestales mundiales*. En: FAO. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/es/>.

ante las catástrofes. Aunque el cambio neto en la superficie de manglares a nivel mundial fue negativo entre 2000 y 2020, la extensión de la expansión natural superó a la superficie perdida por causas naturales<sup>i</sup> por un margen sustancial (63 %, esto es, 294 500 ha frente a 186 200 ha). Este hallazgo inesperado demuestra la capacidad de adaptación de los manglares a los cambios ambientales y la colonización de hábitats adecuados. El estudio muestra la necesidad de abordar los factores de la pérdida de manglares relacionados con el uso de la tierra, especialmente en el Asia sudoriental y África occidental y central, las dos subregiones con la mayor pérdida bruta de superficie de manglares durante el período estudiado.

La FAO sigue mejorando sus procesos para la evaluación de los recursos forestales (Recuadro 3). En 2025, cuando se publique la próxima edición de la FRA, se dispondrá de datos más actualizados sobre la deforestación y otros atributos de los bosques. ■

i Las causas naturales comprenden los efectos de catástrofes como los tsunamis.

## 2.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO ESTÁ HACIENDO QUE LOS BOSQUES SEAN MÁS VULNERABLES A FACTORES DE ESTRÉS ABIÓTICOS Y BIÓTICOS COMO INCENDIOS FORESTALES Y PLAGAS

### Incendios forestales

Se calcula que entre 340 y 370 millones de ha de la superficie terrestre se ven afectadas anualmente por incendios (lo que equivale a algo menos de la mitad de la superficie del continente australiano)<sup>26, 27</sup>. Se calcula que en 2023 se quemaron 383 millones de ha (según los datos del espectrorradiómetro de formación de imágenes

de resolución moderada [MODIS]), de las cuales más de 26 millones de ha eran bosques<sup>28</sup>. Cabe señalar, sin embargo, que es probable que superficie quemada real haya superado esta cifra, y que las mediciones sean incompletas debido a las limitaciones y dificultades asociadas a la detección de incendios pequeños, la cobertura temporal y la cobertura nubosa. En el África subsahariana, por ejemplo, los datos del Sentinel-2 (con una resolución espacial de 20 m) indicaron una superficie total quemada en 2019 un 120 % mayor que la estimada a partir de los datos del MODIS (con una resolución de 500 m). Esto confirma que los incendios no cartografiados por el MODIS aún no se han tenido en cuenta en los análisis mundiales<sup>29</sup>.

El fuego es una herramienta de ordenación de tierras muy utilizada para diversos fines socioecológicos<sup>30</sup>, pero los incendios incontrolados —incendios forestales— pueden tener importantes repercusiones negativas a escala local, nacional y mundial. La frecuencia e intensidad de los incendios forestales está aumentando, incluso en zonas que antes no se veían afectadas, sobre todo debido al cambio climático y al cambio del uso de la tierra. Por ejemplo, hasta ahora, los incendios boreales eran responsables de alrededor del 10 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono debidas a incendios forestales; sin embargo, en 2021, estos incendios alcanzaron un nuevo nivel máximo (impulsados en gran medida por la prolongada sequía, que provocó un aumento de la gravedad de los incendios y del consumo de combustible) y representaron casi un cuarto de las emisiones totales de los incendios forestales<sup>31</sup>. En 2023 se registró un aumento sin precedentes de la actividad de incendios en el hemisferio norte<sup>32</sup>. En el Canadá, se estima que 6 868 incendios quemaron 14,6 millones de ha<sup>33</sup>, o más de cinco veces veces el promedio de los últimos 20 años.

El aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, consecuencia en gran medida del cambio climático, puede acelerar los circuitos de retroalimentación positivos en el ciclo del carbono, lo que supone un desafío para los esfuerzos mundiales de mitigación del

cambio climático<sup>34</sup>. Las observaciones por satélite indican que, en 2023, los incendios emitieron 6 687 megatoneladas de dióxido de carbono a escala mundial<sup>k, 28</sup>, lo que supuso más del doble de las emisiones de dióxido de carbono estimadas por la Unión Europea debidas a la quema de combustibles fósiles en ese año (2 600 millones de toneladas)<sup>35</sup>. La combinación de enfoques indígenas y otros enfoques tradicionales del manejo del fuego con tecnologías y conocimientos modernos es una innovación emergente en diversos territorios de todo el mundo.

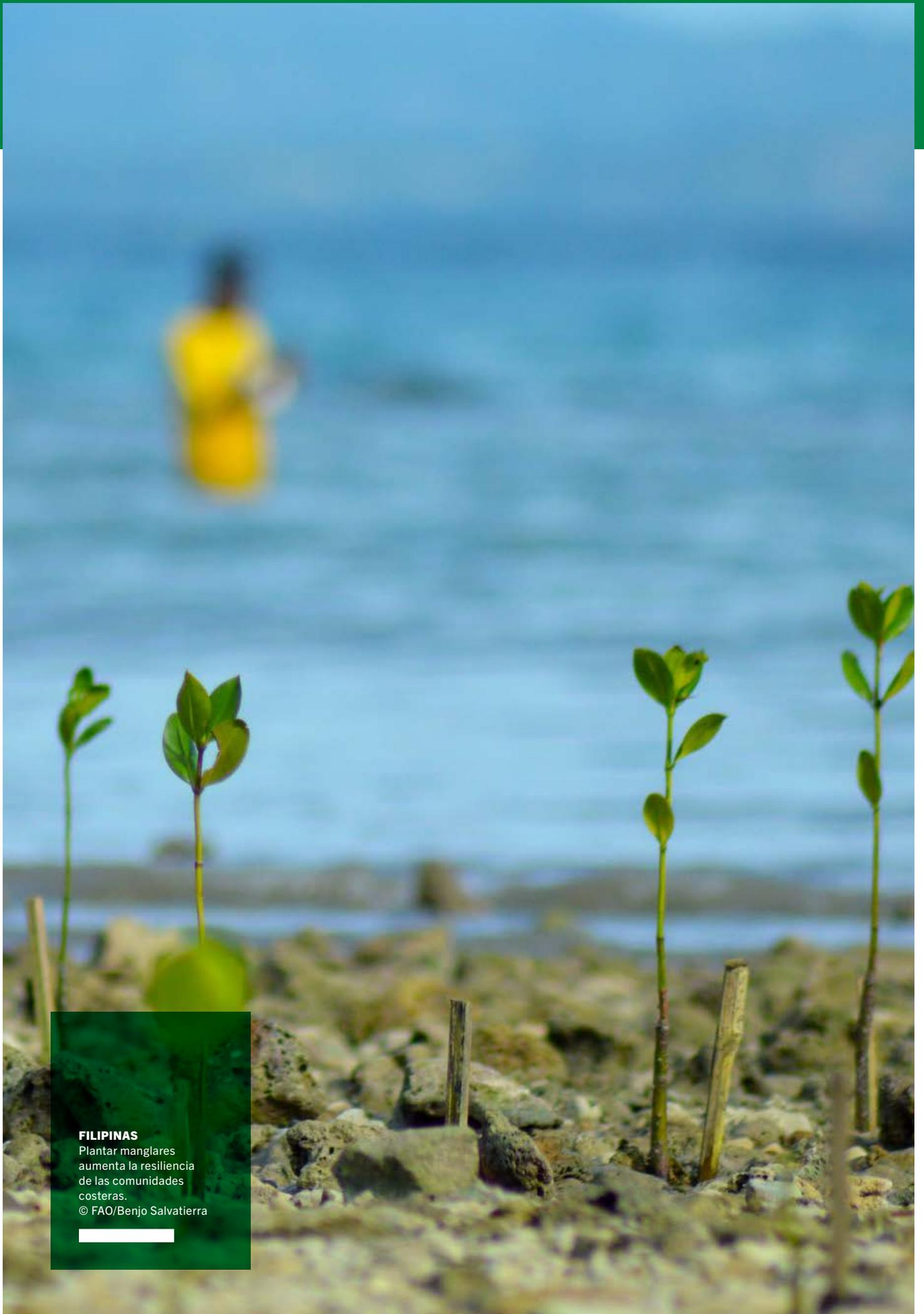
## Plagas

El cambio climático está haciendo que los bosques sean más vulnerables a las especies invasoras, provocando cambios en su distribución geográfica y fenología estacional y en aspectos de la dinámica de la población<sup>36</sup>. Las plagas de insectos y los patógenos de enfermedades pueden reducir el crecimiento y la supervivencia de los árboles, la calidad de la madera y la prestación de servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono. Los bosques de todo el mundo son vulnerables a las invasiones de especies de una amplia variedad de taxones<sup>37</sup>. El cambio climático y las malas prácticas de gestión forestal también están provocando un aumento de los brotes de plagas de insectos nativos, como los escarabajos de la corteza<sup>38</sup>.

La amenaza que suponen las plagas para los bosques es considerable: por ejemplo, el nematodo de la madera de pino ha causado importantes daños en los bosques de pino nativos de China, el Japón y la República de Corea. El Servicio Forestal de Corea informó la pérdida de 12 millones de pinos a causa del nematodo entre 1988 y 2022<sup>39</sup>. En los Estados Unidos, se prevé que 25 millones de ha de bosques sufrirán pérdidas superiores al 20 % del área basal de árboles hospederos debido a insectos y enfermedades de aquí a 2027<sup>40</sup>. »

k La estimación se basa en el conjunto de datos del Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios, que asimila las observaciones del poder radiativo del fuego procedentes de sensores por satélite para producir estimaciones diarias de las emisiones de los incendios forestales y la quema de biomasa. El poder radiativo del fuego es una medida de la energía que este libera y, por lo tanto, de la cantidad de vegetación quemada. Las observaciones del poder radiativo del fuego asimiladas actualmente en el Sistema Mundial de Asimilación de Datos sobre Incendios son los productos Terra MODIS y Aqua MODIS para los incendios activos.

j El MODIS es un sensor por satélite utilizado para realizar mediciones de la Tierra y el clima.



**FILIPINAS**

Plantar manglares  
aumenta la resiliencia  
de las comunidades  
costeras.

© FAO/Benjo Salvatierra



- » El seguimiento de la degradación forestal, incluidos brotes de plagas de insectos y enfermedades, se encuentra en una fase incipiente a escala mundial. También es difícil cuantificar el costo económico de los daños, que incluye pérdidas de madera, el costo de sustitución de los árboles y los efectos en los servicios ecosistémicos y los resultados socioeconómicos para las comunidades locales<sup>39</sup>. Se necesitan innovaciones tecnológicas y en materia de políticas para comprender y abordar más adecuadamente las causas interrelacionadas de las perturbaciones en los bosques, como los incendios, las plagas y las enfermedades —y los efectos del cambio climático sobre ellos—, y adoptar enfoques más integrados para su gestión, así como aumentar la resiliencia de los bosques y de las personas que dependen de ellos<sup>40</sup>. ■

## 2.3 LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MADERA HA ALCANZADO CIFRAS SIN PRECEDENTES, EN TORNO A LOS 4 000 MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES

Las estadísticas relativas a la producción y el comercio de productos forestales se han centrado históricamente en los productos a base de madera, que son los principales productos derivados de los bosques que cuentan con mercados consolidados. Aunque la situación está cambiando, para muchos propietarios de bosques y personas responsables de la gestión forestal, la madera y los productos de fibra de madera siguen siendo la fuente más importante de ingresos y empleo en la actividad forestal, y representan la mayor parte del valor del comercio mundial de productos forestales (Figura 1). En esta sección se examina el estado de la producción y el comercio de madera; los PFM —para los que cada vez se dispone de más datos— se abordan en la sección siguiente. Los datos sobre el rendimiento monetario de

los servicios forestales son más escasos y no se informan aquí. Sin embargo, se reconoce que las sociedades dependen en gran medida de los servicios forestales: por ejemplo, se calcula que más de la mitad del producto interno bruto (PIB) mundial depende considerablemente de servicios ecosistémicos, entre ellos los servicios forestales<sup>4</sup>.

Las extracciones mundiales de madera en rollo (que también se utiliza como aproximación de la producción y el consumo mundial de madera en rollo) aumentaron de forma constante entre 1961 y 1990, se mantuvieron relativamente estables durante dos decenios, en torno a los 3 500 millones de m<sup>3</sup> anuales (Figura 2)<sup>1</sup>, y volvieron a aumentar aproximadamente a partir de 2010. En 2022 se produjo un 13 % más de madera en rollo que en 1990. Dado que, en el mismo período, la población mundial aumentó un 50 % y el PIB mundial per cápita creció un 174 %, el crecimiento de la producción de madera en rollo puede considerarse moderado, ya que la producción de madera per cápita ha disminuido en los últimos decenios<sup>41</sup>.

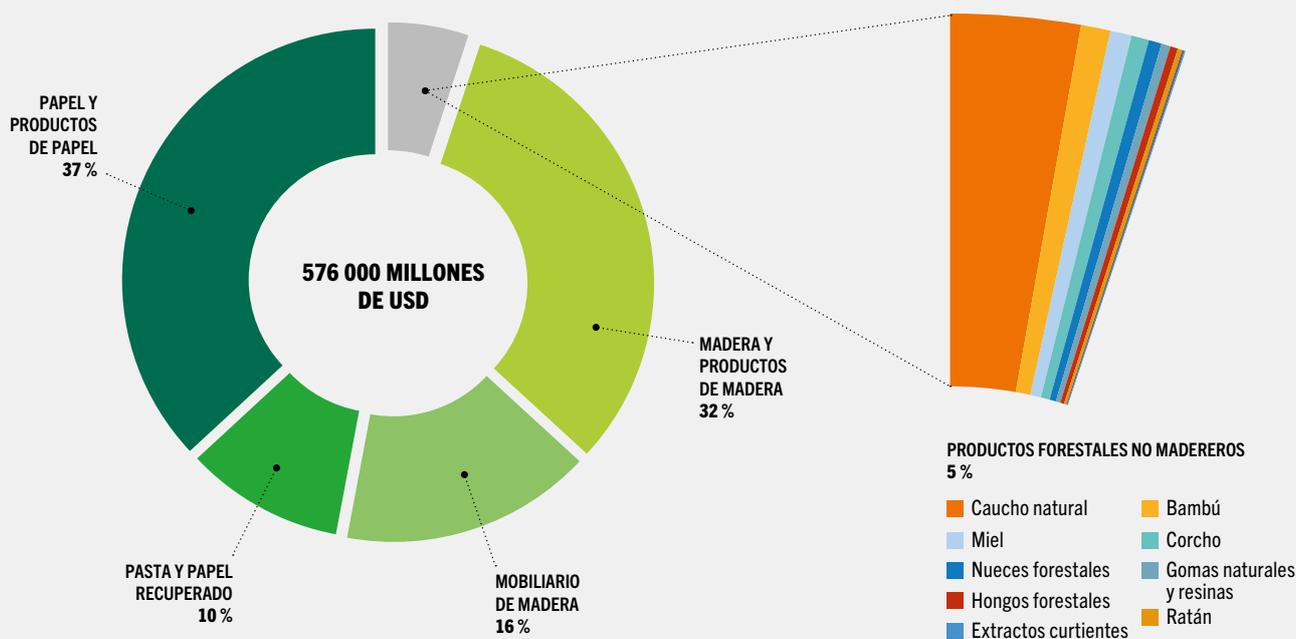
En los últimos años, las extracciones mundiales de madera en rollo han ascendido a unos 4 000 millones de m<sup>3</sup> anuales, de los que aproximadamente la mitad se han utilizado como combustible, ya sea directamente (como leña) o en la producción de carbón vegetal y pellets. La mayor parte de los 2 000 millones de m<sup>3</sup> restantes de madera extraída al año se ha utilizado como materia prima (es decir, madera en rollo industrial) para producir madera aserrada, tableros a base de madera y pasta de madera. La mayor parte de la pasta de madera y del papel recuperado se ha utilizado para la producción de papel y cartón<sup>m</sup>.

La pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) tuvo repercusiones relativamente a corto plazo en la producción y el comercio

1 Dos factores políticos explican el estancamiento registrado en la década de 1990: el colapso de la Unión Soviética y la reunificación de Alemania Oriental y Occidental. La recesión económica mundial de 2001-02 y la crisis financiera mundial de 2008-09 también fueron factores importantes.

m En la base de datos FAOSTAT-Forestal, disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>, se presentan datos detallados sobre 59 categorías de productos madereros, 24 grupos de productos y más de 245 países y territorios.

**FIGURA 1** PROPORCIÓN DE LAS EXPORTACIONES MUNDIALES DE PRODUCTOS FORESTALES, POR CATEGORÍA DE PRODUCTO, 2022



NOTA: Madera = madera sin transformar (madera en rollo, también denominada “madera en bruto”; incluye troncos, madera para pasta, otra madera en rollo industrial y combustible de madera); productos madereros = todos los productos transformados o elaborados excepto muebles (carbón vegetal, astillas, pellets y briquetas, madera aserrada, tableros y productos madereros transformados ulteriormente, como casas prefabricadas de madera, puertas y marcos de ventanas). Los muebles de madera también son un producto de madera, pero en el gráfico se muestran como una categoría separada.

FUENTES: FAO. 2023. FAOSTAT: Forestal Producción y Comercio. Roma. [Consultado el 29 de diciembre de 2023].

<https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0 y UN Comtrade. 2023. Base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio Internacional. Nueva York. [Consultado el 29 de diciembre de 2023]. <https://comtradeplus.un.org/>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig01> ↓

de productos forestales: tras disminuir significativamente en 2020, la producción y el comercio mundiales de casi todos los principales productos madereros alcanzaron máximos históricos en 2021. La producción y el comercio de la mayoría de los productos madereros disminuyeron en 2022 debido a las interrupciones de las cadenas mundiales de suministro, combinadas con una ralentización de la demanda de los consumidores y la introducción de nuevas restricciones comerciales en algunos países.

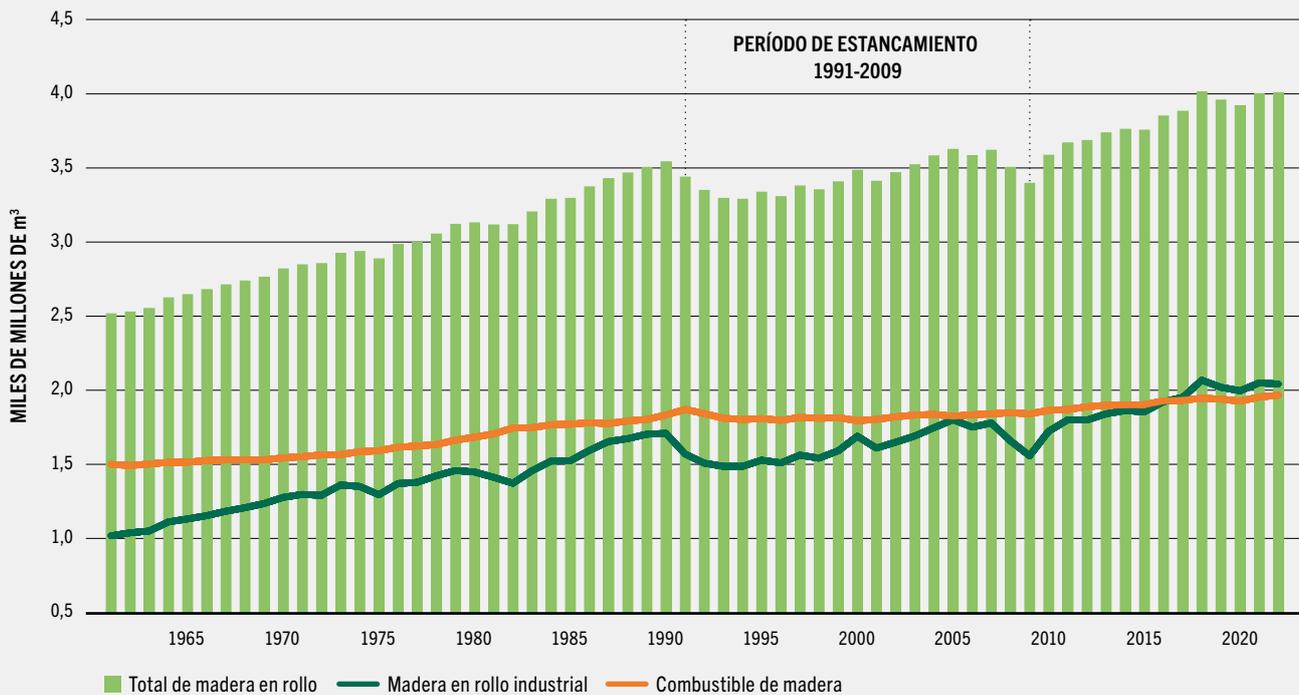
Las extracciones mundiales de madera en rollo industrial prácticamente no variaron en 2022 respecto a 2021, y se situaron en 2 040 millones de m<sup>3</sup>, lo que supuso un volumen récord (Figura 2).

El comercio mundial descendió bruscamente en 2022 —un 17 %— hasta 119 millones de m<sup>3</sup>, de los que un 37 % correspondía a importaciones de China. Las restricciones a la exportación de troncos introducidas por la Federación de Rusia dieron cuenta de la mitad de la contracción mundial<sup>17, 42</sup>.

### Proporción de combustible de madera en la producción total de madera

La biomasa maderera, especialmente la leña y el carbón vegetal de los bosques, proporcionan servicios básicos fundamentales de energía para cocinar y calentarse. Alrededor de 2 300 millones de personas en todo el mundo (el 29 % de la

**FIGURA 2** PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MADERA EN ROLLO, INCLUIDA LA DE MADERA EN ROLLO INDUSTRIAL Y LA DE COMBUSTIBLE DE MADERA, 1961-2022



FUENTE: FAO. 2023. FAOSTAT: Forestal Producción y Comercio. Roma. [Consultado el 15 de octubre de 2023].  
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0.

población mundial) dependían de la biomasa maderera para estos fines en 2021, sobre todo en el África subsahariana y Asia meridional<sup>43</sup>. La proporción de combustible de madera en la producción mundial de madera en rollo disminuyó del 60 % en 1961 al 49,4 % en 2022 (Cuadro 2), mientras que, en el mismo año (2022), la proporción era del 90 % en África y del 60 % en Asia<sup>17</sup>. La producción de madera en rollo industrial superó a producción de combustible de madera por primera vez en la historia en 2018 (Figura 2).

En general, se considera que el combustible de madera es la fuente de energía más asequible y fiable, especialmente para las personas de ingresos bajos del Sur del mundo y las personas afectadas por desastres y crisis humanitarias. Entre las principales preocupaciones relativas al

uso generalizado de combustible de madera se encuentran su repercusión en la degradación de los bosques y la deforestación, la contaminación del aire interior derivada de la combustión de leña con estufas rudimentarias y las consecuencias para los usos de la madera de mayor valor añadido.

La mayor parte (82 %) del combustible de madera se produce y utiliza en África, Asia y América del Sur; el resto corresponde al 13 % de Europa y América Septentrional y al 5 % en el resto del mundo (Cuadro 2). Más de la mitad de la madera en rollo industrial del mundo se produce en Europa y América Septentrional, mientras que el 39 % se produce en África, Asia y América del Sur combinados. ■

**CUADRO 2** PRODUCCIÓN DE MADERA EN ROLLO, POR USO PRINCIPAL, 2022

	Combustible de madera	Madera en rollo industrial	Total de madera en rollo
<b>Mundial</b> (miles de millones de m <sup>3</sup> )	1,97	2,04	4,01
Proporción del total de madera en rollo (%)	49,40	50,60	
<b>África + Asia + América del Sur</b> (miles de millones de m <sup>3</sup> )	1,61	0,79	2,40
Proporción del total mundial (%)	82,00	39,00	60,00
<b>Europa + América Septentrional</b> (miles de millones de m <sup>3</sup> )	0,26	1,17	1,43
Proporción del total mundial (%)	13,00	57,00	36,00

FUENTE: FAO. 2023. FAOSTAT: Forestal Producción y Comercio. Roma. [Consultado el 15 de octubre de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0.

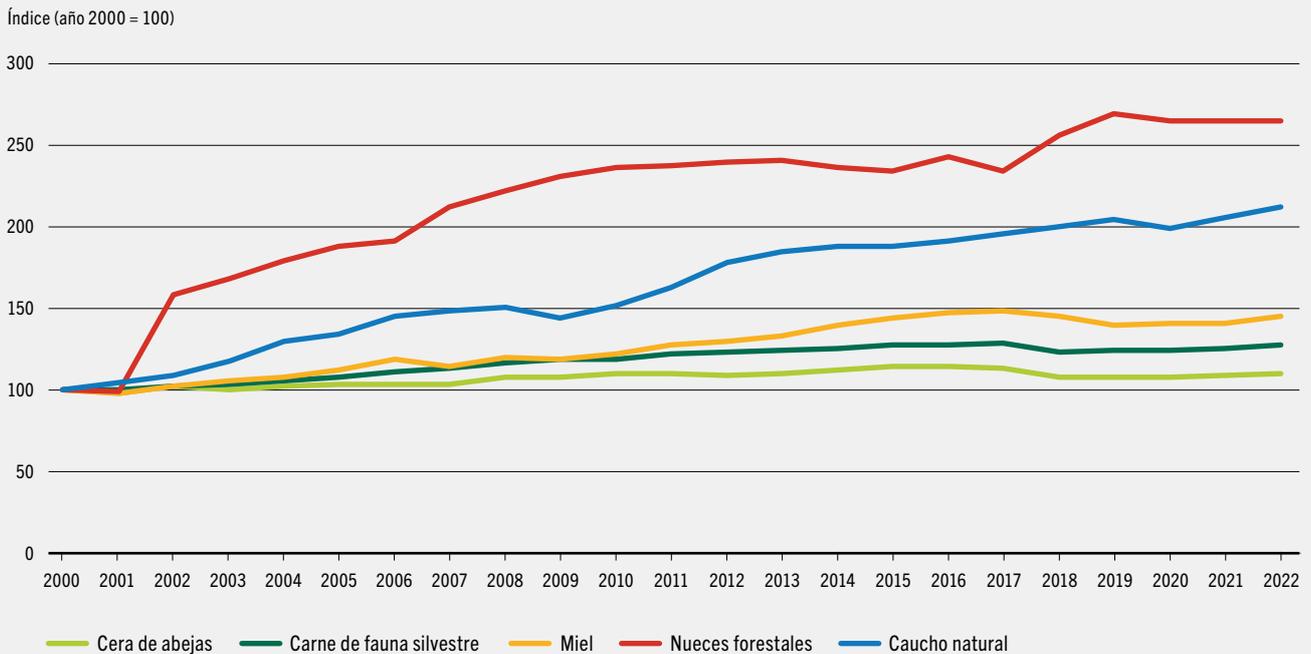
<https://doi.org/10.4060/cd1211en-tab02> ↓

## 2.4 CASI 6 000 MILLONES DE PERSONAS UTILIZAN PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES

Se calcula que 5 800 millones de personas utilizan productos forestales no maderables en todo el mundo. De estas personas, 2 770 millones son usuarios rurales en el Sur del mundo<sup>44</sup>. Alrededor del 50 % de la población mundial utiliza especies recolectadas en el medio silvestre (se calcula que el número total de especies utilizadas asciende a 50 000 especies), y el 70 % de las personas pobres del mundo depende de las especies silvestres para obtener alimentos, medicamentos, energía e ingresos y para otros fines<sup>45</sup>. Las mujeres desempeñan un papel esencial en la producción de productos forestales no maderables, especialmente en África y Asia, ya que son las principales poseedoras de conocimientos tradicionales, recolectoras de plantas silvestres comestibles y comerciantes de productos forestales no maderables en pequeña escala (los hombres suelen poseer y gestionar empresas más grandes). Además de las exigencias físicas, las normas sociales locales, las preocupaciones respecto a la seguridad personal y las responsabilidades domésticas pueden limitar las oportunidades de las mujeres para desarrollar productos forestales no maderables<sup>46</sup>.

Muchos productos forestales no maderables tienen un valor considerable. En la India, los productos forestales no maderables apoyan los medios de vida de unos 275 millones de personas, y las comunidades locales y los Pueblos Indígenas obtienen de ellos hasta el 40 % de sus ingresos<sup>47</sup>; en Europa, se estima que el valor de los PFNM (véase la definición en la nota a pie de página “d”), incluidos los mercados formales e informales y el consumo propio, asciende a 23 300 millones de EUR anuales<sup>48</sup>. En Malawi, un análisis reciente basado en una encuesta nacional indicó que el 22 % de la población consume hortalizas de hoja verde silvestres, lo que contribuye a cumplir las recomendaciones diarias de consumo de frutas y hortalizas<sup>49</sup>. La carne de animales silvestres es un alimento tradicional de muchos cazadores-recolectores indígenas. Más recientemente, se ha estimado que el consumo de carne de animales silvestres en 62 centros urbanos del estado brasileño de Amazonas asciende a 10 691 toneladas anuales; el valor monetario de este consumo (35,1 millones de USD) es comparable al de la producción pesquera y de madera en la región<sup>50</sup>. Las ventas de carne de animales silvestres en Iquito (en la Amazonia peruana) han aumentado a un ritmo de 6,4 toneladas anuales en los últimos 45 años, en consonancia con el crecimiento de la población urbana<sup>51</sup>. Los peces continentales, ya sean recolectados directamente por los hogares o a través de la pesca continental comercial, suelen ser productos forestales debido a su fuerte dependencia de la calidad, cantidad y periodicidad de los flujos de agua dulce procedentes de los bosques de tierras altas, ribereños y de llanuras

**FIGURA 3** TENDENCIAS DEL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE CINCO PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS, 2000-2022



NOTA: Las nueces forestales y el caucho natural experimentaron el mayor crecimiento de la producción entre 2000 y 2022 (165 % y 113 %, respectivamente); la miel, la carne de fauna silvestre y la cera de abejas tuvieron incrementos menores. Los consumidores son cada vez más conscientes de los beneficios para la salud relacionados con el consumo de productos forestales comestibles, como nueces y miel, y existe un creciente interés en los ingredientes naturales y obtenidos de forma sostenible. Las nuevas tecnologías también han contribuido a impulsar el crecimiento del volumen de producción. La miel natural y la cera de abejas incluyen productos tanto forestales como agrícolas.

FUENTE: FAO. 2023. FAOSTAT: Cultivos y productos de ganadería. Roma. [Consultado el 29 de diciembre de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Licencia: CC-BY-4.0.

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig03> ↓

aluviales, así como de los hábitats fluviales que estos bosques y flujos crean. Se calcula que la pesca de captura continental mundial aportó 11,4 millones de toneladas de pescado en 2021<sup>52</sup>.

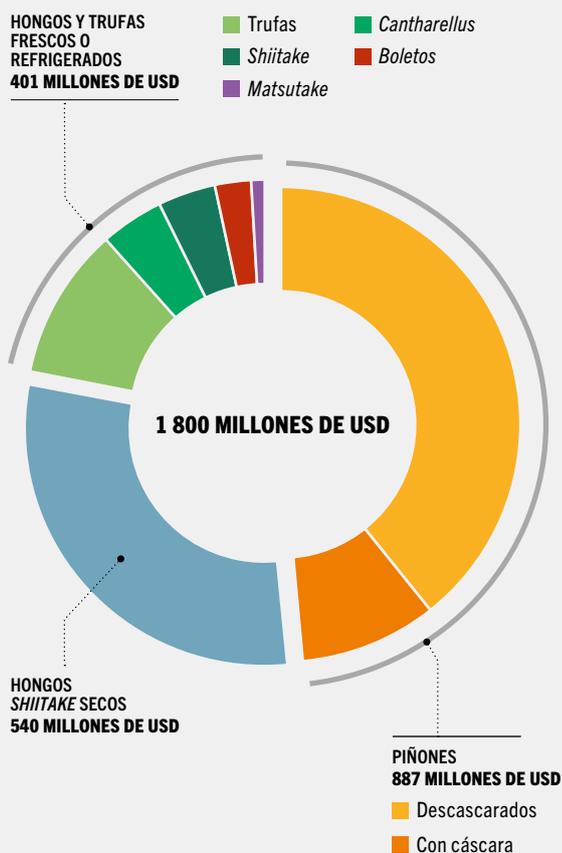
En la **Figura 3** se muestran las tendencias en la producción de cinco PFNM primarios a nivel mundial, como se informa en FAOSTAT. En general, la producción ha seguido una tendencia al alza en los dos últimos decenios.

Se dispone de nuevos datos (a partir de 2022) para los piñones, los hongos y las trufas forestales, debido en parte a las iniciativas de la FAO destinadas a introducir nuevos códigos de comercio para los PFNM (**Figura 4**). Ahora (a partir

de 2022), también es posible hacer el seguimiento del comercio de la corteza de *Prunus africana* (de la que se ha informado que tiene propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y antivirales en estudios *in vivo* e *in vitro*<sup>53</sup>), que ha recibido una atención considerable debido preocupaciones en torno a la sostenibilidad del comercio.

El reciente aumento de la disponibilidad de datos sobre los PFNM está arrojando luz sobre un conjunto de recursos forestales que antes se consideraban de escaso valor comercial y limitados principalmente al uso de subsistencia por parte de las personas que viven en los bosques o cerca de ellos. Cada vez resulta más claro que muchos PFNM tienen un valor de

**FIGURA 4** EXPORTACIONES MUNDIALES DE PIÑONES, HONGOS Y TRUFAS FORESTALES, 2022



FUENTE: UN Comtrade. 2023. Base de Datos Estadísticos de las Naciones Unidas sobre el Comercio Internacional. Nueva York. [Consultado el 29 de diciembre de 2023]. <https://comtradeplus.un.org/>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig04> ↓

mercado considerable por cantidad producida, a menudo comparable y complementario al valor los productos madereros<sup>n</sup>. Es necesario seguir mejorando las prácticas estadísticas y el seguimiento de los PFNM para facilitar la elaboración de políticas y programas de base científica que puedan aprovechar plenamente el potencial de esos recursos, entre otras cosas en el contexto de la bioeconomía. ■

<sup>n</sup> Con ello no se pretende restar importancia a muchos PFNM para el uso local y de subsistencia, que sigue siendo considerable.

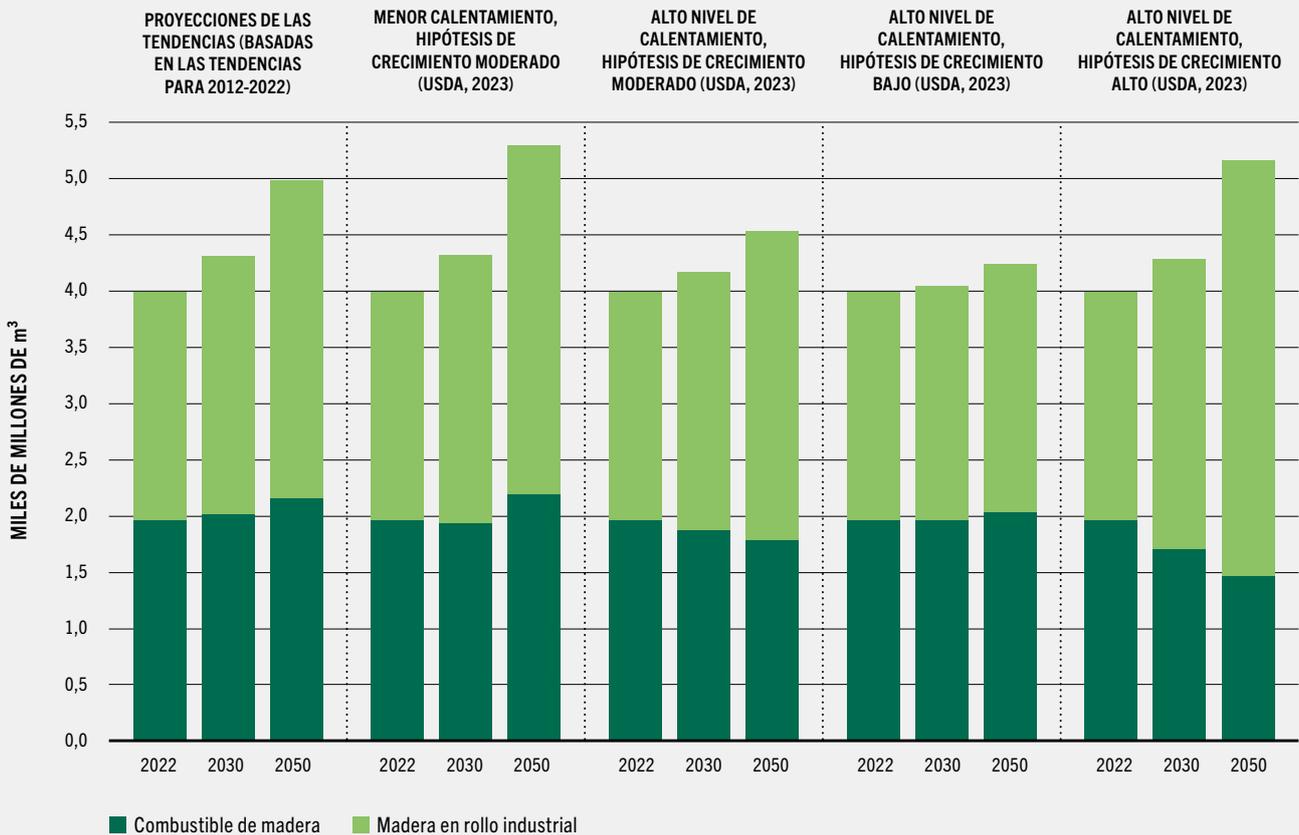
## 2.5 LAS PROYECCIONES HASTA 2050 INDICAN AUMENTOS CONSIDERABLES DE LA DEMANDA DE MADERA, AUNQUE EN UN RANGO AMPLIO

Los bosques —y su gestión sostenible— pueden desempeñar un papel importante en la transformación hacia la bioeconomía gracias a la producción de materiales renovables y servicios ecosistémicos, al tiempo que mejoran la biodiversidad y apoyan los medios de vida y la creación de ingresos. Es probable que la madera desempeñe un papel fundamental.

En la edición de 2022 del SOFO se analizó el posible papel futuro de la madera en la bioeconomía. Desde entonces, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha generado nuevas proyecciones de la demanda mundial de madera en rollo y productos forestales utilizando el Modelo de perspectivas de los recursos forestales (Forest Resource Outlook Model [FOROM]). Se realizan proyecciones para cuatro hipótesis de calentamiento mundial debido al cambio climático y crecimiento económico: 1) menor calentamiento, crecimiento moderado; 2) alto calentamiento, bajo crecimiento; 3) alto calentamiento, crecimiento moderado; y 4) alto calentamiento, alto crecimiento, basadas en los cuatro escenarios de “trayectorias socioeconómicas compartidas” del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>54</sup>, que presuponen diferentes políticas climáticas.

En la **Figura 5** se muestra la demanda mundial de madera en rollo de acuerdo con las proyecciones del USDA y las proyecciones de tendencias (según las estimaciones realizadas para este informe; véase la nota de la **Figura 5**) hasta 2030 y 2050<sup>55</sup>. Las proyecciones de tendencias asumen que los futuros cambios en la demanda de madera en

**FIGURA 5** PROYECCIONES PARA LA DEMANDA MUNDIAL DE MADERA EN ROLLO PARA 2030 Y 2050



NOTA: En esta figura se excluye la categoría de la FAO “otra madera en rollo” (es decir, madera en rollo utilizada para curtido, destilación, cerillas, postes, etc.), que representa entre el 3 % y el 4 % de la producción total de madera en rollo.

FUENTES: Las proyecciones de tendencias fueron estimadas para este informe por L. Hetemäki, de la Universidad de Helsinki, a partir de datos del período 2012-2022; los datos para las proyecciones del USDA (2023) se obtuvieron de Johnston, C.M.T., Guo, J. y Prestemon, J.P., 2023. RPA forest products market data for U.S. RPA Regions and the world, 2015-2070, historical (1990-2015), and projected (2020-2070) using the Forest Resource Outlook Model (FOROM). Segunda edición. En: *Archivo de datos de investigación del Servicio Forestal*. <https://doi.org/10.2737/RDS-2022-0073-2>

<https://doi.org/10.4060/cd1211en-fig05>

rollo concuerdan con las tendencias estimadas a partir de los datos del período 2012-2022 y pueden considerarse una hipótesis sin cambios.

Según las proyecciones, la producción mundial de madera en rollo aumentará entre un 4 % y un 8 % entre 2022 y 2030, en función del escenario; por lo tanto, se prevé que el crecimiento sea moderado en un futuro próximo. La producción podría aumentar entre un 6 % y un 32 % entre 2022 y 2050 (con una incertidumbre que aumenta notablemente en el período más

prolongado). En cuanto al volumen de madera en rollo, el aumento previsto hasta 2050 oscila entre 240 millones de m<sup>3</sup> y 1 200 millones de m<sup>3</sup>, según la hipótesis.

Cabe señalar que las proyecciones de la **Figura 5** se basan en datos que describen los mercados actuales. Por lo tanto, no incorporan nuevos productos o la demanda futura de productos que puedan estar en las primeras fases de desarrollo. Además, los principales factores determinantes utilizados en las estimaciones del USDA, basadas

#### RECUADRO 4 ADICIÓN DE VALOR PARA AUMENTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LOS BOSQUES

Según un análisis reciente<sup>58</sup>, la Unión Europea representa solo el 3,9 % de la superficie forestal total del mundo, pero el 43 % del valor de las exportaciones mundiales de productos forestales (127 000 millones de USD en 2022)<sup>17</sup>. Por el contrario, en África se encuentra casi el 16 % de la superficie forestal mundial, pero produce menos del 2 % del valor de las exportaciones mundiales de productos forestales. Esto se debe a que en África se utiliza alrededor del 90 % de la madera recolectada como combustible para calentarse y cocinar, y la mayor parte de las exportaciones de madera son de madera no transformada (es decir, madera en rollo). Por lo tanto, África no solo conserva menos del 10 % del valor de su madera, sino que su industria crea menos del 10 % de los puestos de trabajo que podría generar si produjera y

exportara una mayor proporción de productos acabados y semiacabados<sup>59</sup>.

Algunos países africanos están intentando añadir valor a sus exportaciones de madera. Por ejemplo, el Gabón ha prohibido las exportaciones de troncos desde 2010 con el objetivo de fomentar una mayor transformación de la madera en el país; posteriormente, la producción de madera aserrada se multiplicó casi por cuatro entre 2009 y 2022 (de 2,8 millones de m<sup>3</sup> a 10,3 millones de m<sup>3</sup>) y las exportaciones de madera en rollo se redujeron casi a un valor nulo (de 1,7 millones de m<sup>3</sup> en 2009 a 0,01 millones de m<sup>3</sup> en 2022). El Gobierno del Gabón ha puesto en marcha otra serie de medidas en materia de políticas para desarrollar el sector forestal del país<sup>60</sup>.

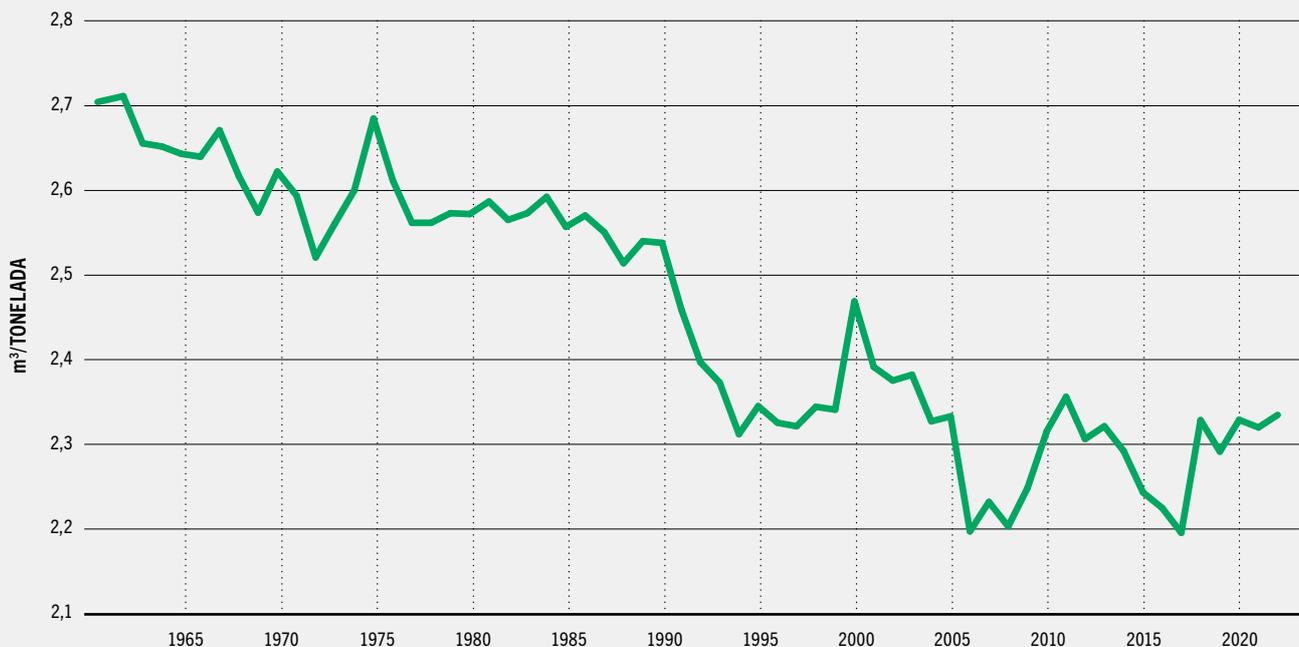
en el FOROM, son el crecimiento económico y el crecimiento demográfico; el modelo no incluye explícitamente (por ejemplo) la sustitución de productos forestales y productos derivados de combustibles fósiles como un factor impulsor. Otras limitaciones del modelo son el retraso en la incorporación de nuevos datos y la agregación de algunas categorías de productos (por ejemplo, productos madereros de alta tecnología, biocombustibles y productos químicos).

La FAO ha realizado estimaciones adicionales para incluir los posibles efectos de tres productos forestales de nueva aparición que se consideran los productos madereros más prometedores para la sustitución a gran escala de materiales no renovables: 1) madera en masa/madera laminada cruzada para la construcción<sup>o</sup>; 2) fibras celulósicas artificiales a partir de la disolución de pasta de madera, que se utilizan principalmente en la industria textil; y 3) combustible de madera para bioenergía<sup>56</sup>. Se estima que la demanda de estos productos aumentará el consumo de

madera en rollo en hasta 272 millones de m<sup>3</sup> al año en 2050 en comparación con 2020, lo que supone un aumento total (nivel de referencia + nuevos productos) del consumo (producción) mundial de madera en rollo de aproximadamente el 49 % durante el período. Cabe señalar que estas proyecciones se centran en la demanda de productos madereros. Las múltiples vías en las que se combinan el aumento de la recolección y la eficiencia del proceso de elaboración, el reciclaje y la plantación de bosques y árboles, en particular en los sistemas agroforestales y sobre la base iniciativas de restauración, pueden conducir a un volumen de suministro sostenible de madera capaz de atender el aumento de la demanda, apoyando la bioeconomía<sup>57</sup>.

En consonancia con los estudios tradicionales sobre las perspectivas del sector forestal, el análisis anterior se centra en las proyecciones basadas en el volumen de los productos forestales y la madera en rollo. Sin embargo, para las economías nacionales y los ingresos del sector forestal, el valor de estos productos puede ser más importante que sus volúmenes (Recuadro 4).

<sup>o</sup> La madera en masa comprende varios productos, como madera laminada cruzada, madera laminada clavada, madera laminada encolada, madera laminada con espigas, tableros de madera en masa de chapas, postes y vigas y tarimas de madera pesada, fabricados usualmente a partir de madera aserrada, chapas y madera contrachapada y, a veces, una combinación de las tres, para su uso en la construcción moderna de varias plantas<sup>57</sup>.

**FIGURA 6** EFICIENCIA DEL USO DE LOS RECURSOS PARA LA MADERA EN ROLLO INDUSTRIAL, 1961-2022

FUENTE: FAO. 2023. FAOSTAT: Forestal Producción y Comercio. Roma. [Consultado el 15 de octubre de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0.

## Es probable que disminuya la demanda de combustible de madera

Las proyecciones que se sintetizan en la **Figura 5** sugieren que el consumo de combustible de madera aumentará moderadamente o disminuirá ligeramente, según cuál de las cinco hipótesis futuras de crecimiento económico y demográfico se considere. Una síntesis de las simulaciones de modelos realizadas por la FAO mostró distintas estimaciones de consumo, principalmente en función de las hipótesis subyacentes sobre el uso tradicional del combustible de madera en las economías en desarrollo y el futuro papel de la madera en el suministro mundial de energía<sup>56</sup>. En esta síntesis, el consumo mundial estimado de combustible de madera procedente de los bosques en 2050 oscilaba entre 2 300 millones de m<sup>3</sup> y 2 700 millones de m<sup>3</sup>, lo que supone un aumento del 17 % y del 37 %, respectivamente, en comparación con el consumo de 2022.

Varias tendencias importantes determinarán el consumo futuro de combustible de madera: el crecimiento demográfico, especialmente en África y Asia meridional; la expansión de formas alternativas de energía, como las energías solar y eólica; la adopción de tecnologías más eficientes, como estufas de cocina modernas; y las políticas que restringen o fomentan el uso de combustible de madera.

## Es probable que aumente la demanda de madera en rollo industrial

Es probable que algunas tendencias, como el cambio hacia la bioeconomía y el desarrollo de nuevos productos, aumenten la demanda de madera en rollo hasta 2050 y posteriormente. También se prevé que aumente la demanda de algunos productos existentes, como el papel de embalaje, la madera aserrada y la madera contrachapada; por el contrario, se

registra una disminución de la producción de algunos productos madereros tradicionalmente importantes (por ejemplo, papel de periódico y para imprimir y escribir, debido al cambio hacia la comunicación digital), lo que reducirá la demanda de madera en rollo industrial para estos fines. Por ejemplo, una estimación realizada para este informe<sup>p</sup> sugiere que la disminución continuada de la producción de papel para artes gráficas conforme a las tendencias actuales reduciría la demanda de madera en rollo para esos fines unos 133 millones de m<sup>3</sup> de aquí a 2030.

## Eficiencia en el uso de la madera

La **Figura 6** muestra que el volumen de madera en rollo industrial necesario para producir una unidad de volumen de madera aserrada acabada, tableros de madera y papel y cartón disminuyó aproximadamente un 15 % entre 1961 y 2022<sup>q</sup>, y alrededor de un 5,7 % desde 2000; en otras palabras, en 2022 podría producirse un 15 % más de producto acabado que en 1961 para el mismo volumen de madera en rollo. Si esta tendencia de aumento de la eficiencia se mantiene durante los dos próximos decenios, en 2040 se podrá producir el mismo volumen de producto que hoy en día utilizando 116 millones de m<sup>3</sup> menos de madera en rollo industrial.

## Incertidumbre respecto al suministro futuro de madera

El suministro futuro de madera en rollo está sujeto a factores de incertidumbre, por ejemplo,

<sup>p</sup> Si se mantiene la tendencia observada desde 2012, el consumo mundial de papel gráfico disminuirá de 93,2 millones de toneladas en 2022 a 56,3 millones de toneladas de aquí a 2030. Basándose en la proporción de producción de papel gráfico que tiene el papel prensa, que utiliza principalmente pasta mecánica y papel reciclado, se puede suponer que la producción de papel gráfico comprende aproximadamente un 90 % de fibra de madera virgen y un 10 % de papel reciclado. Además, dado que la pasta química se utiliza principalmente en papeles para imprimir y escribir, cabe suponer que alrededor del 86 % del papel gráfico se fabrica con pasta química y el 14 %, con pasta mecánica. Sobre esta base, utilizando los multiplicadores del factor de conversión de la madera de la FAO, esto es 4,25 m<sup>3</sup> por tonelada para la pasta química y 2,56 m<sup>3</sup> por tonelada para la pasta mecánica, se puede estimar que la demanda de madera en rollo disminuirá unos 133 millones de m<sup>3</sup> de aquí a 2030 en el caso de que la producción de papel gráfico disminuya de acuerdo con las proyecciones antes mencionadas<sup>61</sup>.

<sup>q</sup> El volumen de los productos forestales indicados en metros cúbicos en FAOSTAT se ha convertido a toneladas utilizando factores de conversión.

debido a las intervenciones en materia de política, los incentivos económicos, el desarrollo de los bosques plantados y, más recientemente, las perturbaciones forestales relacionadas con el cambio climático. La mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y las temperaturas más elevadas asociadas al cambio climático podrían aumentar el crecimiento neto de los bosques en aquellos lugares donde se disponga de agua y nitrógeno suficientes. Por el contrario, es probable que el cambio climático provoque un aumento de la frecuencia, intensidad, extensión territorial y duración de las perturbaciones como aquellas ocasionadas por incendios forestales, plagas, tormentas y sequías<sup>62</sup>, lo que podría dar lugar a pérdidas importantes de biomasa aprovechable. Además, el cambio climático podría provocar cambios a largo plazo en los volúmenes de corta de los bosques boreales, que pasarían de la madera de coníferas a la madera de frondosas<sup>63, 64</sup>.

Los efectos del cambio climático dependerán en gran medida del grado de capacidad de los países para aumentar la resiliencia de sus bosques al cambio climático. Esto, a su vez, dependerá en parte de las decisiones que se adopten en materia de políticas para mitigar el cambio climático y adaptarse a sus efectos y para detener la pérdida de biodiversidad; por ejemplo, las políticas sobre carbono forestal, biodiversidad y otros aspectos podrían restringir la producción de madera, y algunas hipótesis indican una disminución de los volúmenes de madera si se da prioridad a los beneficios no forestales<sup>56</sup>.

Otro factor de la futura oferta de madera en rollo es la superficie forestal disponible para la producción (tanto plantada como regenerada de forma natural). En 2020, los bosques templados y boreales regenerados de manera natural proporcionaron alrededor del 44 % de la producción mundial de madera en rollo industrial, mientras que los bosques plantados suministraron otro 46 %<sup>56</sup>. Las plantaciones agroforestales y de caucho también producen madera en rollo industrial (posiblemente, el 10 % restante)<sup>56</sup>, aunque esto no se ha analizado de forma sistemática<sup>41</sup>. Se prevé que aumenten la superficie y las existencias en formación de los bosques templados y boreales regenerados de forma natural, lo que sugiere la posibilidad de

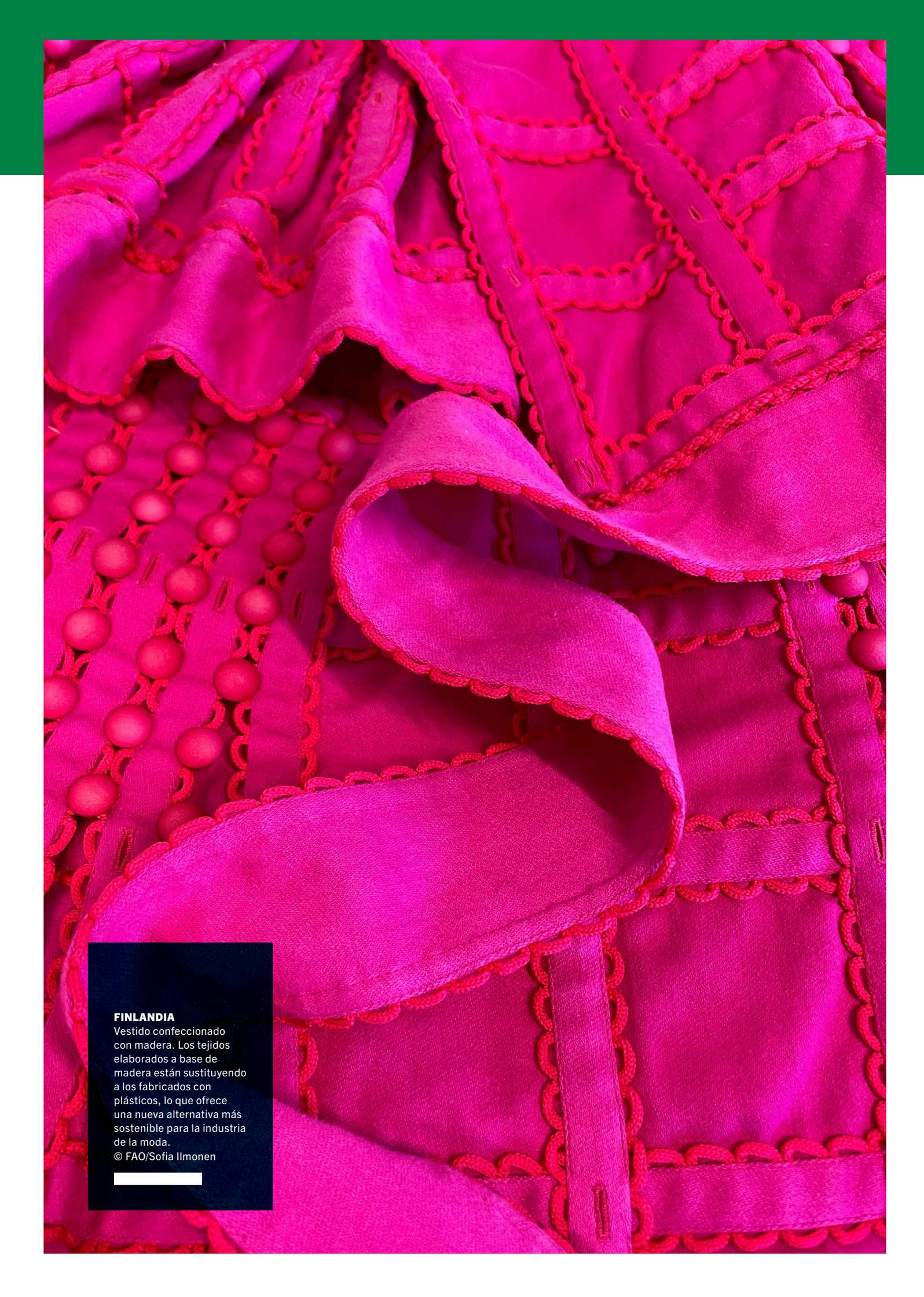
que aumente la producción de madera en esos bosques (sujeta a los factores de incertidumbre descritos anteriormente)<sup>65</sup>. En algunos estudios, se ha estimado que la superficie de las plantaciones forestales podría aumentar entre 20 millones y 40 millones de ha de aquí a 2050 como otro medio para satisfacer el aumento de la demanda de madera<sup>66</sup>, aunque su capacidad de producción dependería de una amplia gama de factores, como el tiempo transcurrido desde su establecimiento, el régimen climático, las especies utilizadas y las prácticas de gestión aplicadas. ■

## 2.6 DADO EL RÁPIDO CAMBIO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y LAS CRECIENTES DEMANDAS SOBRE LOS BOSQUES, SE REQUIERE MÁS INNOVACIÓN EN EL SECTOR FORESTAL

Ante los rápidos cambios económicos, sociales y ambientales, los responsables de la gestión forestal y los usuarios de los bosques deben ser adaptables e innovadores. El cambio climático está exacerbando factores de estrés como los incendios forestales y las plagas, y la tensión entre los efectos de estos, por un lado, y el probable aumento futuro de la demanda de madera, por otro, implican que es necesario replantear la gestión de los bosques y las tierras

y la actividad forestal. El cambio hacia una bioeconomía con cero emisiones de carbono, en la que la madera será un insumo muy importante, exigirá innovaciones en las etapas posteriores a fin de diversificar los productos y usos y aumentar la eficiencia. Las oportunidades que ofrece la renovada atención que se presta a la amplia variedad de PFNM en el contexto de la bioeconomía darán lugar a innovaciones destinadas a crear cadenas de valor y mejorarlas y a proporcionar oportunidades de medios de vida a, posiblemente, miles de millones de pequeños productores. Dada la diversidad y el aumento de las demandas, se necesitarán nuevas formas de gestionar las compensaciones entre la madera, los PFNM y los servicios ecosistémicos y de maximizar las sinergias entre los beneficios para el desarrollo, la biodiversidad y el clima.

Se necesitan urgentemente soluciones eficientes y pragmáticas a gran escala para impulsar una mayor adopción de las innovaciones. En el capítulo siguiente se muestra que la ciencia y la innovación ya están dando lugar a cambios rápidos en la actividad forestal, desde innovaciones en la recopilación de datos forestales hasta avances en las tecnologías de la madera, pasando por nuevos medios para organizar a los pequeños productores y ampliar su poder económico. En el Capítulo 4 se presentan estudios de casos sobre la introducción de innovaciones en una amplia variedad de contextos, y en el Capítulo 5 se describen cinco medidas facilitadoras, y las medidas específicas conexas, para aprovechar el poder de la innovación en favor de la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques. Cada vez está más claro que la innovación y su implementación eficaz serán fundamentales para garantizar el futuro de la actividad forestal en un mundo cambiante. ■



**FINLANDIA**

Vestido confeccionado con madera. Los tejidos elaborados a base de madera están sustituyendo a los fabricados con plásticos, lo que ofrece una nueva alternativa más sostenible para la industria de la moda.

© FAO/Sofia Ilmonen

# CAPÍTULO 3

## LA INNOVACIÓN ES NECESARIA PARA AMPLIAR LA CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES COMO SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS MUNDIALES

### MENSAJES PRINCIPALES

→ La innovación es un facilitador esencial para avanzar hacia la consecución de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**. También es un importante acelerador para alcanzar las tres metas mundiales de los Miembros de la FAO y para mejorar el potencial de los bosques y los árboles para hacer frente a los desafíos mundiales. Una amplia gama de innovaciones ya está influyendo profundamente en el sector forestal.

→ **Cinco tipos de innovación están aumentando el potencial de los bosques y los árboles para hacer frente a los desafíos mundiales:**

- **1) innovación tecnológica** (con tres subtipos: digital, de productos o procesos y biotecnológica). Por ejemplo, el acceso abierto a datos de teledetección y la facilitación del uso de la computación en nube permiten utilizar metodologías digitales que generan datos forestales de alta calidad y mejoran los procesos de gestión forestal;
- **2) innovación social, 3) innovación en materia de políticas y 4) innovación institucional**, como nuevas iniciativas destinadas a conceder mayor participación a las mujeres, la juventud y los Pueblos Indígenas en el desarrollo de soluciones dirigidas localmente, la promoción de asociaciones de múltiples partes interesadas y enfoques intersectoriales en las políticas y planificación del uso de la tierra, y el apoyo a las cooperativas con miras a aumentar el poder de negociación de los pequeños productores;

- **5) innovación financiera**, como innovaciones en la financiación de los sectores público y privado para aumentar el valor de los bosques en pie, impulsar las iniciativas de restauración y aumentar el acceso de los pequeños productores a préstamos para una producción sostenible.

Las combinaciones (“paquetes”) de estos tipos de innovación pueden desencadenar poderosas fuerzas de cambio.

→ **Cuatro factores obstaculizan la ampliación de la innovación:** 1) la falta de cultura de la innovación; 2) el riesgo; 3) las posibles limitaciones de las distintas formas de capital; y 4) políticas y regulaciones poco favorables. Una cultura institucional que reconozca y adopte el poder transformador de la innovación puede ayudar a reducir el riesgo de los procesos de innovación y empoderar a las partes interesadas para responder a los desafíos actuales y futuros.

→ **Con la innovación, puede haber ganadores y perdedores, y se necesitan enfoques inclusivos y que den respuesta a las cuestiones de género** para evitar daños y garantizar una distribución justa de los beneficios entre hombres, mujeres y personas jóvenes de todos los grupos socioeconómicos y étnicos. Las iniciativas destinadas a promover la innovación deben tener en cuenta e integrar las circunstancias, perspectivas, conocimientos, necesidades y derechos locales de todas las partes interesadas.

### 3.1

## LA INNOVACIÓN ES UN FACILITADOR ESENCIAL PARA AVANZAR HACIA LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La ciencia, la tecnología y la innovación son aspectos centrales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y se mencionan en numerosas metas de los ODS. Se ha determinado que la ciencia y la tecnología son uno de los mecanismos impulsores para acelerar los progresos hacia la consecución de los ODS reduciendo al mínimo las compensaciones<sup>67</sup>.

La innovación es un acelerador importante para la transformación de los sistemas agroalimentarios y la consecución de las tres metas mundiales de los Miembros de la FAO<sup>r</sup> en apoyo de la Agenda 2030 y los ODS mediante el aumento de la productividad, la calidad, la diversidad, la eficiencia y la sostenibilidad económica, social y ambiental. En consonancia con la Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación<sup>9</sup>, en el presente informe se entiende que la innovación consiste en “hacer algo nuevo y diferente, ya sea resolver un problema existente de una nueva forma, abordar un nuevo problema con una solución demostrada o aportar una solución nueva a un problema nuevo”.

La FAO reconoce cinco tipos de innovación: tecnológica, social, en materia de políticas, institucional y financiera (Cuadro 3). Esta tipología es útil para describir el conjunto de innovaciones que pueden utilizarse, en función de los objetivos y del contexto en el que se aplique la innovación. La tipología se utiliza en este documento para organizar las diversas innovaciones que surgen en el sector forestal.

r 1) Erradicación del hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición; 2) eliminación de la pobreza e impulso del progreso económico y social para todos; y 3) ordenación y uso sostenibles de los recursos naturales.

Las innovaciones suelen producirse en paquetes de tipos de innovación porque debe armonizarse una red de actores y acciones —un “ecosistema” de innovación (Recuadro 5)— para permitir el desarrollo y la adopción de innovaciones. Por ejemplo, los avances en la teledetección de acceso abierto y el mayor acceso a potentes recursos de computación en nube (innovación *tecnológica*) han permitido mejorar las capacidades nacionales de medición, presentación de informes y verificación de las reducciones de las emisiones de GEI. Esto, a su vez, ha permitido el desarrollo de pagos basados en resultados relacionados con el marco de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo (marco de REDD+<sup>s</sup>) en virtud del Acuerdo de París sobre cambio climático y el crecimiento de los mercados de carbono forestal, con especial atención a la importancia de las salvaguardias (innovación *en materia de políticas, institucional, financiera y social*). En el sector de la construcción, la adopción de la madera en masa como innovación ha cobrado impulso, debido en parte a factores como la actualización de los códigos de construcción, la posibilidad y disponibilidad del mecanizado con control numérico computarizado, el deseo de reducir la intensidad de carbono del entorno edificado y los nuevos mecanismos para desarrollar modelos de construcción sostenibles.

Algunos tipos de innovación son complementarios y se requieren de manera secuencial: por ejemplo, la aplicación efectiva de una nueva política puede requerir cambios institucionales, lo que, a su vez, puede requerir cambios en los comportamientos y normas sociales. Los distintos tipos también pueden tener repercusiones a diferentes escalas: por ejemplo, una innovación social puede empezar en el nivel de base comunitario, pero puede conducir a que se requieran cambios en materia de políticas a nivel provincial o nacional, lo que puede impulsar una innovación institucional más amplia. La innovación lleva tiempo, y los distintos tipos de innovación evolucionan con diferente rapidez. Las innovaciones en materia de políticas se ven

s La sigla “REDD+” hace referencia a la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo, así como a la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono.

**RECUADRO 5 ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN**

La innovación está determinada por numerosas y complejas interacciones entre actores y artefactos (como productos, servicios y herramientas tecnológicas) dentro de un “ecosistema” de innovación, que puede definirse como el conjunto cambiante de actores, actividades y artefactos, y las instituciones y relaciones, incluidas las relaciones complementarias y sustitutivas, que son importantes para el desempeño innovador de un actor o una población de actores<sup>68</sup>. Un ecosistema de innovación que funciona adecuadamente proporciona el entorno económico e institucional general necesario para que aparezca la innovación<sup>69</sup>. El propio ecosistema de innovación está conformado por una serie de factores económicos, sociales, ambientales y de otro tipo que repercuten en el entorno de funcionamiento en el que se genera una innovación. Dentro de un ecosistema de innovación, diversos actores interactúan entre sí y con artefactos y otros recursos de formas complejas que, en última instancia, desencadenan la creación de innovaciones u ofrecen las condiciones propicias para que una innovación pueda ser adoptada<sup>68</sup>.

Las interacciones entre actores y artefactos son variadas y complejas: por ejemplo, podrían incluir a partes interesadas de la agricultura, la actividad forestal, la pesca y la acuicultura que participan en actividades de aprendizaje mutuo e intercambio de información para formular enfoques integrados para la gestión del paisaje, o a una empresa dedicada

a la fabricación que adopta nuevos servicios de comercialización por Internet que desencadenan el desarrollo de un nuevo producto derivado de la madera. Los distintos actores se verán motivados por diferentes valores y posibles resultados, que a su vez pueden ser polifacéticos y complejos. Por ejemplo, el sector privado puede estar motivado principalmente por las ganancias, pero conseguirlas puede requerir la participación en actividades para mantener la licencia social para operar, lo que a su vez podría proporcionar bienes públicos. A la inversa, aunque el sector público se vea impulsado por la necesidad de suministrar bienes públicos, esto podría requerir la participación del sector privado, lo que llevaría a la elaboración de políticas facilitadoras para garantizar que las ganancias del sector privado puedan mantenerse al tiempo que se suministran los bienes públicos deseados.

Estas interacciones, dado que se producen en sistemas dinámicos, son imprevisibles y pueden producir resultados inesperados. La trayectoria y el desarrollo de las innovaciones rara vez son lineales; suelen implicar complejas cadenas de acontecimientos y circuitos de retroalimentación positivos en los que las nuevas ideas se perfeccionan y se adaptan<sup>70</sup>. La creación de innovaciones también puede tener efectos acumulativos o disruptivos más amplios que finalmente remodelan la naturaleza del entorno operacional.

reforzadas por marcos y normas organizativos de apoyo. Las innovaciones en materia de políticas e institucionales tienen más probabilidades de éxito cuando se dan simultáneamente y cuentan con el apoyo de valores y normas sociales más amplios.

En este capítulo se ofrece una visión general de las innovaciones en el sector forestal, organizadas según la tipología de la FAO, con ejemplos ilustrativos y referencias a los estudios de casos que se presentan en el **Capítulo 4**. En el **Capítulo 5** se enumeran cinco medidas facilitadoras que, de llevarse a cabo, ayudarían a liberar el poder de la innovación con miras a maximizar las contribuciones de los bosques para hacer frente a los desafíos mundiales. ■

## 3.2 CINCO TIPOS DE INNOVACIÓN ESTÁN AUMENTANDO EL POTENCIAL DE LOS BOSQUES Y LOS ÁRBOLES PARA HACER FRENTE A LOS DESAFÍOS MUNDIALES

La FAO hace hincapié en aumentar el conocimiento a través de datos comprobados e innovación responsable para acelerar la transformación de los sistemas agroalimentarios, y de ese modo atender los intereses de los países y las sociedades, incluidas las personas más marginadas, y contribuir a los medios de vida y la seguridad alimentaria. Las innovaciones emergentes en todo el espectro de tipos de

**CUADRO 3** TIPOLOGÍA PARA LA INNOVACIÓN DE LA FAO

Innovación tecnológica	La tecnología consiste en la aplicación de la ciencia y el conocimiento para desarrollar técnicas que permitan obtener productos y servicios que aumenten la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Las tecnologías son innovadoras cuando se introducen, adaptan o usan de formas nuevas en un contexto determinado.
Innovación social	La innovación social consiste en la formulación y adopción de nuevas ideas (enfoques, productos, servicios y modelos) con miras a satisfacer las necesidades sociales y establecer nuevas relaciones sociales o colaboraciones. Representa nuevas respuestas a las apremiantes demandas sociales y a las desigualdades de género existentes que afectan al proceso de las interacciones sociales, y tiene por objeto mejorar el bienestar humano y empoderar a las mujeres y a las personas más vulnerables y marginadas. En esta publicación, la innovación social se trata junto con las innovaciones en materia de políticas e institucionales.
Innovación en materia de políticas	Las innovaciones en materia de políticas comprenden procesos, instrumentos y prácticas novedosos para proyectar y elaborar políticas, y el diálogo sobre ellas, que mejoren los entornos propicios para resolver problemas complejos. Ello implica el desarrollo o la adaptación de la legislación, las políticas y las estrategias para abordar las dificultades incipientes y las necesidades de la sociedad o las ineficiencias de los sistemas existentes mediante enfoques integrados y la inclusión de múltiples actores. En esta publicación, la innovación en materia de políticas se trata junto con las innovaciones sociales e institucionales.
Innovación institucional	Las innovaciones institucionales son nuevas normas, organizaciones y procesos que surgen de la acción colectiva y la orientan. Pueden conllevar cambios en las operaciones, las estructuras de gobernanza, la participación de múltiples partes interesadas, los procesos participativos de toma de decisiones y las normas culturales de las organizaciones formales e informales y los arreglos institucionales. Tienen lugar cuando las personas y las organizaciones movilizan estratégicamente a otros a través de redes de relaciones a fin de reparar o sustituir a las instituciones. En esta publicación, la innovación institucional se trata junto con las innovaciones sociales y en materia de políticas.
Innovación financiera	La financiación innovadora ayuda a generar fondos adicionales para el desarrollo recurriendo a nuevas fuentes de financiación o fomentando la participación de nuevos asociados, a potenciar la eficiencia de los flujos financieros reduciendo los plazos o los costos, y a mejorar el alcance de la financiación para lograr que los flujos financieros estén más orientados a los resultados y sean más beneficiosos para la juventud, las mujeres y los grupos en situación de vulnerabilidad.

NOTA: Esta tipología difiere de las publicaciones convencionales orientadas a las empresas, que suelen tratar la creación de productos y la mejora de procesos como tipos distintos (Damanpour y Gopalakrishnan, 2001). La innovación de productos se refiere a la creación o el desarrollo de productos o servicios nuevos o con grandes mejoras. Consiste en introducir elementos o características novedosos que aumenten su valor para los usuarios, como invenciones o mejoras de productos existentes para satisfacer nuevas demandas o resolver problemas. La innovación de procesos es la aplicación de nuevos métodos, técnicas o sistemas. Busca optimizar los métodos de producción, racionalizar los procedimientos, reducir los costos, ahorrar tiempo o mejorar la calidad introduciendo enfoques, tecnologías o cambios organizativos novedosos. En la tipología de la FAO, y a los efectos de esta publicación, la innovación de productos y la mejora de procesos se consideran, en gran medida, dentro de la categoría de innovación tecnológica, aunque también son pertinentes para los otros tipos de innovación, a saber, social, en materia de políticas, institucional y financiera.

FUENTES: FAO. 2022. *Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación*. Roma; FAO. 2023a. Tecnología. Ciencia, tecnología e innovación. En: FAO. Roma. [Consultado el 9 de octubre de 2023]. <https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/technology/es>; FAO. 2023b. Innovación. Ciencia, tecnología e innovación. En: FAO. Roma. [Consultado el 9 de octubre de 2023]. <https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/innovation/es>; y Damanpour, F. y Gopalakrishnan, S. 2001. The dynamics of the adoption of product and process innovations in organizations. *Journal of Management Studies*, 38(1): 45-65. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00227>

innovación resultarán beneficiosas para la restauración y la utilización sostenible de los bosques (Cuadro 3). A continuación, se analizan las contribuciones de cada tipo de innovación.

### Innovación tecnológica

Se ha producido una oleada de innovaciones tecnológicas que impulsan mejoras en la gestión forestal para apoyar la acción por el clima y la biodiversidad y el desarrollo de cadenas de valor forestales sostenibles. Aquí se examinan

tres subtipos de innovación tecnológica: digital, de productos o procesos<sup>t</sup> y biotecnológica.

**Tecnologías digitales<sup>u</sup>.** Los avances en las tecnologías de teledetección y en la gestión y difusión de datos están ayudando a proporcionar y comunicar datos forestales y de uso de la tierra de forma transparente a los responsables de la toma de decisiones y a otras partes interesadas, aumentando así la comprensión de los beneficios de los bosques y la necesidad de su conservación, restauración y utilización sostenible. El acceso abierto a datos de teledetección y la facilitación del uso de potentes plataformas de computación en nube han permitido desarrollar metodologías para generar datos de alta calidad que apoyen la medición, presentación de informes y verificación con integridad ambiental con arreglo al Acuerdo de París, y para la verificación de la cadena de suministro, entre otros fines (Recuadro 6). La aparición de la inteligencia artificial (IA) promete aumentar considerablemente la capacidad de análisis de enormes volúmenes de datos obtenidos por teledetección (Recuadro 7).

Han surgido otras innovaciones digitales para hacer un seguimiento de las especies amenazadas y protegerlas, cartografiar zonas críticas para la biodiversidad y evaluar la salud de los ecosistemas forestales y arbóreos. Por ejemplo, la base de datos TreeGOER (Tree Globally Observed Environmental Ranges)<sup>72</sup> ofrece información sobre las áreas de distribución ambiental de la mayoría de las especies arbóreas conocidas en 38 variables bioclimáticas, ocho variables edáficas y tres variables topográficas. Cuando existen amplias observaciones representativas, los distribuciones ofrecen estimaciones preliminares de las condiciones adecuadas, que pueden ser especialmente valiosas para las especies arbóreas menos conocidas que hacen frente a los efectos del cambio climático<sup>72</sup>.

<sup>t</sup> En la tipología de la FAO, y a los efectos de esta publicación, la innovación de productos y la mejora de procesos se consideran, en gran medida, dentro de la categoría de innovación tecnológica, aunque también son pertinentes para los otros tipos de innovación, a saber, social, en materia de políticas, institucional y financiera.

<sup>u</sup> En esta publicación, el término “tecnologías digitales” se utiliza para referirse a dispositivos, sistemas, herramientas electrónicas y programas informático con capacidad para generar, almacenar o procesar datos, sobre la base de la definición utilizada por Đuric (2020)<sup>71</sup>.

La tecnología puede facilitar el seguimiento dirigido por individuos o comunidades y ayudar a reunir competencias especializadas y sistemas de conocimientos interculturales diversos. Por ejemplo, la evaluación por teledetección<sup>16</sup> se basó en datos analizados por más de 800 expertos de 126 países. La Asociación de datos forestales (Estudio de caso 3) —cuya finalidad es mejorar la trazabilidad de los productos básicos— se caracteriza por la accesibilidad y la inclusividad: ofrece un registro público gratuito de los límites de las explotaciones/campos y una reserva de datos que puede utilizar datos públicos, lo que permite a cualquier persona con un teléfono inteligente enviar datos georreferenciados asociados a la cadena de valor de un determinado producto y acceder a ellos. Las innovaciones tecnológicas, junto con las innovaciones sociales, están reforzando la participación de las comunidades locales y los Pueblos Indígenas en el seguimiento de los recursos forestales y la medición, presentación de informes y verificación (Estudio de caso 5), así como en el manejo de los incendios (Estudio de caso 6).

La colaboración internacional y la gobernanza en torno a la coordinación de la recopilación y el intercambio de datos forestales entre países pueden resultar complejas debido a las diferencias de intereses y políticas<sup>93</sup>. Organizaciones regionales como la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica<sup>94</sup> y la Asociación forestal de la cuenca del Congo<sup>95</sup> fomentan la colaboración y el intercambio de datos entre países, promoviendo el intercambio de datos ambientales esenciales. Sin embargo, determinar quién posee y controla los datos puede ser polémico, y se debate si debe ser el gobierno o el sector privado y si esos datos deben ser de acceso público o tratarse como información de dominio privado<sup>96,97</sup>. También surgen problemas relacionados con la privacidad y seguridad, y resulta difícil equilibrar la transparencia con la necesidad de salvaguardar datos sensibles.

En todos los casos, es importante cerrar la brecha digital de género y la brecha entre el medio rural y el medio urbano mediante el establecimiento de metas claras para la inclusión de las mujeres, la juventud, los Pueblos Indígenas y las comunidades rurales, por ejemplo, en lo que respecta a un mayor acceso a teléfonos



## RECUADRO 6 LA INNOVACIÓN IMPULSA EL PROGRESO EN RELACIÓN CON LA MEDICIÓN, LA PRESENTACIÓN DE INFORMES Y LA VERIFICACIÓN

El uso de teledetección para evaluar los cambios en la superficie forestal ha avanzado considerablemente en los últimos años, gracias al aumento de la calidad, disponibilidad y abundancia de datos obtenidos por teledetección (en particular, gracias al libre acceso al archivo de Landsat y a los datos de los satélites Sentinel). La capacidad de los países para acceder a las imágenes de satélite y analizarlas con el fin de crear mapas (de cambio) de la cobertura del suelo y recopilar datos de muestreo ha mejorado considerablemente gracias a las innovaciones técnicas y a los nuevos bienes públicos digitales de código abierto<sup>73-75</sup>. Para más del 90 % de la información relativa al nivel de referencia forestal (NRF) presentada a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se ha utilizado Open Foris de la FAO<sup>76</sup> y plataformas como el Sistema de acceso, procesamiento y análisis de datos de observación de la Tierra para el monitoreo de la superficie terrestre (SEPAL)<sup>77</sup> para medir, hacer seguimiento y presentar informes sobre los bosques y el uso de la tierra<sup>78</sup>.

Los datos científicos en los que se apoyan las estimaciones (del cambio) de la superficie forestal basadas en la teledetección también ha avanzado<sup>79-82</sup>, lo que ha conducido, por ejemplo, a utilizar estimaciones basadas en muestras en lugar de recuentos de píxeles (estadísticas de superficie de mapas)<sup>\*,80, 82-84</sup>. La importancia de esta mejora ha sido ilustrada por Sandker *et al.* (2021)<sup>85</sup>, que proporcionaron dos ejemplos en los que las estimaciones de recuento de píxeles sobrestimaron las superficies deforestadas en un factor de 3 y 15, respectivamente. El riesgo de que las estimaciones de superficie sean inexactas es especialmente alto cuando los mapas de cambios se crean mediante procesamiento posterior a la clasificación, un enfoque con el que suele darse una magnificación de los errores<sup>86</sup>. Aunque el recuento de píxeles fue el método predominante para evaluar las superficies deforestadas en los primeros años (es decir, 2014-16) de presentación de informes sobre NRF a la CMNUCC, los países han adoptado gradualmente el uso de estimaciones de superficie basadas en muestras<sup>87, 88</sup>. En 2022, en todos los NRF presentados a la CMNUCC se utilizaron evaluaciones

basadas en muestras para estimar la deforestación, lo que constituye un claro indicio de las mejoras en la calidad de los datos<sup>89</sup>.

La mayor disponibilidad de imágenes obtenidas por satélite, unida a la innovación técnica y científica, ha permitido un seguimiento sistemático de la tierra a diferentes escalas. A escala mundial, esto ha permitido la creación de mapas mundiales de la cubierta forestal de libre acceso, como mapas del cambio forestal mundial<sup>90</sup> y de los bosques húmedos tropicales. Varios países han utilizado estos productos mundiales, especialmente el producto mundial sobre el cambio forestal<sup>90</sup>, como pasos intermedios en sus evaluaciones del cambio de la superficie forestal<sup>85, 91</sup>.

Los países han dado pasos agigantados en el uso de datos espaciales para la medición, presentación de informes y verificación. Para las 84 propuestas de NRF presentadas por 60 países con bosques se utilizó Landsat como entrada primaria, y en 36 de ellas también se utilizaron datos del programa Copernicus. Además, muchos países emplean ahora imágenes de alta resolución del Programa de datos por satélite de la Iniciativa Internacional sobre Clima y Bosques de Noruega, sobre todo para recopilar datos de referencia. Veintiún países han presentado resultados de REDD+ a la CMNUCC, por un total de 13,7 GtCO<sub>2</sub>, por los resultados alcanzados entre 2006 y 2021 (o, en promedio, unas 0,85 GtCO<sub>2</sub> al año). Esta acción por el clima se ha visto impulsada por la innovación técnica y científica que ha permitido un proceso de medición, presentación de informes y verificación sólido. No obstante, siguen existiendo desafíos cruciales, como la sostenibilidad de la capacidad de los países para utilizar datos espaciales y enfoques técnicos y científicos innovadores para la medición, la presentación de informes y la verificación, y para cumplir nuevas normas de contabilidad de medición, presentación de informes y verificación, como el Programa Arquitectura para transacciones REDD+ y El Estándar de Excelencia Ambiental REDD+<sup>92</sup>. Algunos de estos desafíos se abordarán a través del nuevo programa denominado Acelerar el monitoreo innovador de los bosques, financiado por el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

\* El recuento de píxeles consiste en elaborar estadísticas de superficie directamente a partir de mapas (independientemente de los errores de clasificación). La mayoría de los mapas contienen errores y sesgos a todas las escalas, especialmente en el caso de las clases de cambio de superficies más pequeñas, por lo que los recuentos de píxeles no son fiables. Las observaciones de unidades de muestreo mediante interpretaciones visuales de datos obtenidos por teledetección, como imágenes aéreas e imágenes obtenidas por satélite, suelen considerarse de mayor calidad que los datos cartográficos y pueden utilizarse no solo para proporcionar información sobre la precisión de los mapas, sino también para corregir las estimaciones de superficie cartográfica en función de los errores de clasificación y calcular los intervalos de confianza relacionados en torno a las estimaciones.

## RECUADRO 7 TELEDETECCIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América y la Agencia Espacial Europea revolucionaron el acceso a las imágenes de satélite a través de sus programas Landsat y Copernicus al abrir totalmente al público sus archivos y datos a partir de 2008. Esto dio lugar a un rápido aumento del uso de datos, catalizó una innovación e investigación considerables, especialmente en el campo del análisis de series temporales, y facilitó soluciones operativas para desafíos mundiales como el cambio climático y la inseguridad alimentaria.

Se prevé que en los próximos años entren en funcionamiento más instrumentos espaciales y analíticos, lo que aumentará el volumen de información digital disponible para el seguimiento casi en tiempo real de la Tierra y sus recursos. Google Earth Engine es un ejemplo fundamental de una solución tecnológica integrada que ha permitido un cambio de paradigma en el último decenio, pasando de la computación de escritorio a la computación en nube<sup>98</sup>.

Los últimos avances han aumentado el potencial de la inteligencia artificial (IA) para el análisis de datos obtenidos por teledetección, y sus posibles aplicaciones en el seguimiento forestal son muy amplias. La IA facilitará el análisis automatizado de un enorme volumen de datos ópticos, de radar y LIDAR, actuales y futuros, recogidos diariamente por drones, satélites y estaciones espaciales. También permitirá alcanzar una capacidad sin precedentes para caracterizar los cambios de la superficie terrestre y hacer un seguimiento de estos casi en tiempo real, determinar las causas de estos cambios y dar lugar a resultados útiles

para tomar medidas con mayor rapidez y con mayores repercusiones que nunca<sup>99</sup>.

La incorporación de los modelos de lenguaje grande con IA ha transformado el modo en que se desarrollan los programas informáticos y otras herramientas digitales. Los algoritmos de aprendizaje profundo pueden traducir, resumir y corregir errores de sintaxis en el código programado por seres humanos, lo que supone mejoras importantes en la calidad y la eficiencia de las cadenas de procesamiento automatizadas y reduce meses de trabajo humano a días o incluso a horas<sup>100</sup>.

La IA puede apoyar los esfuerzos para detener e invertir la deforestación y la degradación. Por ejemplo, las regulaciones sobre “deforestación cero” requieren trazabilidad hasta la escala de la explotación o el campo<sup>101</sup>. Una evaluación de la diligencia debida con un nivel tan detallado —esto es, delimitación de las explotaciones individuales, seguimiento de los cambios en sus límites y caracterización de la cobertura del suelo y su uso— solo es factible mediante el procesamiento automatizado de inmensas cantidades de datos. Este nivel de detalle y adaptabilidad puede lograrse gracias a las capacidades de la IA. La IA también tiene un enorme potencial para el control de especies invasoras de mamíferos, plantas e invertebrados.

El creciente uso de la IA suscita muchas preocupaciones, como la posibilidad de que se utilice para falsificar pruebas de diligencia debida. En general, el uso de la IA debe basarse en prácticas éticas, transparentes e inclusivas que eviten el riesgo de dar lugar a resultados no deseados.

- » inteligentes y tecnologías de la información y la comunicación, alfabetización digital y uso del comercio electrónico y los servicios públicos<sup>46</sup>. Los vínculos entre la innovación tecnológica y otros tipos de innovación (social, en materia de políticas, institucional y financiera) se analizan con más detalle en esas secciones.

**Productos o procesos.** Diversas tecnologías utilizadas para fabricar productos forestales resultan prometedoras, dado que pueden contribuir a un cambio hacia la bioeconomía y al desarrollo de cadenas de valor sostenibles para los productos madereros. Casi todo lo que se puede fabricar a partir de petróleo crudo también

se puede hacer a partir de materias primas lignocelulósicas, como los árboles, y los PFNM también ofrecen un enorme potencial (Recuadro 8).

Los avances tecnológicos están aumentando la eficiencia de las cadenas de valor forestales (Recuadro 9). Las plataformas de colaboración y los centros logísticos digitales han redefinido la dinámica de las cadenas de suministro, con importantes beneficios para los recolectores, así como para los contratistas y las empresas forestales (Estudio de caso 16). Pueden ayudar a optimizar el flujo de materiales, reducir costos, aumentar la eficacia mediante la visibilidad en tiempo real de la cadena de suministro,

## RECUADRO 8 PRODUCTOS FORESTALES MADEREROS Y NO MADEREROS INNOVADORES QUE PODRÍAN CONTRIBUIR A LA BIOECONOMÍA

**La madera en el entorno edificado.** En la construcción, la madera constituye una opción para el almacenamiento de carbono a largo plazo, que contribuye a mitigar el cambio climático<sup>102</sup>. Está ganando impulso como material preferido en el entorno edificado, en parte debido a innovaciones tecnológicas como la madera en masa y los revestimientos derivados de la madera, que pueden sustituir productos derivados de combustibles fósiles<sup>103</sup>. La madera modificada térmicamente, furfurilada y acetilada<sup>104</sup> son ejemplos de mejoras tecnológicas concebidas para crear productos madereros duraderos en cuyo tratamiento no se utilizan productos químicos tóxicos. Las tecnologías de encordado y en chapado permiten utilizar recursos madereros de crecimiento rápido, como las plantaciones de eucalipto y álamo, para fabricar productos de madera en masa<sup>105</sup>.

Se han realizado pruebas destacadas para comprender y gestionar el riesgo de incendio que plantea el uso de madera en masa en los edificios. Por lo tanto, hoy en día existen buenos modelos y conocimientos sobre la tasa de carbonización previsible, y las normas de las políticas y los reglamentos, como el Eurocódigo 5 en la Unión Europea y la norma PRG320 en América Septentrional, tienen en cuenta el comportamiento ante el fuego. Una revisión de pruebas de incendio a gran escala con madera laminada cruzada indicó que, cuando se protege adecuadamente, el uso de este material no contribuye de forma significativa al riesgo de incendio, aunque la revisión también destacó la necesidad de seguir investigando al respecto<sup>106</sup>.

**Biomasa maderera para biorrefinerías.** Las biorrefinerías —plantas de fabricación que convierten la biomasa bruta en materias primas y productos finales<sup>107</sup>— suelen separar los tres polímeros primarios de la biomasa en celulosa, hemicelulosa y lignina. Estas se utilizan cada vez más como plataformas para producir materiales y productos innovadores que puedan sustituir recursos derivados de combustibles fósiles.

**Tejidos a base de madera.** La fabricación de productos textiles con fibras celulósicas de madera creció un 6,3 % anual entre 2000 y 2018 (una tasa de crecimiento mucho mayor que la del algodón y las fibras sintéticas), y las fibras textiles a base de madera representaron el 7 % del mercado mundial en 2019<sup>108, 109</sup>. La próxima generación de fibras textiles empezará a incorporar fibras textiles recicladas, apoyando así una mayor circularidad de los materiales.

**Plásticos a base de celulosa.** Los plásticos a base de celulosa son un tipo de bioplástico fabricado con celulosa o derivados de la celulosa. Se fabrican utilizando madera de coníferas como materia prima

predominante, aunque también pueden obtenerse a partir de residuos agrícolas como rastrojo de maíz y bagazo de caña de azúcar.

**Almacenamiento de energía.** Las empresas forestales están aunando fuerzas con los fabricantes de baterías para sustituir materias primas derivadas de combustibles fósiles, como el grafito, por lignina dura carbonizada extraída de la madera<sup>110</sup>. La nanocelulosa fabricada a partir de biomasa también se utiliza cada vez más en sistemas de energía electroquímica: dado que es porosa, liviana y resistente, la nanocelulosa puede permitir una mejor transferencia de iones y electrones y, por lo tanto, aumentar la eficacia del sistema<sup>111</sup>.

**Productos químicos de plataforma.** Se ha avanzado mucho en la transformación de los polímeros de la madera en productos químicos de plataforma mediante conversión química, hidrolítica y biológica para diversas aplicaciones, desde productos farmacéuticos hasta revestimientos y adhesivos de origen biológico. Se están comercializando nuevos adhesivos, revestimientos y espumas para sustituir materiales derivados de combustibles fósiles, como el fenol y el poliuretano, por lignina y nanocelulosa<sup>112-114</sup>. Esto ofrece importantes ventajas ambientales: por ejemplo, el uso de madera de abedul en una biorrefinería de tecnología a base de materiales biogénicos en Suecia para producir butanodiol derivado de la madera (un disolvente utilizado en la industria química) emite un 52 % menos CO<sub>2</sub> que su alternativa derivada de combustibles fósiles<sup>115</sup>.

**Productos forestales no madereros.** Muchos alimentos silvestres de origen forestal, incluido el pescado, son ricos en micronutrientes y tienen un elevado contenido nutricional<sup>116, 117</sup>. Las tecnologías nuevas y existentes, como el análisis multielemental, la espectrometría de masas por relación de isótopos, la espectroscopia de infrarrojos y las nanotecnologías, se utilizan cada vez más para explorar el valor nutricional de los alimentos forestales para una dieta saludable<sup>118</sup>. El creciente interés de los consumidores por estilos de vida saludables y sostenibles ha llevado a explorar los compuestos bioactivos y los atributos nutricionales de los PFNM para producir “nutracéuticos” como alimentos funcionales y fuentes alternativas de ingredientes<sup>116, 119, 120</sup>. Algunas técnicas de microfiltración innovadoras han permitido aumentar el uso de la cera natural en alimentos, cosméticos, medicamentos y envases<sup>121-123</sup>. Los bosques también contienen una inmensa diversidad de insectos que pueden utilizarse en la industria de insectos comestibles, en rápido crecimiento<sup>124, 125</sup>.

**RECUADRO 9 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS CADENAS DE VALOR**

La innovación tecnológica ha introducido cambios considerables en muchas cadenas de valor de la madera industrial, aumentando a menudo su eficiencia. Por ejemplo, la digitalización ha permitido el desarrollo de operaciones automatizadas de recolección de madera, en las que las máquinas utilizan sensores e IA para recorrer los bosques, identificar los árboles óptimos para la tala y ejecutar el proceso de corte con precisión. Esto aumenta la productividad de las máquinas y mejora las condiciones de trabajo de los operadores de las máquinas.

La visión artificial también es una tecnología fundamental para la clasificación de la madera y la optimización del rendimiento en los aserraderos. Permite detectar defectos superficiales en la madera aserrada, como nudos y grietas, y, por lo tanto, facilita la clasificación automatizada de la madera. También ayuda en los procesos de tratamiento de bordes y recortes para eliminar los principales defectos, aumentando así el valor de la madera aserrada. Se utilizan técnicas de escaneo láser y tomografía computarizada en la optimización del despiece de troncos para maximizar la recuperación y obtener madera de mayor calidad. La tecnología de visión artificial, por lo tanto, puede desempeñar un papel clave en la producción sostenible de madera al reducir los residuos y maximizar el rendimiento general, con un ahorro de costos tangible y un rendimiento de la inversión más rápido para los aserraderos.

Los avances tecnológicos han permitido diseñar y desarrollar prendas “inteligentes” para hacer un seguimiento del estado de salud y seguridad de los

trabajadores forestales (por ejemplo, en la recolección y transformación de la madera). Estos sistemas permiten controlar en tiempo real los signos vitales, como la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y el grado de esfuerzo físico, y hacer un seguimiento de factores ambientales como la calidad del aire y la temperatura. Luego se analizan los datos recopilados para identificar posibles riesgos para la salud y condiciones laborales inseguras. Cuando se detectan anomalías, los sistemas de prendas inteligentes generan alertas e información para los trabajadores, lo que les permite tratar y evitar rápidamente las prácticas inseguras<sup>126</sup>.

Estas innovaciones se han adoptado de forma desigual, tanto desde el punto de vista geográfico como a lo largo de las cadenas de valor forestales. Por ejemplo, lo que se denomina la “cuarta revolución industrial” o Industria 4.0 —es decir, la anunciada era de la conectividad, la analítica avanzada, la automatización y la tecnología de fabricación de avanzada— no está muy extendida en la industria de transformación primaria de la madera en Estados Unidos de América<sup>127</sup>. En Suecia, una investigación publicada en 2016 mostró que, en comparación con la elevada automatización existente en la explotación forestal, la adopción de la automatización era baja entre las empresas suecas dedicadas a la transformación de la madera<sup>128</sup>. El despliegue equitativo de las innovaciones tecnológicas en el sector forestal a escala mundial requerirá, entre otras cosas, enfoques de múltiples partes interesadas, asociaciones transparentes y un marco político favorable.

- » mejorar la comunicación, reducir la probabilidad de errores y retrasos y permitir la toma de decisiones oportuna. Por ejemplo, una aplicación desarrollada en Guatemala está aumentando la eficiencia y la precisión de las estimaciones de volumen de troncos y otros productos madereros, lo que permite a los procesadores de madera controlar mejor los inventarios y apoyar las cadenas de suministro legales y sostenibles (**Estudio de caso 15**).

La investigación sobre la adopción de innovaciones tecnológicas en el sector forestal del Sur Global es mínima. Existen oportunidades para mejorar las prácticas de gestión forestal sostenible y aumentar la eficiencia de las cadenas de valor,

aunque es necesario seguir investigando para comprender mejor dónde deben invertirse más esfuerzos para lograr las mayores repercusiones. Es probable que la inversión y la adopción de innovaciones relativamente poco tecnológicas utilizadas por algunos responsables de la gestión forestal y de la transformación de la madera durante muchos años puedan aportar importantes beneficios en otros lugares. Algunos ejemplos son la mejora de la clasificación, la logística, los equipos de aserrado de última generación, los secadores solares y la transición del combustible de madera tradicional a la bioenergía moderna.

**Biotecnologías.** Se están aplicando tecnologías innovadoras a la investigación genética y la

mejora genética de árboles forestales para aumentar los rendimientos, la resistencia a las enfermedades y la adaptación al cambio climático<sup>129</sup>. Normalmente, la mejora genética de árboles forestales se lleva a cabo mediante la selección recurrente, que implica ciclos repetitivos de mejoramiento, pruebas y selección. Las especies forestales presentan una gran diversidad genética, son longevas y tienen una madurez sexual tardía y ciclos de regeneración prolongados, lo que plantea desafíos únicos a los mejoradores forestales<sup>69</sup>. Además, su mayor parte no está domesticada, por lo que los mejoradores forestales deben trabajar a menudo con poblaciones silvestres en lugar de trabajar con variedades conocidas. Por lo tanto, el mejoramiento genético forestal convencional es un proceso costoso y que requiere mucho tiempo. Sin embargo, los avances en genómica y otras tecnologías genéticas han permitido acortar el ciclo de mejoramiento genético forestal de varios decenios a menos de un decenio. El “fitomejoramiento sin reproducción” se basa en la identificación de árboles superiores mediante marcadores de ADN y métodos avanzados de reconstrucción del pedigrí<sup>130</sup>. Asimismo, los genotipos seleccionados pueden probarse como parte rutinaria de la gestión forestal en lugar de probarse en ensayos de campo específicos<sup>131</sup>. El fitomejoramiento sin reproducción ofrece una alternativa rápida y económica al mejoramiento genético forestal convencional. La gestión de la flora y la fauna silvestres también recurre a las innovaciones de la investigación genética para comprender y proteger las poblaciones de especies (especialmente las especies amenazadas)<sup>132</sup>.

### **Innovación social, en materia de políticas e institucional**

La relación entre la innovación social, en materia de políticas e institucional en el sector forestal es dinámica, y los tres tipos se tratan aquí conjuntamente.

Las innovaciones sociales surgen de las interacciones entre las partes interesadas para formular soluciones a las necesidades y problemas sociales<sup>133</sup>; una característica esencial es que requieren participación y fomentan la inclusión<sup>134</sup>. La participación temprana de partes interesadas de diversos orígenes en un enfoque

multidisciplinario fomenta la identificación y genera innovaciones que reflejan sus necesidades y perspectivas diversas.

Las innovaciones sociales pueden verse reforzadas por innovaciones en materia de políticas e institucionales. Las políticas establecen los objetivos y directrices generales, que las instituciones ponen en práctica mediante la adaptación, la creación de capacidad, la supervisión del cumplimiento y la retroinformación. Las instituciones pueden desempeñar un papel fundamental a la hora de armonizar los mandatos en materia de políticas, cultivar los conocimientos especializados, formular y hacer cumplir las regulaciones, y pueden actuar como plataformas para la participación de las partes interesadas, la colaboración y el intercambio de conocimientos. Los circuitos de retroalimentación positivos entre las instituciones y las políticas facilitan gestión adaptativa y la mejora continua<sup>135</sup>. Los nuevos métodos para fomentar la creación conjunta entre partes interesadas han contribuido a garantizar que las innovaciones sociales se adapten adecuadamente a las estructuras políticas, los marcos normativos y los usuarios locales existentes. Incluyen mecanismos para incorporar las leyes indígenas y consuetudinarias a las regulaciones nacionales, enfoques participativos de la planificación del uso de la tierra y la conservación comunitaria de la flora y la fauna silvestres. Esto es sumamente importante para los Pueblos Indígenas, ya que es fundamental que se reconozcan y respeten los derechos sobre sus tierras, territorios y recursos.

La consecución de metas mundiales, como aquellas relacionadas con el cambio climático y la biodiversidad, requiere acción a escala local<sup>136, 137</sup>, por lo que alienta a prestar atención a soluciones descentralizadas, controladas localmente y adaptadas al contexto. Las innovaciones en las dimensiones territoriales de las políticas e instituciones del sector forestal se han centrado en mejorar los mecanismos de gobernanza local, empoderar a las comunidades y promover prácticas de gestión forestal sostenible en paisajes y territorios específicos. Las instituciones también pueden desempeñar un papel fundamental para garantizar la inclusión en la innovación mediante la participación de grupos desfavorecidos como

las mujeres, los Pueblos Indígenas y los pequeños agricultores y empresas.

En el último decenio, se han desarrollado diversos enfoques territoriales y jurisdiccionales, junto con instrumentos de apoyo —como el enfoque de las partes interesadas para la toma de decisiones basadas en los riesgos y en datos objetivos (Stakeholder Approach to Risk Informed and Evidence-based Decision-making)<sup>138</sup>— para apoyar los procesos locales con múltiples partes interesadas. A medida que aumenta la atención que se presta a los conocimientos locales y a la legitimidad de las reclamaciones de derechos sobre la tierra y los recursos de las comunidades locales e indígenas, surgen innovaciones relacionadas con la gestión de las áreas conservadas por Pueblos Indígenas y comunidades locales y con procesos de integración de los conocimientos ecológicos tradicionales. En la empresa Mondulkiri Forest Venture, en Camboya, por ejemplo, 13 grupos de recolectores de PFNM han registrado 13 acuerdos sobre bosques comunitarios, que han ayudado a los grupos a evitar conflictos con las concesiones de explotación forestal<sup>139</sup>.

Trabajando juntos, los actores locales —incluidas personas de diferentes sexos, grupos de edad y condiciones socioeconómicas— pueden crear capacidad institucional, capital social y habilidades (por ejemplo, a través de cooperativas de productores) que apoyen los avances en materia de sostenibilidad<sup>134</sup>. En la planificación y ejecución de la Iniciativa de la Gran Muralla Verde en el Sahel (*Estudio de caso 8*), innovaciones como los comités de restauración dirigidos por mujeres y los nuevos mecanismos de consulta y participación han permitido elaborar conjuntamente intervenciones más eficaces. En Marruecos, el Gobierno ha puesto en marcha un programa de incentivos financieros para alentar a los usuarios de los bosques organizados en asociaciones de pastoreo a respetar la exclusión del pastoreo de los lugares de restauración, siendo las comunidades responsables de la protección de sus tierras; esto ha ayudado a restaurar más de 100 000 ha de tierras degradadas (*Estudio de caso 11*). En el Paraguay, el Gobierno está proporcionando a las comunidades forestales vulnerables apoyo a los ingresos para la reforestación en el marco del proyecto “Pobreza,

Reforestación, Energía y Cambio Climático”, que cuenta con asistencia de la FAO<sup>140</sup>.

En el sector forestal, están surgiendo instituciones híbridas con modelos innovadores de gobernanza que combinan elementos de las estructuras de gestión pública, privada y comunitaria<sup>141</sup>. Estas instituciones tienen mayor capacidad para integrar a las diversas partes interesadas y fomentar las asociaciones entre ellas, promoviendo así una toma de decisiones más inclusiva<sup>142</sup>. Esto se observa en los proyectos de reforestación en colaboración que se ejecutan en Costa Rica, donde el Gobierno ofrece incentivos a los propietarios privados para que participen en las iniciativas de reforestación, y las organizaciones ambientales colaboran en la ejecución y seguimiento de los proyectos<sup>143</sup>. Algunos análisis indican que las normas de gobernanza forestal creadas por programas de certificación voluntarios no gubernamentales, como aquellos del Consejo de Manejo Forestal y el Programa de Reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal, han influido en determinadas políticas, leyes y prácticas de observancia de los gobiernos<sup>144</sup>.

Otras innovaciones están destinadas a fomentar enfoques intersectoriales y holísticos respecto de las políticas y la planificación del uso de la tierra (véase, por ejemplo, el *Estudio de caso 7*), basados en una mayor concienciación sobre la interrelación entre los sectores del uso de la tierra y la importancia de los enfoques integrados para la gestión forestal sostenible en los paisajes<sup>145</sup>. Entre esas innovaciones cabe citar los enfoques territoriales integrados que tienen en cuenta ecosistemas completos; la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas; la agricultura climáticamente inteligente, que combina prácticas agrícolas sostenibles con la conservación forestal; las compensaciones de biodiversidad destinadas a lograr aumentos netos de la biodiversidad; y la disociación de las cadenas de suministro agrícolas de la deforestación. En el *Manual OCDE-FAO para empresas sobre deforestación y debida diligencia en las cadenas de suministro agrícolas* se adopta un enfoque innovador en el que se introducen conceptos relacionados con los bosques en el ámbito de los agronegocios para ayudar a las empresas a definir y aplicar políticas integrales con miras a hacer frente a los riesgos de la

deforestación impulsada por los productos básicos en beneficio de sus negocios<sup>146</sup>.

Varias innovaciones organizativas están contribuyendo a aumentar la participación de los pequeños productores en la gestión forestal y la toma de decisiones<sup>147</sup>. Algunos conllevan la agrupación de pequeños productores en grupos más grandes para aprovechar mayores economías de escala. Las estructuras organizativas en las que existen distintos grados de participación o toma de decisiones pueden optimizar el valor de los bienes de los pequeños productores mejorando las condiciones del mercado. Las estructuras organizativas escalonadas permiten desempeñar diferentes funciones a distintos niveles, como potenciar las capacidades de producción y los derechos de tenencia a escala local, añadir valor y prestar servicios a escala subnacional, así como abogar por cambios en materia de políticas a escala nacional e internacional<sup>148</sup>. En el Estado Plurinacional de Bolivia, El Ceibo, una agrupación de productores de primer grado que representa a 1 300 agricultores forestales que producen cacao<sup>149</sup>, pertenece, a su vez, a una asociación de segundo grado, COPRACAO, que negoció con el Gobierno la introducción de un programa de incentivos por valor de 37 millones de USD que ahora beneficia a los pequeños productores. En Viet Nam, las cooperativas locales han formado organizaciones coordinadoras subnacionales más grandes para impulsar la adición de valor, los ingresos y el empleo; por ejemplo, grupos de cultivadores de canela, como la Cooperativa de la canela y el anís estrellado de Viet Nam, pertenecen al sindicato de agricultores de Viet Nam, lo que ha contribuido a mejorar el acceso al mercado, la toma de decisiones y la gestión sostenible de los recursos para los pequeños productores de canela a escala nacional<sup>150</sup>.

Las innovaciones pueden aumentar el acceso de los pequeños productores a los mercados y a empresas de transformación más grandes. Por ejemplo, las aplicaciones para teléfonos móviles pueden permitir a los productores establecer conexiones directas con los compradores y proporcionar información sobre el mercado y apoyo en las transacciones. Los modelos de agrupamiento, como las cooperativas, permiten a los pequeños

productores alcanzar mayores volúmenes de producto para satisfacer la demanda del mercado, ayudándoles a eludir a los intermediarios y a obtener mejores precios. Los registros digitales pueden mejorar el acceso a la protección social y al empleo formal. Por ejemplo, el Mecanismo para Bosques y Fincas facilitó la integración de la información de 450 productores de carbón vegetal empobrecidos de Kenya en el Registro único mejorado de la Secretaría Nacional de Bienestar Social, lo que les permitió acceder a una transferencia mensual de 30 USD en efectivo por familia a través del programa de respuesta de emergencia a la sequía de la Autoridad nacional de gestión de la sequía<sup>151, 152</sup>.

Los grupos colectivos de pequeños productores han puesto en marcha nuevos mecanismos de distribución de beneficios y supervisión financiera para ayudar a garantizar la reinversión en las prioridades locales. En el Brasil, la cooperativa COOMFLONA destina las ganancias obtenidas de la madera y los PFNM a diversos fondos, entre ellos fondos destinados a la salud y la educación, que benefician sobre todo a los miembros de la COOMFLONA<sup>153</sup>. En Etiopía, la cooperativa Aburo Forest Managing and Utilizing Cooperative vende incienso y mantiene una gestión financiera transparente a través de un comité de auditoría<sup>154</sup>. También están surgiendo innovaciones en la resolución de conflictos, la justicia y la seguridad de la tenencia. Por ejemplo, la empresa La Myang Community Forest Rattan and Bamboo Group de Myanmar está resolviendo conflictos sobre el uso de los recursos naturales mediante el registro legal de bosques comunitarios y el posterior desarrollo de empresas<sup>155</sup>.

La promoción de políticas que tengan en cuenta las cuestiones de género, oportunidades de empleo equilibradas desde el punto de vista del género y la aplicación de mecanismos de seguimiento y evaluación sensibles a las cuestiones de género son innovaciones en materia de políticas e institucionales destinadas a garantizar la integración de las consideraciones de género. Los comités de gestión forestal del programa de gestión forestal conjunta de la India exigen una representación de mujeres mínima de al menos un tercio de los integrantes del comité para garantizar la representación en los

procesos de toma de decisiones<sup>156</sup>. En Nepal, es obligatorio que los grupos de usuarios de bosques comunitarios cuenten con estrategias para lograr un equilibrio de género del 50 % en sus comités ejecutivos<sup>157</sup>. Las innovaciones organizativas destinadas a aumentar la participación de la juventud incluyen programas específicos de desarrollo de la capacidad, el uso de plataformas tecnológicas y de redes sociales, una garantía de representación de la juventud en los foros de toma de decisiones, la realización de campañas educativas y el ofrecimiento de pasantías.

Los instrumentos y enfoques innovadores para el seguimiento forestal están reforzando las relaciones entre las comunidades locales, los Pueblos Indígenas, las organizaciones de la sociedad civil y los encargados de formular las políticas. ForestLink<sup>158</sup> y MangroveWatch<sup>159</sup> utilizan tecnología de telefonía móvil y comunicaciones por satélite para que las comunidades puedan denunciar en tiempo real las actividades de explotación forestal ilegal. La plataforma LandMark<sup>160</sup> dota a los grupos indígenas y comunitarios de herramientas para cartografiar y documentar sus tierras (Estudio de caso 5), lo que ayuda a reforzar las reclamaciones consuetudinarias en regiones ricas en bosques. En China, la política de “guardabosques ecológicos” ofrece oportunidades de empleo y protección social a los agricultores pobres; estas se complementan con capacitación y desarrollo de aptitudes; una vez capacitados, estos guardabosques patrullan los bosques en peligro, informan sobre desastres forestales y evitan posibles daños y destrucción de los recursos forestales. La política pone de relieve los importantes vínculos entre los cinco tipos de innovación y ha ofrecido el doble beneficio de aliviar la pobreza y mejorar los resultados ambientales<sup>138, 161</sup>.

## Innovación financiera

Las innovaciones financieras en el sector forestal están aumentando, en gran medida con la finalidad de hacer frente a la necesidad de apalancar más financiación de la que actualmente se destina a la actividad forestal; incentivar la transición hacia una economía más verde; mejorar el acceso a la financiación para los pequeños productores; y reconocer el valor de

los servicios ecosistémicos. Los inversionistas consideran que los proyectos forestales son riesgosos, principalmente debido a factores como el prolongado ciclo de producción necesario para obtener madera de alta calidad y, sobre todo en el Sur del mundo, el carácter informal de muchas actividades relacionadas con los bosques<sup>129, 162-164</sup>. En un estudio reciente<sup>165</sup>, se señalaron los siguientes medios para aumentar la financiación en los paisajes tropicales: un entorno institucional favorable; asistencia técnica; y unión de diversas fuentes de financiación a través de instrumentos financieros gestionados por gestores de fondos o coordinadores de proyectos y la aplicación de estrategias para abordar la escala, el riesgo y las expectativas de rentabilidad de los inversionistas.

La financiación pública (tanto nacional como internacional) sigue siendo la principal fuente de financiación destinada a los bosques y otras soluciones basadas en la naturaleza<sup>162</sup>. Las innovaciones destinadas a obtener más financiación de fuentes nacionales incluyen reformas fiscales, incentivos y planes de financiación sostenible con instituciones financieras locales.

Se han desarrollado nuevos mecanismos de transferencia para la financiación pública. En Burkina Faso y el Níger, un innovador plan de inversión en proyectos de RBP y gestión sostenible de la tierra está transfiriendo financiación verde directamente a las autoridades locales, a diferencia de los planes de financiación tradicionales, que suelen pasar por organismos de ejecución de proyectos y organizaciones no gubernamentales<sup>166</sup>.

Atraer la participación del sector privado en general y a la financiación privada en particular puede aumentar la financiación disponible para el desarrollo sostenible de los bosques y su conservación. Esta participación ha llevado al desarrollo de modelos de financiación combinada que incluyen, por ejemplo, garantías, bonos verdes y capital de riesgo, así como diversos instrumentos de deuda y capital. Los avances innovadores en materia de fondos de pensiones han contribuido a integrar principios de gestión forestal sostenible y conservación de los bosques en las prácticas de inversión. Los fondos de pensiones tienen cada vez más en cuenta los

factores ambientales, sociales y de gobernanza, participan en inversiones de impacto y apoyan los bonos verdes y las inversiones sostenibles centradas en el sector forestal.

Otras innovaciones están destinadas a lograr que la financiación sea más responsable desde el punto de vista ambiental y social, incentivando medidas para reducir la huella ambiental de las inversiones. Las innovaciones en cuanto a la inversión de impacto en el sector forestal están canalizando el capital hacia la conservación y la sostenibilidad, al tiempo que generan rendimientos financieros. Un ejemplo son los bonos de resiliencia forestal, que proporcionan financiación para proyectos de restauración y generan rendimientos basados en los resultados ambientales conseguidos.

Los inversionistas reconocen cada vez más que los rendimientos financieros por sí solos son insuficientes para evaluar la verdadera sostenibilidad de las empresas, sobre todo teniendo en cuenta el aumento de los riesgos ambientales (como se indica, por ejemplo, en el Informe de Riesgos Mundiales del Foro Económico Mundial<sup>167</sup>). La sostenibilidad y las consideraciones climáticas se están convirtiendo en criterios fundamentales para muchas instituciones financieras y empresas, y estas se incluyen cada vez más en la toma de decisiones y en sus informes. Innovaciones como la plataforma de riesgo de materias primas de origen agrícola SCRIPT (Soft Commodity Risk Platform), el Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con la Naturaleza y Trase Finance están concebidas para aumentar la transparencia y mitigar los riesgos relacionados con el impacto ambiental y la deforestación en las cadenas de suministro y las inversiones en materias primas de origen agrícola. En colaboración con Global Canopy, la FAO trabaja con miras a establecer reglas o normas comunes para una financiación “libre de deforestación” y “positiva para los bosques”<sup>168, 169</sup>.

También se han producido innovaciones en las normas de información financiera relacionadas con la sostenibilidad: por ejemplo, el Consejo Internacional de Normas de Sostenibilidad ha publicado las dos primeras normas de divulgación sobre sostenibilidad relativas a

las Normas Internacionales de Información Financiera (más de 100 países exigen a las empresas que operan en sus territorios que utilicen dichas normas). Australia tiene previsto aplicar requisitos obligatorios de divulgación de información financiera relacionada con el clima, y la Unión Europea ha establecido el Reglamento sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros para promover decisiones de inversión fundamentadas. La taxonomía de la Unión Europea proporciona un marco para identificar las actividades económicas sostenibles desde el punto de vista ambiental, influyendo a favor de una transición hacia la sostenibilidad<sup>170</sup>. Plataformas como FinanceMap y marcos como aquel de la iniciativa del Marco de rendición de cuentas están concebidos para fomentar la transparencia y la observancia de prácticas sostenibles en el sector financiero.

Se está movilizando financiación para llegar al “sector intermediario no atendido”<sup>171</sup>, como las pequeñas y medianas empresas forestales y las comunidades que dependen de los bosques (entre ellas, los Pueblos Indígenas), y contribuir a su desarrollo, entre otras cosas mediante la creación de infraestructura financiera de “último tramo” y productos innovadores más adecuados para las personas y comunidades de zonas remotas<sup>163, 164, 172</sup>. Se trata de productos financieros adaptados, iniciativas de microfinanciación y modelos de inversión comunitaria. La banca móvil ha mejorado notablemente la inclusión financiera. Se están probando modelos cooperativos, asociaciones de ahorro y préstamo en las aldeas y modelos alternativos de garantías entre los productores forestales y agrícolas y sus organizaciones, con resultados prometedores<sup>173</sup>. En Viet Nam, el Mecanismo para Bosques y Fincas ha facilitado el desarrollo de “fondos verdes”, un mecanismo innovador de microfinanciación que no exige garantías y aumenta la disponibilidad de financiación para los pequeños productores (Estudio de caso 13).

Los mecanismos de financiación tradicionales no suelen abordar la ineficacia del mercado relacionada con las externalidades ambientales y los bienes públicos que proporcionan los bosques. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) estimó

que los flujos financieros negativos para la naturaleza destinados a la agricultura en la forma de incentivos de precios y transferencias fiscales ascendían a 500 000 millones de USD en 2022, más del triple de la financiación para soluciones basadas en la naturaleza (flujos positivos para la naturaleza) (154 000 millones de USD)<sup>162</sup>. Las innovaciones destinadas a incentivar al sector financiero mediante mejores políticas públicas incluyen la reasignación de subvenciones negativas para la naturaleza y la contabilización e incorporación de los costos sociales y ambientales asociados a los productos y actividades que repercuten negativamente en los bosques. Determinadas innovaciones en la contabilidad del capital natural (que asigna valores económicos a los servicios ecosistémicos que prestan los bosques) están haciendo hincapié en la integración de la valoración de los servicios ecosistémicos y las técnicas de análisis espacial, así como procurando integrar los valores sociales y culturales asociados a los bosques e incorporar la contabilidad del capital natural en los procesos relacionados con las políticas.

Muchos servicios ecosistémicos carecen de mercados establecidos. Por lo tanto, los actores de las cadenas de valor forestales enfrentan dificultades para acceder a financiación privada porque sus contribuciones a bienes públicos esenciales, como los servicios ecosistémicos, no se ven recompensadas, lo que crea condiciones de desigualdad. Han surgido innovaciones para impulsar la financiación basada en los mercados para los servicios ecosistémicos (por ejemplo, modelos basados en el desempeño ambiental relacionados con el carbono, los recursos hídricos y la biodiversidad, a veces denominados pagos por servicios ambientales). En Mozambique, se está ejecutando un proyecto a largo plazo para incentivar la agroforestería a través de nuevas oportunidades de comercio de derechos de emisión de dióxido de carbono (**Estudio de caso 12**); en Uganda, el Programa de subvenciones a la producción de madera aserrada ofrece a los propietarios de tierras incentivos para la reforestación aplicados a través de créditos del carbono.

La REDD+ ha impulsado varias innovaciones financieras para incentivar la conservación forestal y la correspondiente reducción de las

emisiones de GEI. Un componente fundamental de la financiación de la REDD+ son los pagos basados en resultados, en los que los países reciben pagos en función de reducciones de emisiones verificadas. El Fondo Verde para el Clima fue la primera fuente de pagos basados en resultados de la REDD+ en el marco de un programa piloto de 500 millones de USD, que aprobó resultados de la Argentina, el Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, el Ecuador, Indonesia y el Paraguay. Entre las innovaciones relacionadas se incluyen el establecimiento de mercados del carbono para la compra y venta de créditos del carbono generados a partir de proyectos y programas de REDD+; mecanismos de financiación como los bonos verdes y los fondos de inversión de impacto; enfoques de REDD+ jurisdiccionales y anidados que vinculan y agregan proyectos a diferentes escalas y distribuyen los beneficios financieros entre los gobiernos subnacionales, las comunidades locales y los responsables de la ejecución de los proyectos; y la participación del sector privado a través de asociaciones e inversiones empresariales en REDD+. Las innovaciones en los sistemas de medición, presentación de informes y verificación, como se ha descrito anteriormente, son fundamentales para verificar los resultados y garantizar la transparencia en la financiación de REDD+. ■

### 3.3 CUATRO FACTORES OBSTACULIZAN LA AMPLIACIÓN DE LA INNOVACIÓN

A continuación, se describen los obstáculos para el desarrollo y la adopción de innovaciones en el sector forestal: 1) la falta de una cultura de la innovación; 2) el riesgo; 3) las posibles limitaciones de las distintas formas de capital; y 4) políticas y regulaciones poco favorables.

## Falta de una cultura de la innovación

Una cultura innovadora es la que fomenta la curiosidad, la creatividad y la asunción de riesgos<sup>174</sup>, pero la cultura predominante puede ser poco favorable a las nuevas ideas y los “extraños”, lo que limita el alcance de la innovación y la disposición para adoptar nuevas herramientas, productos, procesos y enfoques. Los distintos actores de un ecosistema de innovación (véase el **Recuadro 5**) tienen estrategias y trayectorias que tienden a defender; esta “trayectoria dependiente”<sup>175</sup> puede ir en contra del cambio porque los intereses creados protegerán sus posiciones históricas y su cuota de mercado<sup>176</sup>. Esto puede tener el efecto de sofocar las innovaciones mediante el control del mercado y grupos de presión antes de que se presente la oportunidad de llevarlas a la práctica. En algunos casos, una industria puede incluso financiar organizaciones para suprimir las innovaciones de fuera de su sector como medio para mantener sus posiciones<sup>177</sup>. Perturbar los sistemas existentes para hacer posible la innovación es un desafío importante.

También puede requerirse un cambio cultural que se aleje de la visión históricamente dominante de la innovación como principal medio para mejorar la eficiencia, las ganancias económicas y la competitividad, y la acerque a un enfoque más aspiracional. De este modo, se reconocería que la innovación es polifacética y debería permitir la realización de objetivos y valores de amplio alcance, como los relacionados con medios de vida viables, el bienestar social, la conservación de los recursos y la sostenibilidad. Una cultura que reconozca y adopte el poder transformador de la innovación puede ayudar a reducir el riesgo de los procesos de innovación y empoderar a las partes interesadas para ver más allá de lo habitual con miras a responder a los desafíos actuales y futuros. Todas las partes interesadas del sector forestal pueden desempeñar un papel en la promoción y el apoyo de una cultura de la innovación que procure abordar los problemas de forma que se reduzcan al mínimo las consecuencias negativas y se aborden los obstáculos estructurales a la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres.

En muchos contextos, por ende, el desarrollo de una cultura innovadora puede requerir un

impulso, es decir, algo que fomente el desarrollo de habilidades, rutinas, comportamientos y conexiones con otros actores de un ecosistema de innovación que facilitará la creación y adopción de innovaciones. Existen instrumentos que ayudan a desarrollar un entorno adecuado para sostener una cultura innovadora, como el instrumento de creación de incentivos y oportunidades desarrollado por la Red de Innovación de las Naciones Unidas, que presenta técnicas que pueden utilizarse para fomentar la innovación y, en última instancia, construir, dentro de una organización, una cultura que fomente la innovación<sup>178</sup>. Por ejemplo, reconocer y recompensar la innovación puede ayudar a fomentar una cultura favorable, al igual que incentivar comportamientos innovadores mediante la mejora de las capacidades individuales y la armonización de los proyectos con valores e intereses personales. Fundamentalmente, una cultura de la innovación también requiere dedicar tiempo y recursos suficientes a “ser innovador”.

## Riesgo

Innovar conlleva un riesgo inherente, ya que una proporción importante de las innovaciones —quizá hasta el 95 %<sup>179</sup>— no cumple las expectativas de las partes interesadas. Evitar los riesgos que plantea la innovación puede reforzar la trayectoria dependiente en un ecosistema de innovación y obstaculizar la creación y adopción de innovaciones (**Recuadro 10**). La introducción de nuevos productos o procesos conlleva una serie de costos de transacción, y debe tenerse en cuenta el riesgo de fracaso, sobre todo en contextos de bajo capital y baja tolerancia al riesgo. Además, la adopción de una innovación sin tener debidamente en cuenta el contexto (es decir, si es la innovación adecuada para el lugar adecuado y por las razones adecuadas) puede tener repercusiones negativas. Por ejemplo, las innovaciones destinadas a operaciones a gran escala pueden proporcionar economías de escala a las grandes empresas y aumentar su ventaja competitiva, poniendo en peligro a los pequeños agricultores y a otros grupos y comunidades marginados<sup>129</sup>. Estos riesgos podrían mitigarse facilitando el acceso de los actores marginados a la creación de innovaciones, e incentivando el desarrollo de innovaciones de escala reducida

**RECUADRO 10 EL EJEMPLO DE KATERRA**

El fabricante de madera en masa Katterra, una empresa emergente dedicada a la construcción, prometió revolucionar la construcción de edificios en los Estados Unidos de América mediante un nuevo modelo empresarial de integración vertical y modularización con madera en masa. Aunque el concepto general de negocios de las viviendas prefabricadas es muy prometedor, la empresa se declaró en quiebra en 2021 tras invertir más de 2 000 millones de USD<sup>181</sup>.

Otros fabricantes de madera en masa de América Septentrional también se declararon en quiebra o cesaron sus actividades entre 2021 y 2023. El sector de la construcción está muy ligado a las relaciones existentes y a las formas aceptadas de hacer negocios, cada una de las cuales sirve para resistirse al cambio: a menudo es más fácil seguir haciendo negocios como siempre que desarrollar una nueva relación con el proveedor de un producto sustitutivo.

y adaptadas al contexto, adecuadas para operaciones en menor escala.

En algunos casos, la innovación puede tener más probabilidades de éxito cuando se da prioridad a la incorporación de los conocimientos tradicionales o indígenas. En el ámbito de las innovaciones tecnológicas basadas en datos, también pueden surgir riesgos específicos asociados a la recopilación, el uso y la propiedad de los datos, como aquellos relacionados con la concentración del mercado y las interacciones entre los pequeños agricultores y las empresas y organizaciones más grandes. Las políticas y las regulaciones pueden contribuir a prevenir la aparición de disparidades y la distribución desigual de los beneficios derivados de la adopción de innovaciones tecnológicas<sup>71, 180</sup>.

Aunque favorece la estabilidad a corto plazo, dar prioridad a la reducción de riesgos puede obstaculizar la innovación necesaria para adaptarse a la evolución de las condiciones ambientales, las demandas del mercado y los avances tecnológicos. Los gobiernos y otras partes interesadas pueden contribuir a lograr un equilibrio adecuado entre riesgo y estabilidad apoyando las oportunidades de aprendizaje sobre los procesos de creación y adopción de innovaciones y fomentando la colaboración.

### Posibles limitaciones de las distintas formas de capital

Un estudio de Roshetko *et al.* (2022) sobre la adopción de tecnologías innovadoras del

sector forestal en la región de Asia y el Pacífico determinó las posibles limitaciones en distintas formas de capital —humano, natural, físico, financiero y social— como una barrera para la adopción (Cuadro 4) (en el mismo estudio, se citaron las políticas y las regulaciones poco favorables como una barrera adicional)<sup>129</sup>. Es probable que esta conclusión sea pertinente en otras regiones y para otros tipos de innovación, especialmente en el Sur del mundo. Los distintos países y regiones pueden estar sujetos a diferentes limitaciones de las cinco formas de capital. Por ejemplo, el capital financiero puede ser materialmente limitado en una región y el capital natural (como la falta de acceso a bosques y a productos forestales) puede ser una limitación o barrera más importante en otra.

Al igual que los productos pueden diseñarse para facilitar su desmontaje (por ejemplo, para mejorar el potencial de circularidad), el diseño para la adopción puede aumentar el éxito de la innovación. Es muy probable que los enfoques de “talla única” fracasen; por ejemplo, es improbable que las soluciones digitales sean útiles para personas con acceso limitado a la electricidad o a Internet (es decir, falta de capital físico). El elevado costo de muchas innovaciones restringe su adopción a quienes disponen de recursos importantes (capital financiero)<sup>182</sup>, y los enfoques de arriba abajo también tienen pocas probabilidades de éxito, aunque estén bien elaborados (capital social). Por ejemplo, la adopción generalizada de estufas de cocina mejoradas que reducen la contaminación del aire interior y el consumo de combustible<sup>183</sup> se ha visto

**CUADRO 4 CINCO FORMAS DE CAPITAL CUYA FALTA CONSTITUYE UNA BARRERA PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS INNOVADORAS POR PARTE DEL SECTOR FORESTAL EN LA REGIÓN DE ASIA Y EL PACÍFICO**

Capital humano	Falta de competencias, conocimientos y experiencia; recelo ante las innovaciones “nuevas”; incertidumbre sobre los posibles efectos no deseados derivados de la adopción de innovaciones.
Capital natural	Acceso limitado a los bosques, la tierra y los recursos naturales, así como a sus bienes y productos.
Capital físico	Falta de infraestructura como carreteras, mercados, energía eléctrica e Internet; falta de recursos para “reducir la escala” de las innovaciones y adaptarlas a las necesidades contextuales de las diversas partes interesadas de abajo arriba.
Capital financiero	Acceso limitado al capital financiero, al crédito y a las cadenas de valor.
Capital social	Gobernanza y derechos de tenencia restrictivos respecto de los bosques, los recursos de tierras y sus activos y productos; acceso limitado a información; falta de transparencia; y participación limitada en la toma de decisiones.

FUENTE: Adaptado de Roshetko, J.M., Pingault, N., Quang Tan, N., Meybeck, A., Matta, R. y Gitz, V. 2022. *Asia-Pacific roadmap for innovative technologies in the forest sector*. Roma, FAO, Bogor (Indonesia), Centro de Investigación Forestal Internacional, Programa de Investigación sobre Bosques, Árboles y Agroforestería del CGIAR.

obstaculizada por los elevados costos iniciales, la resistencia de los usuarios a cambiar sus hábitos tradicionales de cocina y la falta de soluciones adaptadas para satisfacer las necesidades específicas de las comunidades; además, no se ha reconocido el papel del humo de los fuegos tradicionales para repeler insectos<sup>184, 185</sup>.

La falta de capital social ha obstaculizado muchos proyectos innovadores de restauración forestal, lo que ha contribuido, por ejemplo, a una planificación deficiente, una selección inadecuada de especies, una mala preparación del terreno y dificultades para garantizar el compromiso y la participación de la comunidad (la falta de financiación a largo plazo —capital financiero— ha sido otro obstáculo importante)<sup>186, 187</sup>.

La falta de capital social (por ejemplo, un acceso insuficiente al mercado y la falta de capacitación y desarrollo de la capacidad) también contribuye en gran medida a los bajos índices de éxito de las innovaciones que promueven medios de vida alternativos basados en recursos forestales, como el ecoturismo, los PFNM y la explotación sostenible de la madera, junto con la falta de capital financiero relacionada con las fluctuaciones del mercado y la escasa demanda de productos forestales más allá de los mercados locales o especializados<sup>188, 189</sup>. La falta de acceso consuetudinario a la tierra y los recursos (capital natural) puede inhibir la participación de las

comunidades locales y los Pueblos Indígenas en la innovación del sector forestal.

**Políticas y regulaciones que no son favorables**

En el estudio de Roshetko *et al.* (2022) se encontraron ejemplos (en la región de Asia y el Pacífico) en los que la elaboración de las políticas ha ido a la zaga del desarrollo de las tecnologías y ha carecido de la flexibilidad y la capacidad de reacción necesarias para permitir su adopción<sup>129</sup>. Se trata de un problema inherente a la innovación porque, casi por definición, las innovaciones surgen en un entorno existente de políticas y regulaciones, que pueden actuar para restringir o distorsionar la adopción de innovaciones o, por el contrario, permitir desarrollos no regulados y potencialmente arriesgados a partir de innovaciones. Esto demuestra la importancia de la adaptación continua de los entornos políticos y regulatorios para aprovechar la innovación. ■

## 3.4 CON LA INNOVACIÓN, PUEDE HABER GANADORES Y PERDEDORES, Y SE NECESITAN ENFOQUES INCLUSIVOS Y QUE DEN RESPUESTA A LAS CUESTIONES DE GÉNERO

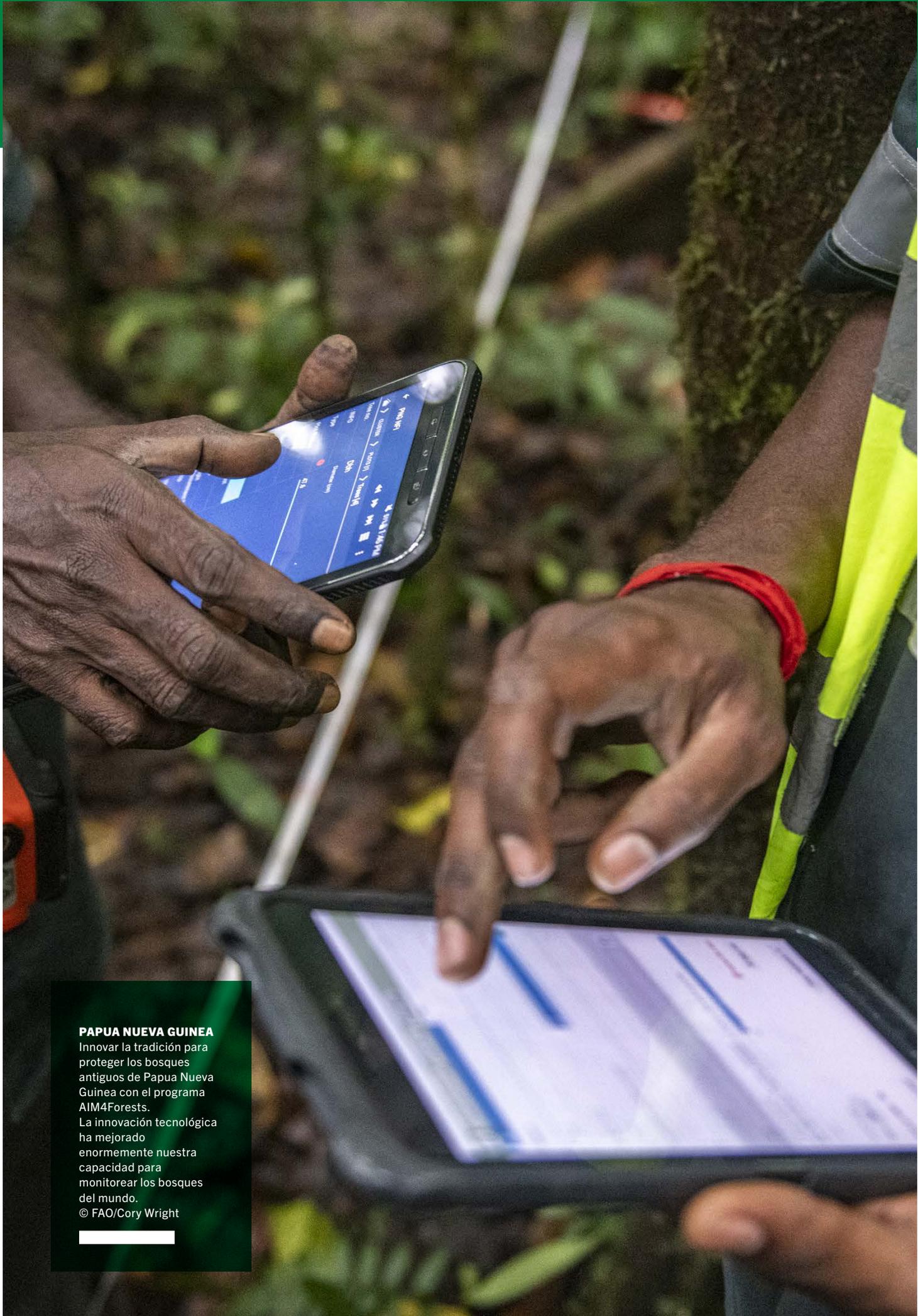
Los encargados de formular las políticas tienden a tratar la innovación como algo intrínsecamente bueno, considerando que “más es mejor”. Pero la innovación puede dar lugar a ganadores y perdedores, y puede ir acompañada de pérdida de sectores completos, quiebra de empresas y pérdida de puestos de trabajo. Además, las transformaciones provocadas por las innovaciones pueden perjudicar a los grupos y comunidades más vulnerables<sup>190</sup>, que a menudo son quienes tienen menos capacidad para adaptarse a los rápidos cambios resultantes<sup>191</sup>. Por ejemplo, las tecnologías y técnicas mejoradas de teledetección, cuyo acceso y uso resultan difíciles para algunos, en el peor de los casos, pueden facilitar a actores sin escrúpulos la localización de los objetivos de sus nefastas actividades, como árboles de gran valor. Las mejoras de los bienes de consumo, y su menor costo, pueden dar lugar a un aumento del consumo (que puede considerarse indeseable en muchos contextos)<sup>192</sup>.

Por lo tanto, es importante que las innovaciones promuevan la sostenibilidad económica, social y ambiental (o que, como mínimo, sean compatibles con ella); es necesario ejercer esfuerzos para evitar consecuencias no deseadas y repercusiones potencialmente perjudiciales. El concepto de “innovación responsable” es un enfoque aspiracional que implica un proceso transparente e interactivo

en el que diversos actores e innovadores tratan de garantizar mutuamente la aceptabilidad (ética), la sostenibilidad y la conveniencia social del proceso de innovación y sus productos comercializables<sup>193</sup>. También implica inclusión, lo que significa tener en cuenta e integrar las diversas realidades, perspectivas, necesidades y derechos de todas las partes interesadas, incluidas las comunidades locales, los Pueblos Indígenas, las mujeres, la juventud y los grupos pobres y marginados. Para garantizar que los nuevos desarrollos se ajusten a las necesidades de los usuarios y reduzcan al mínimo los posibles efectos perjudiciales, es esencial que las personas tradicionalmente excluidas puedan expresar su opinión.

La integración de puntos de vista y perspectivas diversos, incluso ajenos al sector forestal, conduce a un pensamiento diferencial derivado, por ejemplo, de diferentes bases de conocimiento, estilos de pensamiento y experiencias<sup>194</sup>. En otras palabras, la diversidad de las partes interesadas —y las diferencias de poder entre ellas— determinarán, en parte, la diversidad de ideas y posibles asociados que surjan. Además, la aceptación de la innovación entre grupos diversos es mucho más probable si esos grupos han participado en la creación de la innovación de una forma realmente inclusiva. El potencial de innovación, y su asimilación, aumenta a medida que la red de interacciones se amplía y diversifica. Una cultura favorable y propicia es un factor determinante para innovar de forma responsable.

Independientemente de si las innovaciones proceden de dentro o fuera del sector forestal, o de si implican nuevas tecnologías y procesos o la adaptación de soluciones comprobadas en un nuevo contexto, es necesario tratar de evitar repercusiones perversas. Entre los posibles medios para evitar los escollos que plantea la innovación pueden mencionarse el aprendizaje de otras experiencias, la adopción de principios de mejores prácticas y el establecimiento de salvaguardias. Innovar de forma responsable ofrece un camino a seguir para crear un sector forestal más resiliente y sostenible. ■



**PAPUA NUEVA GUINEA**

Innovar la tradición para proteger los bosques antiguos de Papua Nueva Guinea con el programa AIM4Forests.

La innovación tecnológica ha mejorado enormemente nuestra capacidad para monitorear los bosques del mundo.

© FAO/Cory Wright



# CAPÍTULO 4

## DIECIOCHO ESTUDIOS DE CASOS ILUSTRAN LAS DIVERSAS FORMAS EN QUE LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR FORESTAL PUEDE GENERAR CAMBIOS POSITIVOS

### MENSAJES PRINCIPALES

→ La presentación de estudios de casos es un medio importante para explorar y demostrar el potencial de la innovación en el sector forestal. Los ejemplos examinados en el presente documento muestran procesos, instrumentos y tecnologías de vanguardia en diversas regiones y a distintas escalas, aportan pruebas y conocimientos y generan enseñanzas que pueden aplicarse en diversos contextos de todo el mundo. Se organizan en tres categorías, relacionadas con la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques.

1. **Las innovaciones contribuyen a las iniciativas para detener la deforestación y mantener los bosques.** Entre ellas se incluye un modelo de fomento de la gobernanza de múltiples partes interesadas para ampliar la gestión integrada y sostenible del paisaje en Kenya y Nigeria; el uso de nuevos datos sobre el papel de los bosques en la productividad agrícola para financiar la conservación forestal en el Brasil; el aprovechamiento del poder de la asociación y la innovación tecnológica para reducir la pérdida de bosques provocada por los productos básicos en Ghana; la introducción de nuevas herramientas y técnicas en la gestión forestal comunitaria en Colombia; y la combinación de ciencia, tecnología y conocimientos tradicionales para apoyar a los Pueblos Indígenas como custodios de los bosques y permitir el manejo integrado del fuego dirigido a nivel local.
2. **Los enfoques innovadores están impulsando la restauración de tierras degradadas y la expansión de la agroforestería.** Entre ellos se incluyen la elaboración de una nueva política nacional para brindar un mejor apoyo a la agroforestería en la India; la integración de los objetivos socioeconómicos y las necesidades nutricionales de las comunidades locales con la restauración para combatir la

desertificación en la Gran Muralla Verde del Sáhara y el Sahel; el uso de tecnologías geoespaciales y otras tecnologías digitales para cotejar y difundir buenas prácticas de restauración y hacer un seguimiento de los avances en la puesta en práctica del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas; la mejora de la resiliencia de los huertos tradicionales de colocasia en Vanuatu mediante la incorporación de nuevas tecnologías, prácticas y variedades de plantas; la mejora de la gobernanza local de los recursos forestales para obtener beneficios para la agricultura y la restauración forestal en Marruecos y Túnez; y un proyecto a largo plazo para vincular la agroforestería con el comercio de derechos de emisión de dióxido de carbono en Mozambique.

3. **Las innovaciones están ayudando a utilizar los bosques de manera sostenible y a crear cadenas de valor verdes.** Entre ellas se incluyen la concesión de microfinanciación sin garantías a pequeñas empresas forestales a través del poder de las organizaciones colectivas en Viet Nam; el uso de nuevas herramientas y metodologías de diagnóstico para catalizar procesos de reforma jurídica para la gestión sostenible de la flora y fauna silvestres en 13 países africanos; el aprovechamiento de tecnologías digitales para mejorar la eficiencia del seguimiento de la madera y promover cadenas de suministro sostenibles en Guatemala; la mejora de la conectividad a lo largo de las cadenas de suministro de madera para reducir el desperdicio y aumentar la viabilidad de la gestión forestal sostenible en el Brasil, Guyana, Panamá y el Perú; la aplicación de nuevas tecnologías de transformación de la madera en Eslovenia y los Estados Unidos de América para promover la bioeconomía y mejorar la resiliencia ante los terremotos; y el fomento de la innovación dirigida por los agricultores en la producción forestal y agrícola sostenible a través de escuelas de campo para agricultores.

En este capítulo se presentan 18 estudios de casos de innovaciones en el sector forestal extraídos de las comunicaciones presentadas por el personal de la FAO y las organizaciones asociadas sobre su trabajo. Comprenden una muestra representativa de procesos, instrumentos y tecnologías de vanguardia en diversos contextos a escala mundial, organizados en tres vías: conservación forestal, restauración forestal y utilización sostenible de los bosques (aunque muchos contribuyen a dos o tres de las vías). Cada estudio de caso puede considerarse un conjunto de innovaciones, ya que en cada uno de ellos interviene más de una innovación y tipo de innovación (es decir, innovación tecnológica, social, en materia de políticas, institucional y financiera, como se describe en el Cuadro 3). Para cada estudio de caso, los autores han calificado subjetivamente la importancia relativa de cada tipo de innovación con una puntuación de 1 a 10, que se representa gráficamente con hojas de distinto tamaño. ■

### 4.1 LAS INNOVACIONES CONTRIBUYEN A LAS INICIATIVAS PARA DETENER LA DEFORESTACIÓN Y MANTENER LOS BOSQUES

Detener la deforestación reduciría en gran medida las emisiones de GEI<sup>v</sup>, al tiempo que ayudaría a salvaguardar la mayor parte de la biodiversidad terrestre del planeta y a mantener servicios ecosistémicos esenciales. En nuevos estudios científicos se ha ilustrado el drástico efecto de enfriamiento de los bosques a través de una serie de procesos biofísicos no relacionados con el carbono, como la evapotranspiración, el albedo, los aerosoles y los compuestos orgánicos volátiles, y se estima que la conservación de los

bosques tropicales podría proporcionar entre un 20 % y un 40 % más de enfriamiento global de lo que se pensaba<sup>195</sup>. Esta mitigación adicional de los efectos climáticos se complementa con el papel de los bosques en la regulación de las precipitaciones y la estabilización de los climas tanto locales como más alejados, contribuyendo así a minimizar los fenómenos meteorológicos extremos y haciendo que los bosques sean esenciales para la adaptación al cambio climático y la resiliencia. La productividad agrícola futura, especialmente en los trópicos, depende en parte de los servicios de regulación del clima que proporcionan los bosques.

Los esfuerzos mundiales, regionales y nacionales para detener la deforestación y mantener los bosques del mundo han dado lugar a una proliferación de innovaciones, como los grandes avances en el seguimiento de los bosques en tiempo real para permitir los pagos basados en los resultados de la REDD+ y el crecimiento de los mercados de carbono forestal. También se ha avanzado en la trazabilidad de productos básicos fundamentales con miras a una producción libre de deforestación, así como en innovaciones en materia de políticas para tender puentes entre sectores mediante enfoques territoriales integrados. Una mejor comprensión de las funciones esenciales que desempeñan los Pueblos Indígenas y las comunidades locales como custodios de los bosques ha fomentado innovaciones tendientes a una mayor inclusión en la formulación de políticas y la financiación forestal.

Los seis estudios de casos siguientes presentan innovaciones destinadas a aumentar la calidad de los datos de seguimiento forestal y el acceso a estos, y a mejorar la planificación y la gestión del uso de la tierra como medios para detener la deforestación y mantener los bosques.

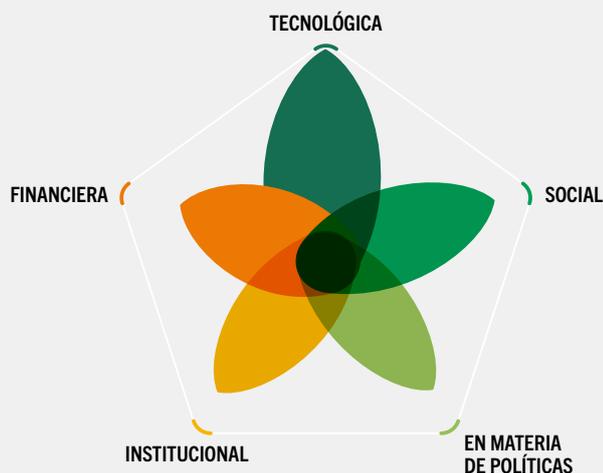
v Con la tasa actual de emisiones de GEI.

## ESTUDIO DE CASO 1 FOMENTO DE MECANISMOS DE GOBERNANZA DE MÚLTIPLES PARTES INTERESADAS PARA AMPLIAR LA GESTIÓN INTEGRADA Y SOSTENIBLE DEL PAISAJE

### Ubicación: Kenya, Nigeria

Asociados: FAO, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), Servicio Forestal de Kenya, Organización de Investigación Agrícola y Ganadera de Kenya, Instituto de Investigación Forestal de Nigeria, unidades de REDD+ de los estados nigerianos, Solidaridad Network

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La falta de coordinación entre los sectores de uso de la tierra y las partes interesadas ha obstaculizado los esfuerzos por equilibrar los objetivos relacionados con los bosques y con la agricultura a escala territorial y nacional. En Nigeria, la producción de valiosos cultivos agrícolas como el cacao y el aceite de palma ha provocado una grave degradación del medio ambiente, lo que incluye deforestación y reducción de los servicios ecosistémicos. En Kenya, los paisajes de las torres de agua del monte Elgon, fundamentales para sostener las economías y los medios de vida locales, están amenazados por la expansión agrícola, la explotación ilegal de madera y otras presiones provocadas por los seres humanos. Los enfoques territoriales integrados, estrechamente vinculados a la elaboración de políticas y medidas nacionales, están contribuyendo a mejorar los mecanismos de gobernanza de múltiples partes

interesadas para resolver estos problemas compartidos y otros similares. También ofrecen oportunidades para reducir las compensaciones y aumentar las sinergias entre la agricultura y la actividad forestal.

**La innovación.** Se necesitan nuevos métodos de organización interna y colaboración para lograr soluciones sostenibles a largo plazo a desafíos complejos como la deforestación provocada por la agricultura. El enfoque territorial participativo informado (ETPI) de la FAO demuestra cómo los principios de colaboración intersectorial pueden plasmarse en la elaboración y la ejecución de intervenciones para mejorar los resultados sobre el terreno. El ETPI es un enfoque guiado, estructurado y adaptado que reúne un conjunto complementario de herramientas y metodologías de vanguardia de la FAO para apoyar la gestión integrada del paisaje con vistas a una toma de decisiones fundamentada. En el marco del ETPI, los países obtienen apoyo técnico y conocimientos especializados en los ámbitos de la actividad forestal, la producción agrícola y ganadera, los recursos terrestres e hídricos, los datos geoespaciales, la gobernanza transformadora, la tenencia, la financiación y los procesos de múltiples partes interesadas. Mediante el desarrollo de las capacidades técnicas e institucionales de los países, el ETPI ayuda a las partes interesadas del paisaje (incluidos los gobiernos y las organizaciones de productores) a planificar su gestión del paisaje de forma integrada, inclusiva y adaptada a sus fines. Mediante una evaluación holística del paisaje, el ETPI obtiene datos fidedignos a partir de encuestas por hogares e imágenes por satélite, trabajando de forma intersectorial para garantizar una toma de decisiones mejor fundamentada y más integrada.

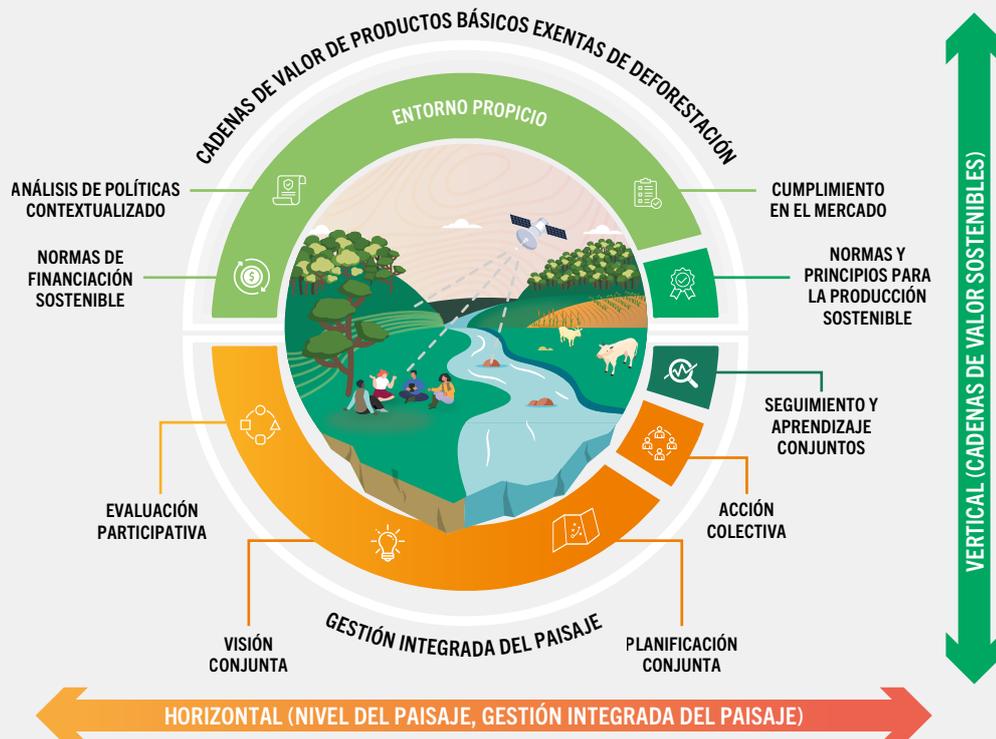
El ETPI representa un cambio organizativo y cultural en la prestación de apoyo de la FAO a los países en dos frentes. En primer lugar, hace hincapié en la inclusión a lo largo de todo el proceso, al tiempo que mejora la capacidad nacional de todo el sistema para fomentar la identificación y el compromiso de los países. En segundo lugar, incluye e integra todos los sectores pertinentes (por ejemplo, agricultura, medio ambiente y planificación) a nivel nacional y en todas las divisiones técnicas de la FAO. Además, el ETPI conecta los paisajes con los procesos nacionales ya que empodera

a las organizaciones de productores para que desarrollen sus capacidades y accedan a nuevos mercados y a financiación sostenible para promover cadenas de valor de productos básicos inclusivas y libres de deforestación, con lo que se genera impulso para lograr las repercusiones de escala deseadas (Figura 7).

**Resultados y repercusiones.** El ETPI se está poniendo a prueba en Kenya y Nigeria en el marco del Programa de Impacto sobre Sistemas Alimentarios, Uso y Restauración de la Tierra de la séptima reposición del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para fomentar una mayor colaboración intersectorial en el desarrollo y la aplicación de planes de gestión del paisaje integrados e inclusivos. En Kenya, la restauración de los ecosistemas y la gestión comunitaria de los recursos naturales en los paisajes de las torres de agua del monte Elgon se mejorarán mediante procesos integrados de planificación participativa que están reforzando la participación de las comunidades locales en la toma de decisiones

basadas en hechos comprobados. A fin de llevar a cabo un ejercicio de creación de visión del paisaje y el desarrollo conjunto de vías de transición sostenibles, las partes interesadas necesitan comprender con claridad las oportunidades existentes (y futuras) en sus paisajes con miras a lograr prácticas de producción, gestión, conservación y restauración más sostenibles. La aplicación del ETPI también está mejorando la cartografía del potencial de restauración de Kenya (determinando las zonas en las que la restauración de los ecosistemas es adecuada desde el punto de vista biofísico y más rentable) mediante la integración de datos de campo en un modelo geoespacial desarrollado con el conjunto de instrumentos Open Foris de la FAO<sup>76</sup>. En Nigeria, el ETPI está mejorando la capacidad de los gobiernos de nivel estatal y local en materia de análisis geoespacial integrado y, en estrecha colaboración con las unidades de REDD+ de los estados, está mejorando el acceso a datos espaciales de alta calidad con miras a una gestión integrada del paisaje mejor fundamentada.

**FIGURA 7** ESQUEMA DEL ENFOQUE TERRITORIAL PARTICIPATIVO INFORMADO



FUENTE: Elaboración de los autores del estudio de caso.

**Potencial de ampliación.** Se prevé que, mediante un enfoque programático, 25 proyectos nacionales del Programa de Impacto sobre Sistemas Alimentarios, Uso y Restauración de la Tierra de la séptima reposición del FMAM en cuatro regiones refuerzan los marcos nacionales de gestión integrada del paisaje. El ETPI presta un apoyo innovador para las metas de gestión integrada del paisaje y su ampliación a escala nacional. Puede aplicarse a todos los paisajes, materias primas y sistemas alimentarios en función de la demanda, abordando especialmente los vínculos entre agricultura y

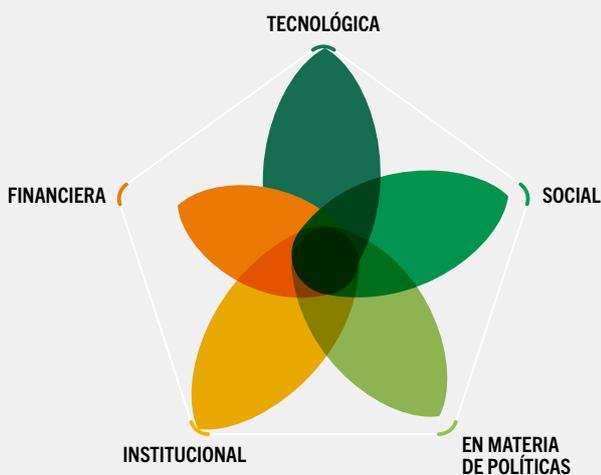
actividad forestal. La finalidad es trasladar los resultados positivos a otros países. El ETPI también podría reproducirse en otros programas existentes (por ejemplo, la Alianza mundial para paisajes sostenibles y resilientes del Banco Mundial y el Programa integrado sobre sistemas alimentarios de la octava reposición del FMAM) que están apoyando a los países en sus procesos integrados de ordenación y planificación territorial, orientando la transición hacia cadenas de valor más diversificadas y sostenibles.

**ESTUDIO DE CASO 2 USO DE NUEVOS DATOS SOBRE EL PAPEL DE LOS BOSQUES EN LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA PARA FINANCIAR LA CONSERVACIÓN EN UNA FRONTERA AGRÍCOLA**

**Ubicación: Brasil**

Asociados: Woodwell Climate Research Center, Instituto de Investigación Ambiental de la Amazonia

**PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN**

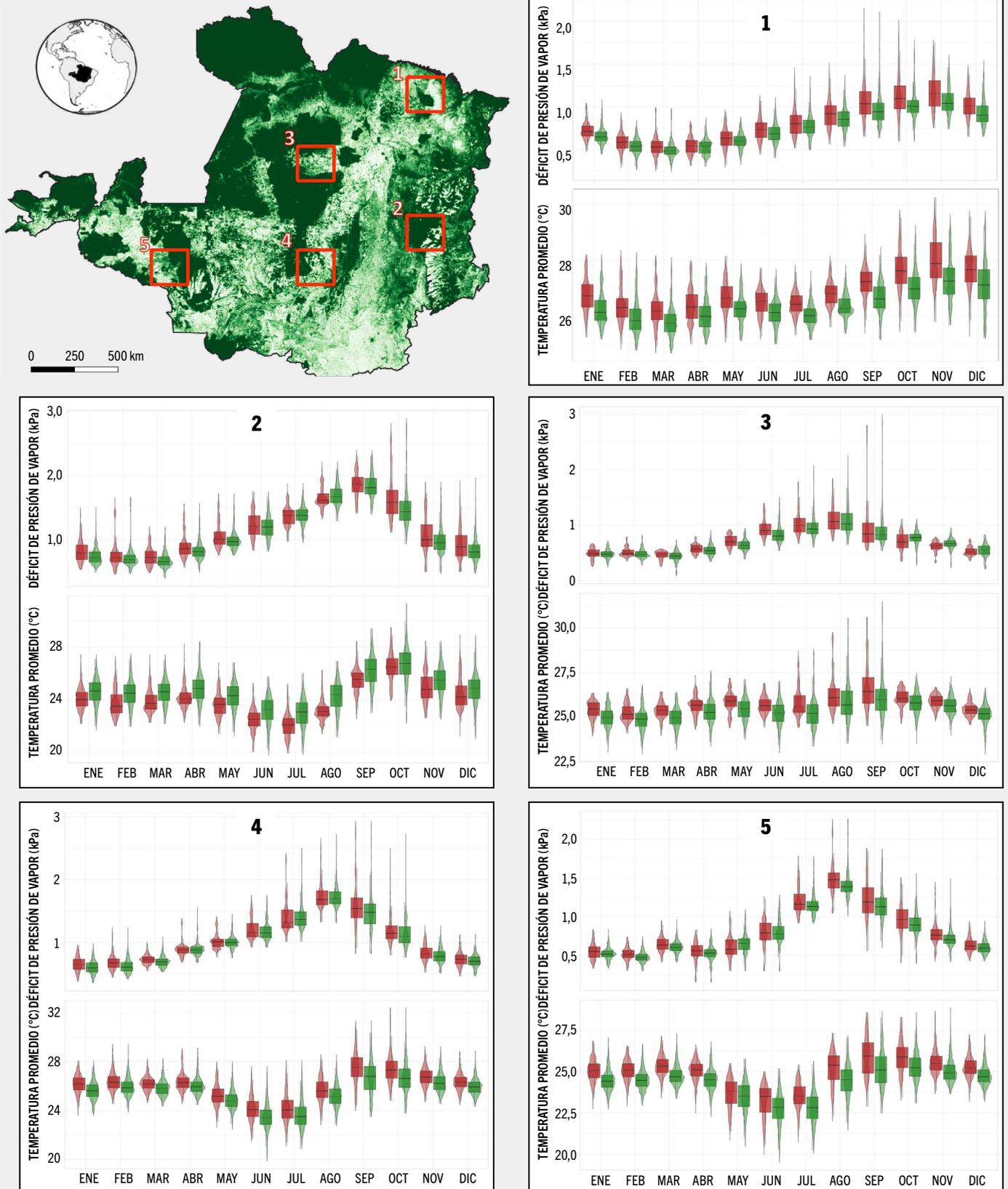


**El contexto.** Entre 1985 y 2022, más del 13 % de la región de la Amazonia y el Cerrado (la región que comprende la confluencia de los biomas Amazonia y Cerrado) del Brasil fue talada para destinarla a agricultura, lo que supone la pérdida

de 5,18 millones de hectáreas de bosques y terrenos boscoso<sup>196</sup>. La producción de productos básicos desempeña un papel fundamental en la economía del Brasil: en 2022, por ejemplo, las cosechas récord de soja<sup>197</sup> se tradujeron en un aumento del 2,9 % del PIB del país, con el consiguiente incremento de los ingresos de exportación. Por el contrario, la deforestación causada por el aumento de la producción de productos básicos provoca un aumento de la temperatura local y déficits de presión de vapor más elevados, lo que finalmente reduce el rendimiento de los cultivos (Figura 8)<sup>198</sup>. En promedio, el porcentaje de cubierta forestal en la región explica el 30 % de las diferencias de rendimiento de la soja en los distintos paisajes, debido a los beneficios de enfriamiento que proporcionan los bosques. Además, la deforestación reduce la resiliencia de los cultivos agrícolas y la ganadería durante las olas de calor y los períodos de sequía prolongados, por lo que, a pesar del aumento de la superficie agrícola, la producción total puede disminuir, contrarrestando cualquier ventaja pasajera de la deforestación y poniendo en riesgo el objetivo a largo plazo de aumentar la productividad agrícola<sup>198</sup>.

Dada la creciente intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos<sup>199</sup>, cada vez son más evidentes los beneficios de mantener los bosques que quedan en los paisajes de producción de la Amazonia y el Cerrado con cultivos intensivos. Existen incentivos económicos para mantener los bosques, como el impuesto sobre el valor añadido ecológico del Gobierno del Brasil y los pagos internacionales basados en los resultados

**FIGURA 8** DEFORESTACIÓN EN LA REGIÓN DE LA AMAZONIA Y EL CERRADO QUE REPERCUTE EN EL DÉFICIT DE PRESIÓN DE VAPOR Y EN EL PROMEDIO DE LA TEMPERATURA EN LOS PAISAJES CON DIFERENTES GRADOS DE INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA, A LO LARGO DE UN AÑO CIVIL



NOTA: Las observaciones en zonas deforestadas se muestran en rojo, mientras que las observaciones en zonas boscosas se muestran en verde.  
 1 = Capitão Poço (Pará); 2 = Formosa do Rio Preto (Bahía); 3 = São Félix do Xingu (Pará); 4 = Querência (Mato Grosso) y 5 = Sapezal (Mato Grosso).

FUENTE: Elaboración de los autores del estudio de caso; (mapa) MapBiomas Project. 2024. Collection 8 of the Annual Series of Coverage and Land Use Maps of Brazil. En: *MapBiomas Brazil*. <https://doi.org/10.58053/MapBiomas/VJJIJCL> y Climatology Lab. 2024. Terraclimate. [Consultado el 14 de junio de 2024]. <https://www.climatologylab.org/terraclimate.html> Licencia: CC0 1.0 UNIVERSAL.

de la REDD+<sup>200</sup>, pero se requieren más incentivos para evitar una mayor deforestación y apoyar la intensificación de la producción en zonas ya desarrolladas.

**La innovación.** Las innovaciones digitales están ayudando al Brasil a comprender mejor los beneficios de los bosques (más allá del almacenamiento y la captación de carbono) como amortiguadores de las condiciones climáticas extremas; entre estas innovaciones se incluyen los productos MODIS para la temperatura de la superficie terrestre y la evapotranspiración, los datos mensuales de TerraClimate sobre el balance hídrico climático de las superficies terrestres mundiales y los datos de MapBiomas sobre el uso y la cubierta del suelo. Herramientas como Google Earth Engine y los nuevos paquetes de R están facilitando el procesamiento y análisis de los enormes volúmenes de datos necesarios para obtener esas perspectivas. Por ejemplo, los nuevos productos digitales han permitido determinar que las regiones de la Amazonia brasileña con territorios indígenas boscosos experimentan temperaturas que son, en promedio, 2 °C más frías que las zonas no protegidas sometidas a mayores tasas de deforestación<sup>201</sup>.

**Resultados y repercusiones.** El aumento de los conocimientos derivados de los nuevos productos digitales permite mejorar el diseño de paisajes que maximicen la resiliencia al clima y la productividad agrícola, por ejemplo, indicando la superficie de bosques necesaria para regular el clima con vistas a una producción agrícola óptima y garantizar la conectividad entre zonas forestales para asegurar la conservación de la biodiversidad. Los avances en conocimientos y herramientas están permitiendo un mejor cumplimiento de las leyes ambientales como las Cotas de Reserva Ambiental (Cuotas de Reserva Ambiental) y la Lei para Proteção da Vegetação Nativa (Ley de protección de la vegetación autóctona).

Iniciativas como el proyecto CONSERV, dirigido por el Instituto de Investigación Ambiental de la Amazonia, aprovechan las capacidades cartográficas para identificar los excedentes de vegetación autóctona, ofreciendo así incentivos a los productores rurales para que protejan los bosques de sus tierras. En este proyecto, se utilizan diversas técnicas, como la incorporación

de innovaciones tecnológicas, el ofrecimiento de incentivos financieros y la aplicación de mecanismos eficaces para dar prioridad a la conservación forestal en las prácticas de producción sostenible. Hasta la fecha, el proyecto CONSERV ha permitido proteger unas 21 000 ha en 23 propiedades privadas, evitando posiblemente 2,2 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono. En el pasado, el seguimiento de las restricciones ambientales establecidas por la ley era un cuello de botella en el sistema nacional de Cotas de Reserva Ambiental<sup>202</sup>. Sin embargo, con la tecnología mejorada, ahora es posible priorizar las zonas para maximizar la mitigación del cambio climático a nivel local.

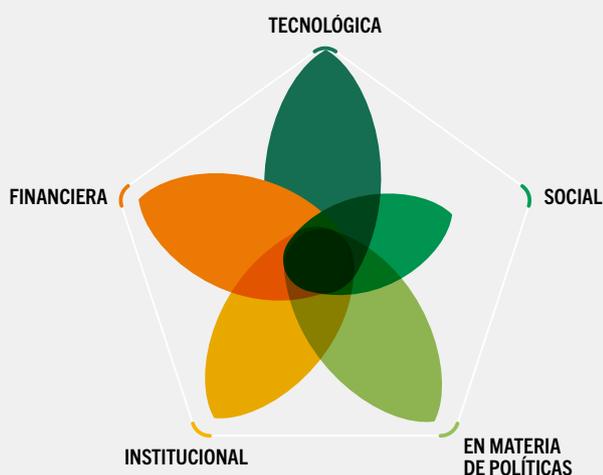
**Potencial de ampliación.** Estimar el valor de los bosques para la producción agrícola puede crear nuevas fuentes de ingresos para los propietarios de tierras, así como puede permitir cubrir los costos de oportunidad de no abrir nuevas zonas forestales a la agricultura. Sin embargo, se necesitarán mecanismos financieros internacionales para ampliar estos planes más allá del Brasil, ya que muchos de los beneficios de los servicios ecosistémicos forestales trascienden las fronteras nacionales. El proceso requiere una fuente de ingresos, que podría basarse en el principio de que el usuario paga, y un sistema de verificación de la conservación forestal. La aplicación de la ley también resulta esencial: no habría demanda y, por lo tanto, tampoco habría un mercado, sin regulación gubernamental, vigilancia de las instituciones financieras y presiones de la cadena de suministro que obliguen a los propietarios de tierras a cumplir las normas. La salvaguardia de los bosques en pie es fundamental para lograr sistemas agrícolas sostenibles y debe ser reconocida y valorada.

### ESTUDIO DE CASO 3 APROVECHAR EL PODER DE LA ASOCIACIÓN Y LA INNOVACIÓN TÉCNICA PARA REDUCIR LA PÉRDIDA DE BOSQUES PROVOCADA POR LOS PRODUCTOS BÁSICOS

#### Ubicación: Ghana

Asociados: FAO, Instituto de Recursos Mundiales, Google, NASA, Unilever, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Departamento de Estado de los Estados Unidos

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La deforestación ha disminuido en los últimos decenios, pero generar de forma sostenible productos básicos como el aceite de palma, el cacao, la soja y la carne de vacuno sigue representando un desafío. Teniendo esto en cuenta, se han establecido regulaciones sobre productos procedentes de cadenas de suministro libres de deforestación, como el reglamento de la Unión Europea sobre cadenas de suministro libres de deforestación y degradación forestal (EUDR). La mejora del seguimiento del uso de la tierra y de las cadenas de suministro de productos básicos son pasos necesarios para comprender las repercusiones de los productos básicos en los bosques, apoyar la formulación y la aplicación de soluciones eficaces para hacer frente a la pérdida de bosques y lograr que la producción agrícola y los sistemas alimentarios sean más sostenibles. Los reglamentos como el EUDR tienen importantes repercusiones para los productores de productos básicos: en Ghana, por ejemplo, los

productores de cacao pueden carecer de acceso a las soluciones técnicas y los datos necesarios para el cumplimiento.

La finalidad de la Asociación de datos forestales es garantizar el acceso de todas las partes interesadas a datos geoespaciales coherentes, validados y de código abierto sobre los productos básicos que entrañan un riesgo forestal. Los pequeños productores y los Pueblos Indígenas —los grupos más vulnerables a los requisitos de las nuevas regulaciones— necesitan especialmente soluciones técnicas (de geolocalización) adecuadas para demostrar su cumplimiento. La FAO, que integra la Alianza de Bienes Públicos Digitales, dirige la línea de trabajo de innovación de la Asociación sobre soluciones públicas digitales para el seguimiento de los bosques y los productos básicos.

**La innovación.** La Asociación ha aunado fuerzas con la Fundación Linux en el marco del proyecto emblemático sobre Agricultura sostenible para los ecosistemas forestales del centro para la deforestación cero de la iniciativa Equipo Europa para desarrollar e implementar soluciones digitales gratuitas y de código abierto que sean compatibles con las regulaciones sobre productos libres de deforestación. La Asociación está adoptando un enfoque estructural de convergencia de datos comprobados destinado a permitir el cumplimiento por parte de todos los productores sobre la base de los principios de accesibilidad, inclusividad, comparabilidad e interoperabilidad.

El enfoque de convergencia de datos comprobados agiliza el acceso de todos los productores a datos listos para el análisis sobre bosques, productos básicos y cambios en el uso de la tierra a cualquier escala, lo que les permite generar los datos que necesitan para cumplir las regulaciones relativas a la deforestación cero. Comprende los siguientes elementos básicos:

- ▶ la aplicación Open Foris Ground, desarrollada conjuntamente por Google y la FAO, que permite a los usuarios geolocalizar o delimitar sus explotaciones;
- ▶ un registro de activos (desarrollado por AgStack de la Fundación Linux), que es un registro público gratuito, direccionable y no

detectable de límites de campos/explotaciones sin ninguna otra atribución (es decir, los campos son anónimos y no llevan información personal ni de ningún otro tipo);

- ▶ una reserva de datos que permite a los usuarios obtener datos geoespaciales y temporales de acceso público, como capas de cambio de la cubierta terrestre y de uso de la tierra para una parcela determinada, implementada en diferentes bienes públicos digitales del conjunto de aplicaciones Open Foris para ayudar a los países a hacer un seguimiento de los bosques y el uso de la tierra y presentar informes al respecto.

**Resultados y repercusiones.** Una de las esferas prioritarias de la Asociación es el cacao en Ghana, y entre los primeros resultados se incluye el desarrollo de datos de referencia y vías para el cacao vinculados a la deforestación. El enfoque se está probando sobre el terreno en Ghana y en el centro regional NASA-SERVIR para África occidental (una asociación entre organizaciones regionales que crean capacidad para ayudar a los países a utilizar la información proporcionada por los satélites de observación de la Tierra y las tecnologías geoespaciales). El resultado es un proceso de seguimiento, verificación y rendición de cuentas fiable y sistemático para reducir la deforestación provocada por el cacao. El entorno de procesamiento se está poniendo a disposición del público, y el Gobierno de Ghana lo está utilizando para ayudar a los productores de cacao a aportar datos comprobados para las declaraciones sobre la deforestación cero en sus explotaciones para cumplir el EUDR.

**Potencial de ampliación.** El ecosistema de datos geoespaciales generado por la Asociación puede adaptarse a otros productos básicos, así como a otros países y regiones. Además, los protocolos de intercambio de datos y las normas de geolocalización elaborados en el marco de la Asociación no están atados a ninguna regulación y pueden adoptarse para otros usos. La FAO está prestando un apoyo técnico similar al Perú y a Viet Nam en el marco del programa Acelerando el monitoreo innovador de los bosques (AIM4Forests)<sup>203</sup>, aprovechando las innovaciones técnicas desarrolladas en el marco de la Asociación. El apoyo que se presta en el marco de AIM4Forests aumentará en 2024, teniendo también en cuenta las nuevas regulaciones relativas a la producción libre de deforestación de los Estados Unidos de América y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. En términos más generales, la Asociación ofrece oportunidades para catalizar cambios importantes a través de sus soluciones técnicas, aprovechando el alcance colectivo de los organismos de las Naciones Unidas, las grandes organizaciones de la sociedad civil y las principales empresas de datos y tecnología.

Capacitación sobre Collect Earth con expertos en teledetección de Ghana



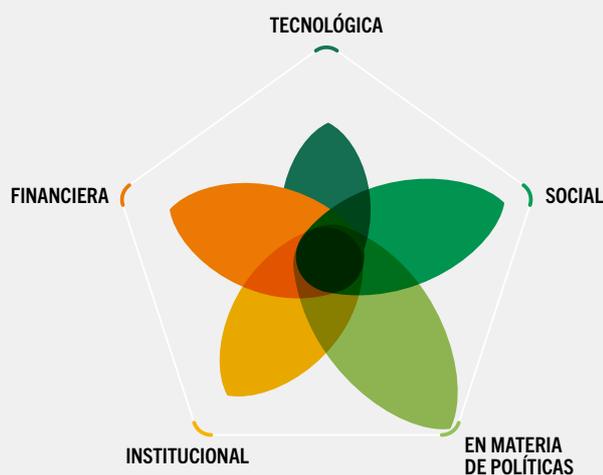
© FAO/Frank Owusu

## ESTUDIO DE CASO 4 INCORPORACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS EN LOS MODELOS EXISTENTES DE GESTIÓN FORESTAL COMUNITARIA PARA MEJORAR LOS RESULTADOS EN MATERIA DE BOSQUES

### Ubicación: Colombia

Asociados: FAO, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) (Colombia), autoridades ambientales subnacionales, organizaciones comunitarias

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** En Colombia, las tierras y los bosques gestionados por comunidades y Pueblos Indígenas representan alrededor del 53 % de la superficie terrestre total, en la forma de reservas indígenas, zonas de reserva campesina y Consejos Comunitarios Afrocolombianos. Estas tierras son importantes para la conservación tanto de la biodiversidad como de las culturas, así como para el almacenamiento de carbono y la gestión del agua. La gestión forestal comunitaria (GFC) se practica en Colombia desde hace varios decenios, pero su eficacia se ha visto obstaculizada por problemas persistentes, como la lentitud y falta de coordinación de los procedimientos burocráticos locales, la escasa comprensión de los reglamentos y la falta de financiación sostenible.

**La innovación.** Las nuevas políticas facilitadoras y la colaboración estratégica han contribuido a revitalizar las empresas forestales comunitarias

y a reforzar la gobernanza forestal. La aplicación en Colombia de un nuevo modelo de GFC se centra en la gobernanza colaborativa como un medio para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal y contribuir a la acción por el clima.

Un elemento esencial del nuevo modelo de GFC es la estrategia de gestión forestal y control de la deforestación, Bosques Territorios de Vida, elaborada por MinAmbiente. La estrategia se elaboró utilizando un enfoque integrado para determinar si los nuevos enfoques de gobernanza forestal podrían, simultáneamente, detener la deforestación, hacer frente al cambio climático, contribuir al desarrollo rural sostenible y gestionar las compensaciones entre la agricultura y actividad forestal. Esto requería colaboración entre ministerios (entre otros, de agricultura), autoridades regionales de medio ambiente, el mundo académico, el sector privado, Pueblos Indígenas y organizaciones no gubernamentales. El uso de diferentes actividades para avanzar hacia la GFC (por ejemplo, uso de productos maderables y no maderables, incentivos financieros, establecimiento de viveros, sistemas agroforestales y medidas de restauración) ha permitido a los socios y a las partes interesadas externas comprender que las intervenciones en el plano del paisaje pueden generar rápidamente resultados sociales, ecológicos y económicos reales y de gran repercusión. La estrategia Bosques Territorios de Vida incluye líneas de acción centradas en el reconocimiento de la gobernanza de los Pueblos Indígenas y las comunidades locales y sus prácticas tradicionales en relación con la gestión forestal sostenible, la promoción y consolidación de las cadenas de valor forestales, y la “asociatividad”<sup>w</sup>.

Otros esfuerzos han contribuido a reforzar la GFC. En la formulación de la estrategia nacional de REDD+ (conocida como ENREDD+), por ejemplo, las consultas con las partes interesadas comunitarias demostraron los beneficios potenciales de incorporar la forestería comunitaria como un mecanismo para cumplir los objetivos del país en relación con el clima.

<sup>w</sup> En el contexto de las empresas forestales comunitarias, la asociatividad describe, a grandes rasgos, el trabajo en colaboración de un grupo de personas.

Su integración en el sistema de incentivos financieros y pagos basados en los resultados de la ENREDD+ ha contribuido a proporcionar una base de financiación más sostenible para la GFC; también ha ayudado a mejorar el seguimiento forestal comunitario y a aumentar el acceso al mercado de las empresas forestales comunitarias.

Otros enfoques innovadores para garantizar fuentes de financiación más sostenibles para la GFC incluyen la adopción de la metodología de análisis y desarrollo de mercados y la lógica de intervención del Mecanismo para Bosques y Fincas; la incorporación de una perspectiva de género y generacional; la prestación de asistencia técnica por un equipo multidisciplinario en cada sitio piloto de forestería comunitaria; y la contratación de organizaciones comunitarias locales para prestar servicios logísticos y técnicos para las actividades del proyecto.

**Resultados y repercusiones.** Los conocimientos adquiridos mediante la aplicación de la GFC a través de proyectos piloto han mejorado la coordinación entre la actividad forestal y la agricultura, lo que, a su vez, ha contribuido a mejorar la calidad de vida de la población de las zonas rurales, ha permitido avanzar hacia los objetivos del país en relación con el clima y ha aumentado la conectividad entre las zonas forestales.

La puesta en marcha del nuevo modelo de GFC ha permitido avanzar en la aplicación de la ENREDD+ y en el cumplimiento de la legislación forestal relativa al acceso y uso legal de la madera y los productos forestales no maderables; también ha reforzado la capacidad de las comunidades para tramitar y obtener permisos y autorizaciones de uso expedidos por las respectivas autoridades autónomas regionales. El enfoque ha llevado al reconocimiento formal de la GFC como una herramienta fundamental para alcanzar los objetivos de conservación forestal, mitigación del cambio climático y bienestar de las comunidades, y ha fomentado la incorporación de las perspectivas de género y juventud en la formulación de los planes y la gestión forestales. Dada la importancia de la GFC para los medios de vida de los Pueblos Indígenas y las comunidades afrocolombianas y locales, su reconocimiento formal en un marco de políticas

ha contribuido a legitimar y hacer visible el papel esencial de los conocimientos tradicionales en la conservación forestal.

La estrategia ha facilitado nuevas asociaciones entre empresas forestales comunitarias e intermediarios del sector privado, lo que ha permitido reducir el costo de entrada en el mercado para los productores forestales comunitarios y reforzar la viabilidad de sus empresas, dando lugar a un aumento de los ingresos y a la creación de nuevas vías para los medios de vida basados en los bosques. Diversas organizaciones de cooperación, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas han colaborado bajo la dirección de MinAmbiente. Al inicio del proceso, los permisos de recolección colectiva para territorios campesinos no estaban generalizados, a pesar de estar estipulados en la legislación colombiana, pero han surgido casos exitosos con la aplicación del modelo de GFC. El más reciente plan nacional de desarrollo, a través de la Ley 2294 de 2023, reafirma las concesiones forestales campesinas en el artículo 49, creando una oportunidad para la aplicación de la GFC en regiones donde antes era impensable. El modelo se está aplicando en 12 departamentos (en los que predomina la deforestación y se practica la forestería comunitaria desde hace tiempo) y hay al menos 30 iniciativas de GFC en funcionamiento, la mayoría en la Amazonia. A nivel nacional, unas 271 000 ha están sujetas a GFC, lo que implica la participación de cerca de 3 400 familias entre Pueblos Indígenas, comunidades campesinas y afrodescendientes.

**Potencial de ampliación.** El modelo de GFC desarrollado como parte de la estrategia Bosques Territorios de Vida es prometedor, gracias en parte a su inherente adaptabilidad, a los extensos recursos forestales de Colombia y a la presencia de territorios colectivos con capacidad de gobernanza forestal. La adaptabilidad y capacidad de reproducción del modelo quedaron demostradas cuando se amplió de cuatro proyectos piloto en cuatro departamentos en 2018 a 30 iniciativas en 12 departamentos en 2023.

El modelo ofrece un considerable potencial para el desarrollo de las comunidades, al tiempo que

ayuda a salvaguardar los recursos naturales; también puede contribuir a combatir el cambio climático y la pérdida de biodiversidad al tiempo que mejora la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. El modelo cumple una función crítica en el Plan de Contención de la Deforestación en la Amazonía del país.

Líderes comunitarios recorren el territorio del Consejo Comunitario de Comunidades Negras de la cuenca del río Tolo y zona costera Sur, que ha puesto en marcha una iniciativa de conservación y reducción de emisiones de GEI mediante la GFC



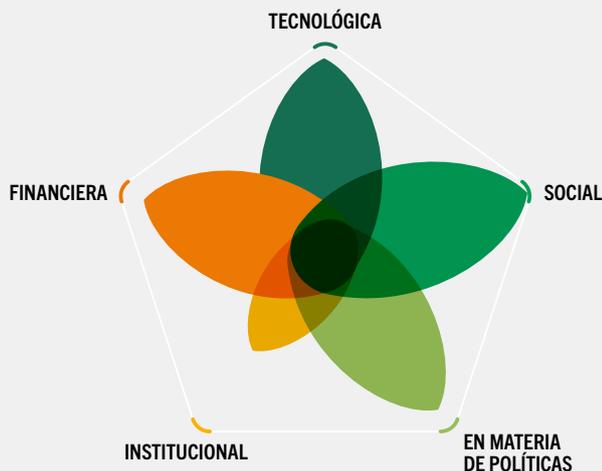
© Programa ONU-REDD

### ESTUDIO DE CASO 5 INNOVACIÓN TÉCNICA, CREACIÓN DE CAPACIDAD Y FINANCIACIÓN PARA APOYAR A LOS PUEBLOS INDÍGENAS COMO CUSTODIOS DE LOS BOSQUES

#### Ubicación: Mundial

Asociados: Coalición Internacional para el Acceso a la Tierra, Instituto de Recursos Mundiales, miembros del grupo directivo de LandMark, que incluye la Alianza de los Pueblos Indígenas de Nusantara, el Pacto de los Pueblos Indígenas de Asia, el Centro de desarrollo sostenible y medio ambiente, la Coordinadora de Organizaciones Indígenas de la Cuenca del Amazonas, también en representación de la Alianza Global de Comunidades Territoriales, el Programa de desarrollo del pueblo ogiek, el Programa Integrado para el Desarrollo del Pueblo Pigmeo en Kivu, también en representación de la Red de Poblaciones Indígenas y Locales para la Gestión Sostenible de los Ecosistemas Forestales de África, la Iniciativa para los Derechos y Recursos, Alianza Mundial de Pueblos Indígenas Móviles

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Existe cada vez mayor conciencia acerca del papel fundamental que desempeñan los Pueblos Indígenas como los custodios más eficaces de vastas zonas de bosques<sup>204, 205</sup>. Sin embargo, las presiones y amenazas a estas tierras y territorios forestales están aumentando con la expansión de las actividades agroextractivas y el desarrollo de infraestructura. Dada su enorme importancia en la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, es esencial que los Pueblos Indígenas dispongan de los recursos humanos, jurídicos y técnicos necesarios para proseguir sus esfuerzos de protección y restauración de los bosques, pero siguen estando en gran medida excluidos de las decisiones relativas a sus territorios. Los conocimientos técnicos y la capacidad limitados, la falta de marcos jurídicos que reconozcan sus derechos sobre la tierra y el carbono, la financiación insuficiente y los procesos inadecuados de distribución de beneficios y de consentimiento libre, previo e informado presentan riesgos y obstáculos críticos para la participación de los Pueblos Indígenas en los mecanismos de política forestal y en las nuevas oportunidades de financiación para el clima.

**La innovación.** El programa AIM4Forests<sup>203</sup> aplicará tecnologías innovadoras junto con soluciones técnicas para que los Pueblos Indígenas obtengan el reconocimiento de sus territorios y mejoren sus capacidades de seguimiento de los bosques, así como para facilitar su participación en las nuevas oportunidades de financiación para el

clima. El programa AIM4Forests, trabajando junto con la Plataforma Global de Territorios Indígenas y Comunitarios denominada LandMark<sup>x</sup> y comunidades de práctica dirigidas por Pueblos Indígenas, también fomentará el aprendizaje y la generación de conocimientos de abajo arriba y entre pares, ayudando así a los Pueblos Indígenas a aprovechar las tecnologías innovadoras y a desarrollar vías para aumentar su participación en las iniciativas mundiales destinadas a la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos.

**Resultados y repercusiones.** AIM4Forests, que se puso en marcha recientemente, está ayudando a los Pueblos Indígenas en sus iniciativas para llevar a cabo su propia cartografía territorial y un seguimiento de los bosques y desarrollar sus propios datos y capacidad para solicitar el reconocimiento de la tenencia de la tierra y aprovechar las oportunidades de financiación relacionada con el cambio climático. Esto reforzará los derechos de los Pueblos Indígenas como administradores de los bosques y otros recursos, así como permitirá una distribución de beneficios más inclusiva, equitativa y sostenible. El aumento de la capacidad relacionada con la cartografía y el seguimiento reforzará en última instancia la posición de los Pueblos Indígenas al reclamar pagos basados en los resultados por las actividades de conservación y gestión forestal sostenible en sus territorios y los derechos de emisión de GEI que les corresponden. A septiembre de 2023, por ejemplo, 26 gobiernos habían presentado propuestas de financiación de créditos del carbono que cumplían los requisitos a la Coalición para Reducir las Emisiones Acelerando la Financiación de los Bosques (Coalición LEAF)<sup>y</sup>, pero solo una de ellas (del Estado Plurinacional de Bolivia) se refería a un territorio Indígena reconocido. Es importante

<sup>x</sup> LandMark es una plataforma mundial de información georreferenciada sobre las tierras de los Pueblos Indígenas y las comunitarias.

<sup>y</sup> La Coalición LEAF reúne a compradores públicos y privados para adquirir grandes volúmenes de créditos del carbono forestal de alta calidad de gobiernos nacionales y subnacionales que han puesto en marcha programas de REDD+ jurisdiccionales para reducir la deforestación. La Coalición LEAF exige el uso de TREES [El Estándar de Excelencia Ambiental REDD+], un estándar desarrollado por el Programa Arquitectura para transacciones REDD+ para la cuantificación, medición, presentación de informes y verificación de las reducciones y la eliminación de emisiones de GEI de las actividades de REDD+ a escala jurisdiccional y nacional.

garantizar que los Pueblos Indígenas estén bien situados para participar en la financiación para el clima si están interesados y para obtener una proporción justa de los beneficios.

**Potencial de ampliación.** Aunque los Pueblos Indígenas poseen o gestionan una cuarta parte de las tierras del planeta, sus derechos territoriales siguen sin ser reconocidos en muchas partes del mundo<sup>206</sup>. El empoderamiento de los Pueblos Indígenas mediante la cartografía de sus tierras y la recopilación de datos de alta calidad puede ayudar a aumentar la visibilidad de los territorios indígenas y apoyar los esfuerzos para garantizar los derechos sobre la tierra, que es una de las mejores y más rentables formas de prevenir la deforestación y reducir la pérdida de biodiversidad y las emisiones de GEI. Este proyecto ofrece oportunidades para reforzar y reproducir las iniciativas de cartografía y seguimiento dirigidas por los Pueblos Indígenas en vastas zonas, lo que puede servir de base para su participación en la financiación para el clima.

Las negociaciones sobre concesiones en la aldea de Bethany (Guyana) ofrecen a la juventud Indígena la oportunidad de conocer los límites de sus tierras consuetudinarias, lo que contribuye a fomentar la custodia intergeneracional

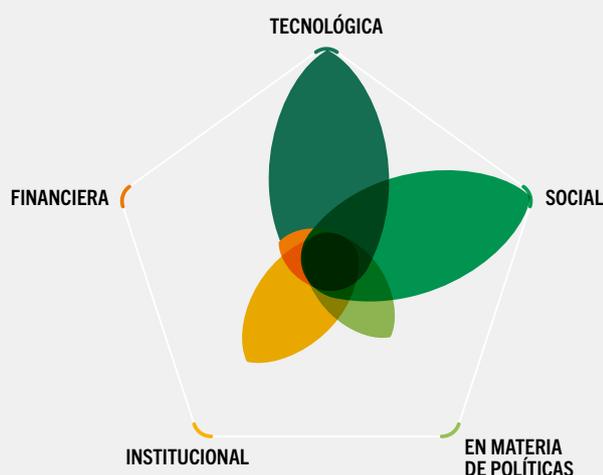


## ESTUDIO DE CASO 6 INTEGRAR LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DEL FUEGO

**Ubicación:** De alcance mundial en su concepto, con un proyecto piloto en Asia sudoriental

Asociados: Socios del Centro Mundial para el Manejo del Fuego, Servicio Forestal de Corea, Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura de Alemania

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Los incendios forestales son cada vez más prolongados y graves en bosques, turberas y regiones de permafrost, y la duración de las temporadas de incendios está aumentando en muchas partes del mundo<sup>34</sup>. Se prevé que, debido al cambio climático y el cambio del uso de la tierra, los incendios forestales sean más frecuentes e intensos<sup>34</sup> y, por lo tanto, es necesario invertir más en prevención de los incendios forestales y preparación ante ellos. Los numerosos efectos negativos de los incendios forestales afectan de forma desproporcionada a las personas más pobres, que son quienes menos capacidad tienen para adaptarse a los cambios en los regímenes de incendios. Las herramientas contemporáneas de manejo del fuego y de ayuda para la toma de decisiones se basan a menudo en nuevas tecnologías y en la ciencia del fuego, pero pueden no considerar de manera adecuada la importancia del fuego como herramienta

de ordenación de tierras, especialmente en el Sur del mundo, y pueden no incorporar los vastos conocimientos sobre manejo del fuego que poseen las comunidades indígenas y otras comunidades tradicionales.

**La innovación.** El Centro Mundial para el Manejo del Fuego<sup>z</sup>, dirigido por la FAO y sus asociados, está apoyando a las comunidades y los países en sus esfuerzos para desarrollar herramientas de ayuda a la toma de decisiones sobre el manejo del fuego a nivel local que integren los conocimientos tradicionales y científicos y las tecnologías más recientes destinadas a reducir los efectos negativos de los incendios forestales en los medios de vida, los paisajes y el clima. La innovación se basa en la premisa de que los problemas relacionados con los incendios que afectan a las comunidades requieren soluciones dirigidas por ellas mismas. Ofrece un procedimiento para integrar cuantitativamente la ciencia del fuego y los conocimientos tradicionales sobre el fuego, “caminando con dos piernas”, como dicen algunos líderes indígenas.

Las herramientas de ayuda a la toma de decisiones en relación con el manejo del fuego que se están elaborando se basan en lo siguiente:

- ▶ **modelos:** los sistemas existentes de clasificación del riesgo de incendio y de alerta temprana;
- ▶ **datos:** la información más reciente sobre las condiciones meteorológicas que influyen en el fuego, el clima, la actividad de los incendios y los combustibles y la vegetación;
- ▶ **conocimientos:** la incorporación de conocimientos y experiencia indígenas, culturales y tradicionales sobre el manejo del fuego.

Se están formulando ayudas para la toma de decisiones en materia de gestión de incendios forestales (prevención, detección y preextinción) y planificación de la quema prescrita, incluido el uso tradicional e Indígena del fuego. Estas se vinculan directamente con el comportamiento del fuego, que se estima mediante modelos físicos cuantificados por el consumo de combustible y la velocidad de propagación, sobre la base de datos meteorológicos y sobre la vegetación (esta medida

<sup>z</sup> <https://www.fao.org/forestry-fao/firemanagement/101248/es/>

de la posibilidad de que un incendio se inicie, se propague y ocasione daños es el producto de un sistema de calificación del riesgo de incendio). Un sistema de alerta temprana de incendios permite conocer las condiciones futuras de riesgo de incendio y contribuye a la planificación y la toma de decisiones, semanas e incluso meses antes de la temporada de incendios; puede incorporar índices de sequía, conocimientos tradicionales locales sobre sistemas y tendencias meteorológicas, e influencias climáticas. Las herramientas se están desarrollando conjuntamente con las comunidades locales, basándose en sus conocimientos y mejores prácticas en relación con el fuego. El enfoque se está aplicando de forma experimental en Asia sudoriental, en el contexto del Mecanismo de garantía del futuro de los bosques a través de la gestión integrada de los riesgos.

**Resultados y repercusiones.** Las nuevas herramientas de ayuda a la toma de decisiones en materia de manejo del fuego, que combinan la ciencia y la tecnología modernas con los conocimientos, la experiencia y las necesidades de las comunidades locales y los Pueblos Indígenas en materia de manejo del fuego, pueden empoderar a las personas. Estas herramientas pueden permitir a los encargados del manejo de incendios a nivel local utilizar la información sobre el riesgo de incendio y alerta temprana para anticiparse y prepararse ante las amenazas de incendios forestales y para planificar y llevar a cabo de manera segura las prácticas tradicionales de quema. Las comunidades pueden contar con capacidad para poner en práctica planes integrados contra incendios antes de que se produzcan condiciones extremas de riesgo de incendios, incluso para quemas prescritas destinadas a lograr los objetivos tradicionales de manejo del fuego y ordenación territorial.

**Potencial de ampliación.** Las innovadoras ayudas para la toma de decisiones en materia de manejo del fuego proporcionarán un modelo para los organismos nacionales de lucha contra incendios y actividades similares en todo el mundo, una metodología para integrar la ciencia del fuego y los conocimientos tradicionales, y ejemplos de ayudas comunitarias para la toma de decisiones en materia de manejo del fuego. Los resultados se integrarán en el Centro Mundial para el Manejo del Fuego, que está recibiendo un amplio apoyo internacional como medio para reforzar las capacidades de los países para el manejo integrado del fuego, centrando la atención en las comunidades, garantizando así un amplio alcance y asimilación.

Fuego forestal en suelo mineral en Jambi (Indonesia)



© FAO/Brett Shields

## 4.2 LOS ENFOQUES INNOVADORES ESTÁN IMPULSANDO LA RESTAURACIÓN DE TIERRAS DEGRADADAS Y LA EXPANSIÓN DE LA AGROFORESTERÍA

Casi el 75 % de la superficie terrestre total del planeta, en particular bosques, pastizales y humedales, se ha visto afectada negativamente por la degradación y la transformación, y es probable que esta cifra aumente a más del 90 % en un plazo de 30 años<sup>207</sup>. Se estima que las pérdidas económicas anuales vinculadas a la degradación de los ecosistemas ascienden a entre 4,3 y 20,2 billones de USD, con repercusiones negativas para 3 200 millones de personas<sup>208</sup>.

La RBP está cobrando impulso en respuesta a este desafío, como lo demuestra la declaración de la Asamblea General de las Naciones Unidas del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). La RBP suele abarcar paisajes enteros en los que interactúan muchos usos de la tierra, y su objetivo es restaurar la productividad biológica de las zonas degradadas y crear sumideros de carbono a largo plazo en los suelos y la vegetación restaurados. Según la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal,

más de 2 000 millones de ha de paisajes deforestados y degradados del mundo podrían someterse a la RBP. Se estima que el potencial mundial de mitigación mediante reforestación y forestación a través de la RBP para 2050 asciende a 3,9 GtCO<sub>2</sub> anuales<sup>209</sup>.

La restauración mediante la agroforestería presenta oportunidades para hacer frente a diversos desafíos mundiales. Los sistemas agroforestales tienden a ser más resilientes que la agricultura convencional a las perturbaciones ambientales y a los efectos del cambio climático. En función del sistema y las condiciones locales, los sistemas agroforestales pueden contener entre el 50 % y el 80 % de la biodiversidad de los bosques naturales comparables<sup>210</sup>, aumentan la seguridad alimentaria y la nutrición ya que sirven como red de seguridad, e impulsan la productividad de los cultivos. Existe un renovado interés en la agroforestería como solución transformadora ante la crisis climática, como lo demuestra su inclusión en las contribuciones determinadas a nivel nacional del 40 % de las Partes no incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, tanto para la mitigación como para la adaptación<sup>211, 212</sup>. Además, aproximadamente la mitad de los 73 países en desarrollo con estrategias de REDD+ consideran que la agroforestería es un medio para hacer frente a la deforestación<sup>211</sup>. En el sexto informe de evaluación del IPCC se hace referencia específica a la agroforestería como una opción eficaz de adaptación al cambio climático<sup>213</sup>.

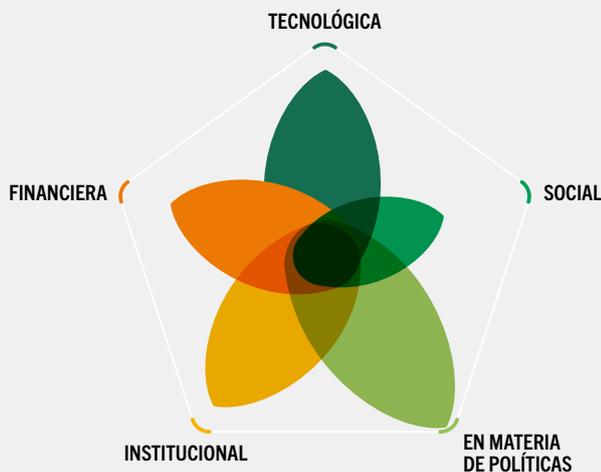
Los seis estudios de casos siguientes ofrecen ejemplos de innovaciones en materia de RBP y agroforestería con posibilidades de ampliación.

## ESTUDIO DE CASO 7 ELABORAR UNA NUEVA POLÍTICA NACIONAL Y REFORZAR EL ENTORNO PROPICIO PARA AMPLIAR LA AGROFORESTERÍA

### Ubicación: India

Asociados: Ministerio de Agricultura y Bienestar de los Agricultores (India), Centro de Investigación Forestal Internacional-Centro Mundial de Agrosilvicultura (CIFOR-ICRAF)

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La India tiene una larga trayectoria de agroforestería como sistema tradicional de ordenación de las tierras, y lleva al menos 50 años trabajando en investigación sobre agroforestería. Las estimaciones anteriores de la superficie sujeta a actividades agroforestales del país oscilaban entre 17,4 y 23,2 millones de ha<sup>214</sup>. Hasta hace poco, sin embargo, la agroforestería no había recibido un apoyo técnico o institucional completo, ni se había incluido en el mandato de ningún ministerio. Por ende, la agroforestería ha quedado generalmente al margen de las políticas, un problema que no es exclusivo de la India y que refleja la naturaleza polifacética de la agroforestería en la intersección de la agricultura, la actividad forestal, el medio ambiente y el desarrollo rural. La agroforestería requiere diferentes conocimientos especializados sobre la gestión de los árboles, los cultivos y el ganado. La falta de servicios de extensión completos dificulta la adopción de la agroforestería por parte de los agricultores; además, la falta de reconocimiento por parte de los servicios de extensión gubernamentales de los conocimientos

sobre agroforestería que poseen los agricultores locales dificulta la mejora del rendimiento de las prácticas de agroforestería existentes y el fomento de la innovación. Otros obstáculos son los marcos normativos y los incentivos inadecuados (y, en algunos casos, la existencia de regulaciones restrictivas), la falta de financiación institucional y de redes de seguridad para los agricultores, la falta de disponibilidad de material de plantación de alta calidad y un acceso inadecuado a los mercados. Estos y otros desafíos han supuesto un entorno poco propicio para la expansión de la agroforestería en la India.

**La innovación.** El Gobierno de la India, reconociendo estos problemas estructurales, a través del Ministerio de Agricultura y Bienestar de los Agricultores y con facilitación del CIFOR-ICRAF, elaboró la Política nacional agroforestal, de índole intersectorial, en 2014. La finalidad de la política es hacer frente a los cuellos de botella para la ampliación de la agroforestería y eliminar las barreras a la adopción de forma sistémica. Los objetivos de la política son aumentar la productividad mediante la agroforestería y satisfacer la creciente demanda de madera, alimentos y productos forestales no maderables. La política también es fundamental para alcanzar el objetivo de la India de aumentar la cubierta forestal nacional un 33 %, contribuyendo así a la contribución determinada a nivel nacional del país. El objetivo general es contribuir a mejorar los medios de vida de las poblaciones rurales agrícolas, garantizar la seguridad alimentaria y proteger los ecosistemas.

Esta política fue la primera del mundo en promover la agroforestería en el plano nacional. Al tender puentes entre diversos ámbitos de la gestión de los recursos naturales, facilitó la convergencia, el refuerzo y la ampliación de los mandatos y programas agroforestales existentes y simplificó las regulaciones relacionadas con la recolección y el transporte de los árboles que crecen en tierras de cultivo. En el marco de esta política, se han creado una base de datos catastrales y un sistema de información del mercado para garantizar la seguridad de la tenencia de la tierra y el acceso a los mercados. Se ha proporcionado una plataforma común para empoderar a todas las partes interesadas para planificar y determinar conjuntamente prioridades y estrategias; facilitar

una mayor coordinación interministerial, convergencia programática y movilización de recursos financieros; y aprovechar el desarrollo de la capacidad y el apoyo técnico y de gestión.

**Resultados y repercusiones.** La Política agroforestal nacional ha proporcionado múltiples incentivos monetarios y no monetarios para promover la agroforestería en el país; en 2016, por ejemplo, el Gobierno de la India aprobó su primer presupuesto agroforestal, por valor de 150 millones de USD. La política ha contribuido a aumentar el número de árboles fuera del bosque: un año después de su entrada en vigor, el inventario forestal de la India informó de un aumento de 88,7 millones de m<sup>3</sup> en el volumen total de árboles fuera del bosque. Según las estimaciones más recientes, la agroforestería se practica actualmente en más de 28,4 millones de ha en la India<sup>214</sup>, y se calcula que el 65 % de la madera del país y casi la mitad de su combustible de madera proceden de árboles que crecen en explotaciones, aunque el potencial es mucho mayor<sup>215</sup>.

La existencia de un fuerte apoyo en materia de políticas a la agroforestería ha impulsado la inversión en tecnologías que faciliten su adopción, como numerosas aplicaciones móviles que están demostrando su utilidad para superar las deficiencias de los servicios de extensión y permitir a los agricultores aprovechar las tecnologías y adaptar la agroforestería a sus propias situaciones. Por ejemplo, el estado de Odisha presentó en 2021 una aplicación agroforestal (desarrollada con el apoyo del CIFOR-ICRAF) que ofrece, en una única plataforma, información exhaustiva sobre árboles y cultivos y paquetes de prácticas. La aplicación permite a los agricultores y extensionistas del estado determinar las especies agroforestales adecuadas para sus explotaciones, y les proporciona información detallada sobre sistemas agroforestales integrados, disponibilidad de material de plantación y ubicación de viveros. Cuando se introducen parámetros clave, como distrito, estación, topografía, uso del suelo y tipo de intervención, la aplicación hace recomendaciones sobre cultivos, árboles y prácticas agronómicas adecuados, y presenta sugerencias de combinaciones beneficiosas de árboles y cultivos. La aplicación ha sido descargada por usuarios de más de 120 países (a pesar de estar destinada únicamente al estado de Odisha), lo que indica una clara demanda de este tipo de apoyo.

**Potencial de ampliación.** La Política agroforestal nacional de la India allanó el camino para otros países que ahora han desarrollado sus propias políticas agroforestales, entre ellos los Estados Unidos de América, Gambia, Kenya, Nepal, la República Popular Democrática de Corea, Rwanda y Sudáfrica; la política nacional de Nepal (2019) se basó en la experiencia de la India. La formulación de políticas y estrategias nacionales es una vía clave para crear entornos propicios y ampliar la agroforestería de manera sostenible.

A modo de complemento de estas innovaciones en materia de políticas, las aplicaciones son una solución importante para superar las deficiencias de los servicios de extensión y permitir a los agricultores aprovechar la tecnología y adaptar la agroforestería a sus contextos. Podría desarrollarse una aplicación agroforestal mundial utilizando las bases de datos existentes, con capacidad para adaptarse a los contextos locales a través de asociaciones nacionales. Una aplicación de este tipo permitiría introducir mejoras continuas con nuevos datos, además de que reforzaría el seguimiento, el diseño y la ejecución.

Un trabajador cuida plantones de árboles en un sistema agroforestal en un vivero del Instituto de Investigación Forestal en Uttarakhand (India).

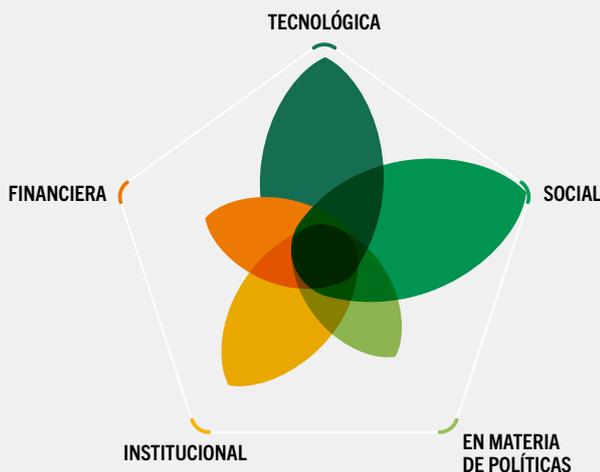


## ESTUDIO DE CASO 8 INTEGRAR LOS OBJETIVOS SOCIOECONÓMICOS Y LAS NECESIDADES NUTRICIONALES DE LAS COMUNIDADES LOCALES EN LA RESTAURACIÓN PARA COMBATIR LA DESERTIFICACIÓN

**Ubicación:** Burkina Faso, Eritrea, Etiopía, Gambia, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria, Senegal y Sudán

Asociados: FAO, organismos nacionales y unidades de coordinación de la Gran Muralla Verde, comunidades de aldeas, Agencia Panafricana de la Gran Muralla Verde

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La Unión Africana puso en marcha la Iniciativa de la Gran Muralla Verde en 2007 como una respuesta urgente a los efectos perjudiciales de la desertificación, la sequía y el cambio climático en el Sahel. Sin embargo, pocas de las medidas de restauración a gran escala de la iniciativa buscan abordar los desafíos socioeconómicos que enfrentan las comunidades de las zonas áridas, como la inseguridad alimentaria, la malnutrición y la pobreza, lo que contribuye a un bajo índice general de éxito de los resultados en materia de restauración. Por el contrario, la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad relacionadas, unidas a condiciones ambientales cada vez más duras, han contribuido a la persistencia de la malnutrición aguda en la región, y muchas personas sufren períodos prolongados de hambre. Las intervenciones internacionales en el Sahel no han tenido suficientemente en cuenta el potencial de la restauración para hacer frente

a la malnutrición, en particular en situaciones “previas a la salida de la explotación”, es decir, las vías de consumo que optimizan el uso de la diversidad de plantas autóctonas para mejorar los resultados nutricionales.

**La innovación.** Reconociendo la estrecha relación entre los paisajes y los medios de vida, el programa Acción Contra la Desertificación de la FAO<sup>216</sup> formuló un plan de restauración a gran escala que incorpora la resiliencia climática y nutricional en sus intervenciones. La innovación fundamental ha consistido en situar el conocimiento de las plantas y los intereses de las comunidades rurales como núcleo del proceso de intervención, dando prioridad a sus preferencias de especies para plantar y a sus necesidades socioeconómicas. Un tercio de las más de 200 especies silvestres preferidas por las comunidades son plantas comestibles, que también tienen un alto valor de mercado. Muchas especies de plantas silvestres, entre ellas, muchas utilizadas como alimentos, suelen ser ricas en micronutrientes y tienen un contenido nutricional muy elevado<sup>116, 117</sup>.

También se desarrollaron cinco cadenas de valor principales para los PFSM derivados de plantas silvestres con el objetivo de aumentar los ingresos y, de este modo, ofrecer un incentivo para la conservación de la agrobiodiversidad autóctona, además de brindar un alivio económico inmediato a los hogares (que beneficia en particular a las mujeres y las personas jóvenes). Se prestó especial atención a los frutos de árboles y nueces silvestres comestibles, ya que las evaluaciones de la FAO en el estado de Sokoto (Nigeria) revelaron que hasta el 86 % de los hogares los consumían.

Además de plantar las especies adecuadas en el momento oportuno, el suministro de semillas de árboles genéticamente diversos y de alta calidad es fundamental para la restauración. Una evaluación de la movilización de germoplasma realizada por la FAO en seis países de la Gran Muralla Verde, en colaboración con institutos de investigación de Ghana y Kenya en 2019, mostró que depender exclusivamente de los sistemas públicos oficiales de semillas (por ejemplo, los centros nacionales de semillas de árboles) era insuficiente para la restauración a gran escala debido a los cuellos de botella en el suministro. El innovador modelo de la FAO, que incluye participación y capacitación

de las comunidades rurales que viven en las proximidades de los rodales naturales de semillas, permite a esas comunidades no solo seleccionar sus especies preferidas y sus objetivos de restauración, sino también desempeñar directamente funciones de conservación y cuidado de las semillas. Las cooperativas dirigidas por mujeres han permitido suministrar las semillas (y otro material genético) que se requieren para cumplir los objetivos de restauración. Estas cooperativas representan innovaciones sociales que están permitiendo a las comunidades desplegar y ampliar la ciencia de la selección, recolección y propagación de semillas.

**Resultados y repercusiones.** A lo largo de un período de seis años, la FAO trabajó con más de 100 000 familias de 600 aldeas para recoger 150 000 kg de semillas de 110 especies de plantas leñosas y herbáceas autóctonas resilientes seleccionadas en más de 100 000 ha de tierras agrosilvopastoriles degradadas. Las evaluaciones independientes por teledetección de las tasas de regeneración y crecimiento revelaron efectos positivos, entre ellos, inesperadamente, un aumento de la vegetación a una distancia (en promedio) de 1 km más allá de las parcelas restauradas, con rápidos beneficios para las comunidades gracias a la recolección de hierba como forraje para el ganado. El proceso consultivo y participativo resultó esencial para responder a la urgente necesidad de revegetación que abordaba la nutrición, la salud y los medios de vida. La experiencia de inseguridad alimentaria<sup>aa</sup> se redujo drásticamente: del 46 % al 15 % en el Senegal, del 69 % al 58 % en el Níger y del 90 % al 25 % en Nigeria. Se calcula que las intervenciones permitieron absorber entre 0,384 y 1,27 millones de toneladas de equivalente de dióxido de carbono de GEI. Las comunidades tuvieron una motivación para gestionar la amplia variedad de vegetación plantada, lo que contribuyó a una supervivencia promedio de los plantones del 60 % y a notables índices de crecimiento después de tres estaciones húmedas<sup>218, 219</sup>.

**Potencial de ampliación.** La Iniciativa de la Gran Muralla Verde tiene por finalidad restaurar 100 millones de ha de tierras degradadas en el

Sahel entre 2021 y 2030, una oportunidad sin precedentes para desarrollar paisajes biodiversos, resilientes y nutritivos. El éxito del programa Acción Contra la Desertificación de la FAO procede de innovaciones sociales y organizativas que abarcan los sectores agrícola, forestal y sanitario, e incluyen comités de restauración dirigidos por mujeres, procesos consultivos de plantación y restauración que tiene en cuenta la nutrición. Estos factores, combinados con innovaciones tecnológicas como la preparación mecanizada del suelo para recoger eficazmente el agua de lluvia, son ahora componentes esenciales de la restauración, la acción por el clima, la conservación de la biodiversidad y la utilización sostenible en la región<sup>220-224</sup>. Dado que la Iniciativa de la Gran Muralla Verde está lejos de alcanzar su objetivo de 100 millones de hectáreas, es imperativo encontrar formas eficaces de aumentar la tasa de restauración. Las innovaciones que aquí se describen ofrecen la posibilidad de aumentarla mediante el empoderamiento de las comunidades locales para que utilicen la restauración para obtener claros beneficios, y también tienen un destacado potencial en los sistemas agrosilvopastoriles de tierras áridas de otros lugares, como África austral y Asia Central.

Cosecha de fonio silvestre (*Panicum laetum*) en las parcelas de Acción Contra la Desertificación en Burkina Faso en el primer año de plantación



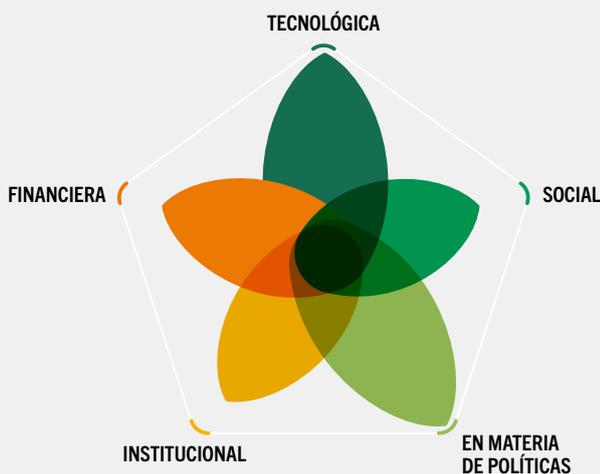
<sup>aa</sup> En la evaluación, se utilizó la escala de experiencia de inseguridad alimentaria de la FAO<sup>216</sup>.

## ESTUDIO DE CASO 9 DESARROLLO DE LA PLATAFORMA DEL MARCO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS MEDIANTE LA COLABORACIÓN Y LA INTEROPERABILIDAD DE LOS DATOS

### Ubicación: Mundial

Asociados: FAO, PNUMA, Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Grupo de trabajo sobre seguimiento, Grupo de trabajo sobre mejores prácticas, otras organizaciones asociadas

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período 2021-2030 Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas con la finalidad de apoyar y ampliar los esfuerzos encaminados a prevenir, detener e invertir la degradación de los ecosistemas en todo el mundo. La celebración del Decenio, dirigida conjuntamente por la FAO y el PNUMA, se facilita mediante una amplia colaboración con los países, organismos de las Naciones Unidas y organizaciones asociadas. Para agilizar la aplicación, se han establecido cinco grupos de trabajo como parte de la estructura de gobernanza del Decenio; la FAO dirige el Grupo de trabajo sobre mejores prácticas y el Grupo de trabajo sobre seguimiento.

Se necesitan instrumentos, plataformas y datos eficaces para aumentar el acceso a los datos, la información y los indicadores relacionados con la restauración, y para orientar la toma de decisiones

y el seguimiento de los progresos realizados. Una de las principales respuestas a este desafío es el desarrollo en colaboración de una plataforma denominada Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas a través de los esfuerzos conjuntos de los grupos de trabajo dirigidos por la FAO.

Las Partes en el CDB han adoptado una ambiciosa meta de restauración, la meta 2, como parte del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, que consiste en “garantizar que para 2030 al menos un 30 % de las zonas de ecosistemas terrestres, de aguas continentales y costeros y marinos degradados estén siendo objeto de una restauración efectiva, con el fin de mejorar la biodiversidad y las funciones y los servicios de los ecosistemas y la integridad y conectividad ecológicas”. La FAO, en su calidad de organismo principal del Grupo de trabajo sobre mejores prácticas y del Grupo de trabajo sobre seguimiento, es responsable de prestar apoyo a la Secretaría del CDB y a las Partes en el Convenio en el desarrollo de la metodología de seguimiento y presentación de informes para el indicador de la meta 2, que se centra en la superficie sujeta a restauración. La puesta en marcha del Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas es fundamental para ayudar a los países a recopilar y notificar datos sobre las zonas en proceso de restauración.

**La innovación.** El Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas aprovecha las tecnologías geoespaciales más recientes y actúa como una plataforma oficial para el seguimiento de los avances mundiales y la difusión de buenas prácticas a lo largo del Decenio de las Naciones Unidas. También ayuda a los países a hacer un seguimiento de las zonas en restauración e informar al respecto con miras a alcanzar la meta 2.

El Marco se basa en los procedimientos de presentación de informes establecidos a escala mundial, regional y nacional y los complementa, ajustándose a sus objetivos, metas, criterios e indicadores. Al consolidar estos esfuerzos en un marco unificado, el Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas busca reducir la carga de presentación de informes de los países, proporcionando a las personas, las comunidades

y los países acceso a los datos geoespaciales, las orientaciones metodológicas y los instrumentos de seguimiento que necesitan para supervisar los progresos de las iniciativas de restauración de los ecosistemas.

El Marco se basa en el principio de interoperabilidad, aprovechando las iniciativas existentes para cartografiar las zonas en restauración, realizar un seguimiento de estas y presentar informes exhaustivos al respecto. A través de la red de colaboración de los asociados de los grupos de trabajo dirigidos por la FAO, el Marco trabaja con asociados como el FMAM, el movimiento Restor, el Barómetro de la Restauración de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la plataforma de presentación de informes sobre la neutralización de la degradación de las tierras de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, el Acelerador de la Gran Muralla Verde, la plataforma Nature Commitments del Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación del PNUMA y el Observatorio de restauración del Brasil para cartografiar los datos que están recopilando con parámetros comunes, facilitar el intercambio de datos y la comprobación de la calidad, y detectar oportunidades para la armonización.

La integración y la interoperabilidad de las herramientas y plataformas de seguimiento pueden mejorar y simplificar la experiencia del usuario entre los profesionales de la restauración. Por ejemplo, el Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas integra proyectos y datos del FMAM en el marco de seguimiento del Decenio de las Naciones Unidas. Se están realizando esfuerzos para recopilar, compartir e integrar datos de otras plataformas, y las organizaciones están trabajando para integrar el intercambio de datos y la interoperabilidad en el Marco para el monitoreo.

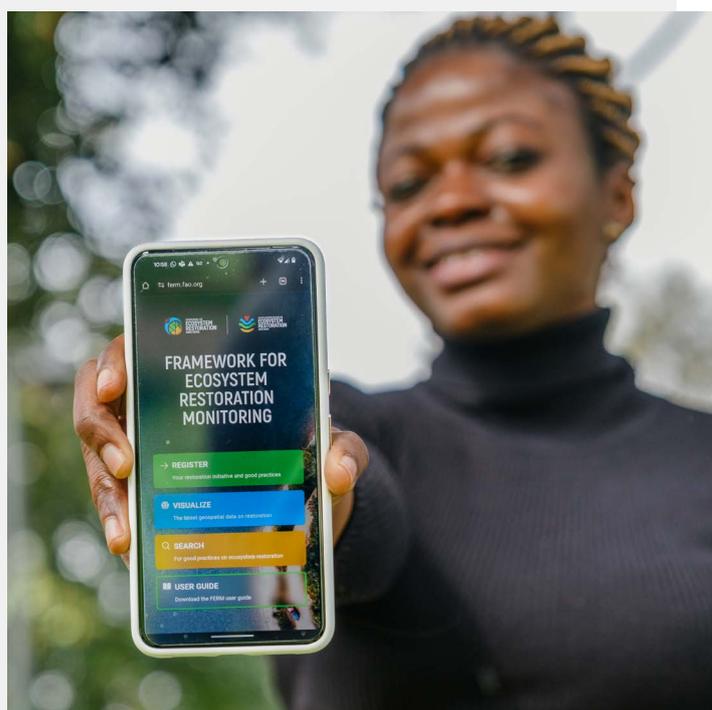
**Resultados y repercusiones.** El Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas incluye los siguientes instrumentos:

- La plataforma geoespacial del Marco, que permite visualizar los progresos realizados y proporciona indicadores y datos que resultan fundamentales para hacer un seguimiento de la

restauración de los ecosistemas. Es interactiva y puede generar datos y mapas y ofrecer una visión convincente de las repercusiones de la restauración. Mediante datos geoespaciales obtenidos por teledetección y series temporales estadísticas, la plataforma del Marco facilita el análisis de datos públicos y privados relacionados con la restauración a escala mundial, regional, nacional y subnacional.

- El registro del Marco, que simplifica la recopilación y armonización de datos por zonas en relación con iniciativas, proyectos y programas de restauración de ecosistemas y agiliza los intercambios de datos interoperables con otras plataformas. El registro del Marco también permite documentar las buenas prácticas asociadas a las iniciativas registradas. En febrero de 2024, la plataforma contaba con 355 usuarios registrados de 80 instituciones, se habían documentado 150 iniciativas en 57 países y se habían presentado 20 buenas prácticas. El registro del

El Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas permite la recopilación de datos sobre el terreno a través de dispositivos móviles



Marco servirá de punto de partida oficial para que los países informen sobre la meta 2.

- El motor de búsqueda del Marco, que difunde buenas prácticas de restauración recopiladas de cuatro plataformas colaboradoras, incluido el registro del Marco, ofrece de este modo a las partes interesadas acceso a más de 1 500 buenas prácticas (a febrero de 2024). Los usuarios pueden buscar, filtrar y consultar eficazmente una amplia variedad de buenas prácticas de restauración según sus necesidades específicas.

**Potencial de ampliación.** Como plataforma oficial de seguimiento del Decenio de las Naciones Unidas y para la meta 2 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, el Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas se reforzará con el paso del tiempo y en respuesta a las necesidades de los países, las Partes en el CDB y los profesionales de la restauración.

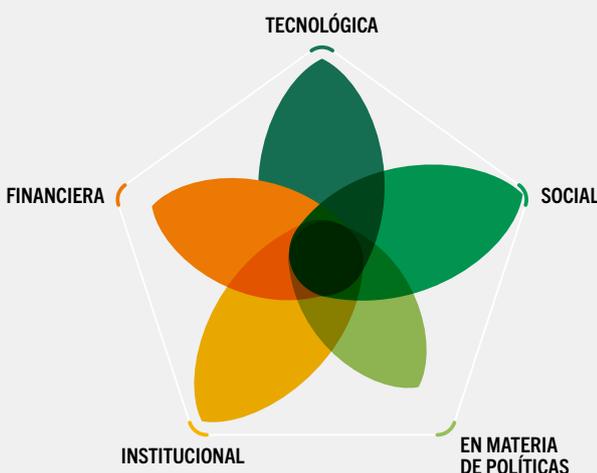
La FAO está trabajando con organizaciones asociadas en la armonización e interoperabilidad de los datos para mejorar las funcionalidades del Marco. Se presentarán estudios de casos sobre intercambio de datos para aportar ideas y ejemplos de prácticas e innovaciones que han dado buenos resultados. Se incorporará un tablero de información que ofrecerá datos recopilados sobre la restauración de los ecosistemas e información exhaustiva sobre los avances en el cumplimiento de los compromisos, las zonas sujetas a restauración (desglosadas por países, ecosistemas e iniciativas) y las buenas prácticas. Mostrará espacialmente estos elementos mediante datos geospaciales y ofrecerá mapas interactivos para la visualización de datos y enlaces a bases de datos nacionales, mejorando así la transparencia. Se podrá acceder a estas funciones a escala mundial y nacional.

### ESTUDIO DE CASO 10 AUMENTAR LA RESILIENCIA DE LOS HUERTOS TRADICIONALES DE COLOCASIA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, PRÁCTICAS Y VARIEDADES VEGETALES

#### Ubicación: Vanuatu

Asociados: FAO, Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural de Vanuatu (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Actividad forestal, Pesca y Bioseguridad)

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN

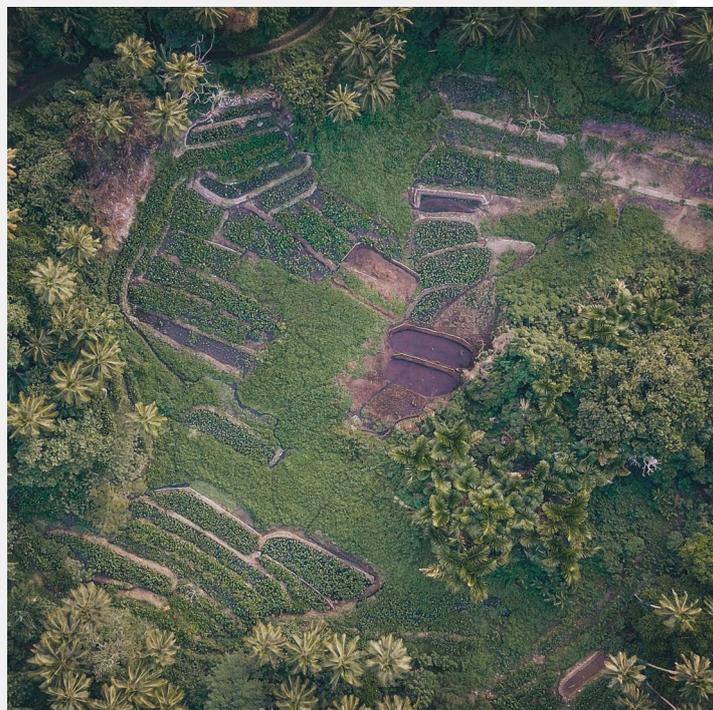


**El contexto.** La prestación continuada de servicios ecosistémicos forestales es fundamental en Vanuatu para hacer frente a las dificultades que plantea la seguridad alimentaria. La colocasia —una hortaliza de raíz que es un alimento básico en Vanuatu— requiere un suministro sostenido de agua en todas las etapas de producción para mantener el rendimiento y apoyar el desarrollo de la planta, especialmente durante las temporadas secas. Los huertos de colocasia son una práctica agroforestal tradicional del país que aprovecha las funciones de regulación de los nutrientes y la cantidad de agua de los bosques para producir colocasia y otros cultivos. Los huertos de colocasia pueden recuperarse rápidamente de los desastres y los choques y perturbaciones relacionados con el clima, y han sido importantes para mantener la seguridad alimentaria local durante las interrupciones de la cadena de suministro. Sin embargo, el deterioro de los bosques ha reducido la capacidad de suministrar agua a los huertos, lo que supone una amenaza para la viabilidad de este sistema agroforestal y para la seguridad alimentaria y los medios de vida locales.

**La innovación.** Se celebraron consultas dirigidas por el Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural de Vanuatu con los Pueblos Indígenas, comunidades locales, organismos gubernamentales y otras partes interesadas para determinar las dificultades, necesidades y oportunidades relacionadas con la mejora de la productividad y la resiliencia de los huertos de colocasia. Con el apoyo técnico y financiero de la FAO en relación con los sistemas agroforestales resilientes, se realizaron análisis sobre la idoneidad de los lugares para la expansión de los huertos, así como sobre las deficiencias en cuanto a conocimientos, insumos y tecnología. Sobre la base de este apoyo, se introdujo un paquete de enfoques innovadores para reforzar la sostenibilidad de los huertos de colocasia frente al cambio climático. Por ejemplo, se introdujeron variedades de colocasia resilientes al clima y programas de capacitación sobre prácticas sostenibles de gestión del agua. Como complemento, se han adoptado nuevas prácticas y tecnologías, como el riego por goteo y mejoras en la construcción de pequeñas presas, el desvío del agua y las técnicas de recogida del agua de lluvia, así como prácticas agrícolas con un uso eficaz de los recursos hídricos, como la acuaponía.

**Resultados y repercusiones.** El paquete ha contribuido a mejorar la eficiencia en el uso del agua y a aumentar su disponibilidad durante todo el año. Es importante destacar que la mejora de los métodos de gestión forestal sostenible, incluida la conservación de la biodiversidad, ha contribuido a mantener la función de recarga de las fuentes de agua para los campos de colocasia.

El suministro de herramientas y equipos para la construcción y el mantenimiento de huertos también ha ayudado a abordar problemas como la erosión del suelo. Los huertos de colocasia suelen estar situados en pendientes pronunciadas, lo que aumenta el riesgo de erosión del suelo en caso de lluvias fuertes. Para evitarlo, se han introducido técnicas agroecológicas poco utilizadas hasta ahora por los agricultores de Vanuatu, como la labranza en curvas de nivel, el cultivo en terrazas y los cultivos de cobertura, como legumbres, gramíneas y abonos verdes. Los agricultores también han recurrido a métodos basados en conocimientos tradicionales para aumentar la



Vista aérea del paisaje de un huerto tradicional de colocasia

© FAO

productividad y la resiliencia de los sistemas de huertos de colocasia, como la plantación conjunta de cultivos asociados para reducir al mínimo las plagas, la cobertura del suelo con materia orgánica, el compostaje y la rotación de cultivos.

Mediante la adopción de una serie de innovaciones, los agricultores de Vanuatu han podido mantener la viabilidad de sus sistemas de colocasia, y, en 2023, había en total 419 ha en producción<sup>ab</sup>. Esto es importante considerando el papel que desempeñan estos sistemas para garantizar la estabilidad de las cadenas locales de suministro de alimentos, como ocurrió tras los ciclones gemelos de marzo de 2023. Las innovaciones también están permitiendo a los agricultores aumentar sus rendimientos, reducir su vulnerabilidad al cambio climático y mejorar sus medios de vida.

<sup>ab</sup> La estimación se basa en datos proporcionados por el Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural de Vanuatu.

Otro resultado importante ha sido la mejora de las prácticas de gestión del agua. Gracias a la labor destinada a mejorar la sostenibilidad de los huertos de colocasia, las comunidades han tomado mayor conciencia de la necesidad de conservar y gestionar eficientemente los recursos hídricos. Esto ha permitido reducir el desperdicio de agua y mejorar su calidad general, gracias, entre otras cosas, a una menor escorrentía, un uso más eficiente del agua, una menor lixiviación de fertilizantes y productos químicos y una menor erosión del suelo.

Además de ofrecer estos beneficios, los huertos de colocasia contribuyen a preservar los conocimientos y prácticas tradicionales. El cultivo de colocasia ha sido durante mucho tiempo una parte importante del patrimonio cultural de Vanuatu, y el desarrollo continuado de los huertos de colocasia ha contribuido a garantizar que estos conocimientos se transmitan a las generaciones futuras.

**Potencial de ampliación.** En Vanuatu, existe la oportunidad de ampliar la superficie de huertos de colocasia mediante la rehabilitación de huertos abandonados en una superficie total de unas 1 033 ha de aquí a 2030. Con ello se producirían unas 14 500 toneladas anuales de colocasia<sup>ac</sup>, lo que supondría unas tres veces la producción de 2023 debido al aumento de la superficie cultivada y del rendimiento por hectárea debido a la mejora de la gestión. Una encuesta mostró una amplia aceptación por parte de la comunidad: más del 50 % de los agricultores de Vanuatu adoptaron las innovaciones. La ampliación conllevará compensaciones recíprocas entre el cultivo de colocasia y otras actividades económicas como el turismo y el desarrollo de infraestructura.

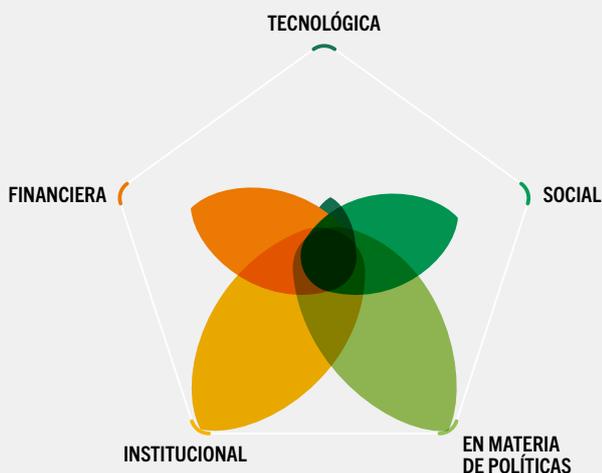
<sup>ac</sup> La previsión se basa en estimaciones realizadas por la Oficina de la FAO en Vanuatu y por funcionarios gubernamentales.

### ESTUDIO DE CASO 11 MEJORAR LA GOBERNANZA LOCAL DE LOS RECURSOS FORESTALES CON MIRAS A OBTENER BENEFICIOS PARA LA AGRICULTURA Y LA RESTAURACIÓN FORESTAL

#### Ubicación: Marruecos y Túnez

Asociados: FAO, Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** En muchas zonas secas de África del Norte, las políticas sobre bosques y pastizales fomentan iniciativas de restauración que invaden las tierras de pastoreo de las comunidades pastoriles. El pastoreo es una práctica muy extendida que puede tener repercusiones negativas en los bosques, especialmente cuando hay superpoblación de ganado, se pierden prácticas tradicionales y no hay participación de la comunidad. Sin embargo, cuando se lleva a cabo de manera sostenible, mediante una práctica conocida como silvopastoralismo (esto es, integración de pastoreo, cultivos arbóreos y restauración) tanto el pastoreo como la restauración pueden prosperar.

Promover el silvopastoralismo mediante políticas sobre bosques y pastizales ofrece importantes beneficios tanto para las iniciativas de restauración de tierras como para las comunidades pastoriles. Puede mejorar la calidad de vida y el medio ambiente y la economía locales, de manera que se benefician todas las partes interesadas.

**La innovación.** En Túnez, el proyecto Restauración sostenible del silvopastoralismo para promover servicios ecosistémicos, ejecutado por la FAO, el Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas (ICARDA) y la Dirección General de Bosques de Túnez se centraron en mejorar la productividad y la resiliencia de los sistemas silvopastoriles mediante prácticas sostenibles. Esto incluyó un enfoque innovador de resiembra de los ecosistemas con zulla (*Hedysarum coronarium*), una legumbre autóctona, que es una valiosa fuente de biomasa para el pastoreo del ganado y contribuye a la conservación del suelo y el agua. En el proyecto, también se evaluó la regeneración de diversos arbustos y árboles, como el armuelle, la algarroba, la alfalfa arbórea y la higuera de pala, para apoyar los medios de vida al tiempo que se proporciona sombra para los cultivos y forraje para el ganado.

A fin de que los sistemas silvopastoriles prosperen, se necesitan políticas más inclusivas y una buena gobernanza que creen un entorno propicio para el pastoreo entre árboles. Marruecos puso en marcha un innovador programa de compensación en el que se utiliza un marco jurídico establecido en 2002, en virtud del cual el Estado ofrece incentivos económicos a los usuarios de los bosques —organizados en asociaciones locales de pastoreo— que acepten respetar la exclusión del pastoreo de los lugares sujetos a restauración. A través de sus asociaciones, las comunidades son responsables de la protección de sus tierras; programan los períodos de pastoreo para evitar el pastoreo excesivo y permitir que la tierra se recupere.

**Resultados y repercusiones.** La protección y rehabilitación del suelo son importantes repercusiones del programa. En Túnez, se determinó que el rendimiento de la biomasa en los lugares de resiembra de zulla era 10 veces superior al del lugar de control, lo que demuestra la importancia de los sistemas silvopastoriles que aumentan el valor del pastoreo de los ecosistemas naturales. El costo de la alimentación del ganado fue de 0,35 dinares tunecinos (unos 0,12 USD) por cabeza al día en el lugar restaurado, frente a 0,90 dinares tunecinos (unos 0,30 USD) en el lugar de control. Esta reducción de costos pone de relieve una de las grandes ventajas del sistema silvopastoril: se trata de un enfoque más eficaz y

sostenible de la gestión ganadera desde el punto de vista económico.

En Marruecos, el número de asociaciones de pastores y miembros ha aumentado constantemente desde el inicio del programa de compensación. En 2019, se habían creado más de 175 asociaciones locales de pastoreo y se habían cerrado al pastoreo 101 000 ha de bosque de tierras secas para permitir la restauración, con compensaciones para los miembros de las asociaciones por sus esfuerzos de conservación. El aumento ha coincidido con una mejora de los índices de éxito de la reforestación y una reducción importante de las infracciones por pastoreo.

**Potencial de ampliación.** Dos enseñanzas derivadas de estas iniciativas pueden contribuir a su ampliación. La primera es la importancia del uso multifuncional del suelo en los proyectos de restauración. En Marruecos, la integración del pastoreo y otros usos de la tierra está ofreciendo beneficios tanto para el medio ambiente como a las comunidades locales. La segunda es que

Ovejas pastando en un sitio de pastoreo mejorado en Túnez



una buena gobernanza que implique a las comunidades locales en las decisiones que adoptan los ministerios resulta fundamental para garantizar una utilización sostenible de la tierra a largo plazo. En Marruecos, la creación conjunta del programa de compensación por parte del gobierno, las comunidades locales y los grupos de pastores es un aspecto fundamental de su buen resultado; cabe destacar que el plan se financia mediante un gravamen a las importaciones de madera, lo que ha facilitado su ampliación<sup>ad</sup>.

<sup>ad</sup> Este mecanismo de financiación ha sido impugnado en virtud de las normas de la Organización Mundial del Comercio, pero se ha mantenido debido a que el Gobierno ha demostrado que la madera marroquí tiene un costo más elevado que la madera importada.

En Túnez, se ha demostrado que las organizaciones son un ingrediente esencial para el éxito del proyecto de silvopastoralismo. A través de estas organizaciones, se han establecido acuerdos entre la comunidad silvopastoril y las autoridades locales para controlar el pastoreo en función de la disponibilidad de forraje y la demanda de ganado utilizando estimaciones precisas de la capacidad de carga.

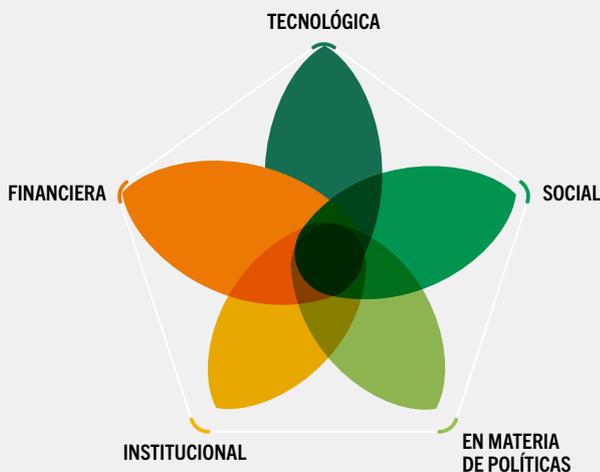
Una mayor participación de las comunidades ha destacado aún más la importancia de los conocimientos locales en la gestión de los sistemas silvopastoriles. Es esencial que las políticas gubernamentales lo reconozcan y lo vinculen a la investigación científica como base para las decisiones en materia de políticas.

### ESTUDIO DE CASO 12 VINCULAR UNA INICIATIVA AGROFORESTAL ESTABLECIDA HACE 20 AÑOS CON EL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO PARA FOMENTAR PRÁCTICAS SOSTENIBLES

**Ubicación:** Mozambique

Asociados: FAO

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Las zonas rurales de Mozambique hacen frente a numerosas dificultades ambientales. El cambio climático está provocando una creciente irregularidad en los regímenes de precipitaciones, sequías prolongadas e inundaciones destructivas. Tanto las sequías como las inundaciones pueden producirse en una misma campaña agrícola, con repercusiones devastadoras en la seguridad alimentaria, los medios de vida y la sostenibilidad socioeconómica de los hogares y las comunidades de los pequeños productores. Los pequeños productores —que representan casi la totalidad (98,7 %) de los 4,3 millones de agricultores de Mozambique<sup>225</sup>— practican en su mayor parte métodos agrícolas tradicionales como la agricultura migratoria, que, a pesar de los beneficios que ofrece, puede contribuir a la degradación de los recursos naturales y encerrar a los pequeños productores en la pobreza. En Mozambique, La agroforestería está surgiendo como una solución sostenible tanto para el medio ambiente como para el bienestar de los pequeños agricultores.

**La innovación.** La FAO está ejecutando el primer año de una iniciativa experimental para ampliar la agroforestería en Mozambique a través de PROMOVE Agribiz, un programa financiado por la Unión Europea. Los modelos de agroforestería que se están introduciendo,

adaptados a las diferentes zonas agroecológicas de Mozambique, presentan las innovaciones que se mencionan a continuación:

- ▶ **Diversificación:** se está diversificando la producción agrícola aumentando la variedad de productos y las fuentes de ingresos, al tiempo que se incrementan la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos. Hay otros productos vinculados a las cadenas de valor existentes.
- ▶ **Duración prolongada del proyecto a través de asociaciones con el sector privado:** el proyecto tendrá una duración de entre 17 y 20 años (la duración típica de los proyectos de créditos del carbono registrados), lo que excede ampliamente la duración habitual de los proyectos financiados por donantes (tres a cinco años). El proyecto incluye una sólida asociación con actores del sector privado, entre ellos Acorn (un programa de Rabobank), Plan Vivo, Farm Tree y compradores de unidades de absorción de carbono<sup>ae</sup>, lo que mejora la sostenibilidad y facilitará con el tiempo la transición de la gestión del proyecto a una entidad privada cuando este haya llegado a su fin.
- ▶ **Presupuesto del proyecto invertido en incentivos:** los fondos de los donantes se utilizan como capital inicial para generar ingresos mediante la venta de unidades de absorción de carbono (cuyo valor mínimo es de 20 EUR por unidad). En este proyecto, se prevé que los 2,5 millones de EUR aportados por la Unión Europea generen 10,7 millones de EUR a través del comercio de derechos de emisión de dióxido de carbono. Se prevé que los pequeños agricultores obtengan beneficios de la venta de unidades de absorción de carbono a través del proyecto, con avances tecnológicos que permitan medir las existencias de carbono en superficies a partir de 0,25 ha. Se prevé que el 80 % de las unidades de absorción de carbono producidas se pagará a los pequeños agricultores después del tercer año, ya sea a través de créditos o de otros beneficios, como el desarrollo de la capacidad.
- ▶ **Digitalización y tecnología:** las tecnologías de la información a las que acceden los

<sup>ae</sup> Entre los compradores institucionales de proyectos registrados por Rabobank se incluyen Luigi Lavazza SPA, Microsoft Corporation, Pelican Rouge Coffee Roaster BV, Nationale Postcode Loterij y Standard Chartered.

pequeños agricultores están facilitando las transferencias de efectivo y el registro de las unidades agrícolas por teléfono móvil. Los insumos agrícolas, incluidos los plantones, se subvencionan mediante vales electrónicos. Las existencias de carbono se miden y verifican, con rendición de cuentas en tiempo real.

- ▶ **Desarrollo de capacidades:** la metodología de las escuelas de campo para agricultores se ha adaptado a la agroforestería.

**Resultados y repercusiones.** En el marco del proyecto, unos 22 000 pequeños agricultores han recibido capacitación en prácticas agroforestales a través de 700 escuelas de campo para agricultores y 700 parcelas dedicadas al aprendizaje, y se espera que otros 5 000 se unan al proyecto experimental de agroforestería para el comercio de carbono. Se han plantado unos 120 000 árboles con fines de capacitación y se han creado 37 viveros comunitarios dentro de la red de escuelas de campo para agricultores.

Facilitadores agrícolas trabajan con plantones para establecer un sistema agroforestal durante una sesión de capacitación en el distrito de Angoche, provincia de Nampula (Mozambique), en septiembre de 2023



Se prevé que, para cuando finalice el proyecto, los 5 000 beneficiarios de la iniciativa hayan plantado 1,7 millones de árboles en unas 5 000 ha de tierras. Los pequeños productores tienen posibilidades de capturar hasta cuatro unidades de absorción de carbono por ha al año durante los 17 a 20 años que durará el proyecto, con pagos a partir del tercer año basados en la captación de carbono anual.

Los manuales de las escuelas de campo para agricultores se han enriquecido con esta experiencia. Los pequeños productores participantes han adoptado la agroforestería con entusiasmo, fomentando un cambio hacia métodos agrícolas sostenibles y resilientes al clima. El paradigma de la agricultura tradicional está evolucionando hacia la agricultura sostenible, haciendo hincapié en el consumo mínimo de insumos (por ejemplo, solo fertilizantes orgánicos); la mejora de la nutrición (por ejemplo, diversificación de la dieta) y de los ingresos en

el plano de los hogares (un aumento estimado del 20 %); la mejora de los nutrientes del suelo; la conservación de las reservas de agua; la promoción de la biodiversidad; y el aumento de la resiliencia de las explotaciones frente al clima.

**Potencial de ampliación.** El modelo agroforestal de PROMOVE Agribiz se está adoptando en otro proyecto (financiado por el Gobierno de Italia y ejecutado por la FAO) en Mozambique. En función de la disponibilidad de financiación, podría ampliarse para incluir en PROMOVE Agribiz a los otros 17 000 miembros de las escuelas de campo para agricultores.

Para que los agricultores puedan aplicar y mantener la agroforestería a largo plazo se requieren apoyo y desarrollo de la capacidad continuos. Garantizar la integridad de las unidades de absorción de carbono y la relación costo-eficacia y precisión de las mediciones también es un desafío.

### 4.3

## LAS INNOVACIONES ESTÁN AYUDANDO A UTILIZAR LOS BOSQUES DE MANERA SOSTENIBLE Y A CREAR CADENAS DE VALOR VERDES

Los bosques y los productos renovables que se derivan de ellos pueden reducir la dependencia de los recursos no renovables (que actualmente representan alrededor del 70 % de toda la demanda de materiales)<sup>226</sup>, al tiempo que también apoyan los medios de vida y las economías rurales. Para cumplir los ODS, es esencial invertir la tendencia de aumento de la extracción de materiales y promover modalidades de consumo y producción sostenibles.

Existen oportunidades para que la madera de origen sostenible sustituya a una amplia variedad de materiales que generan más emisiones de carbono, como por ejemplo en los sectores de la edificación y la construcción, los textiles y la energía. Es especialmente urgente descarbonizar el sector de la edificación y la construcción. Se calcula que el entorno edificado representa el 37 % de las emisiones anuales de GEI a escala mundial<sup>227</sup>; además, se estima que 3 000 millones de personas (el 40 % de la población mundial) necesitarán acceso a una vivienda adecuada de aquí a 2030<sup>228</sup>. Por lo tanto, minimizar los efectos del entorno edificado es esencial para la transición a una bioeconomía. Se calcula que la sustitución de materiales convencionales por

madera en masa en el entorno edificado podría reducir las emisiones mundiales entre un 14 % y un 31 %<sup>229</sup>. Se están poniendo en marcha interesantes iniciativas para demostrar lo que se puede lograr con la madera: por ejemplo, Estocolmo, la capital de Suecia, anunció a mediados de 2023 su plan para la “ciudad de madera” más grande del mundo, con 250 000 m<sup>2</sup> de superficie, 7 000 oficinas y 2 000 viviendas<sup>230</sup>.

Para satisfacer de manera sostenible la creciente demanda de biomasa forestal será necesario impulsar el suministro por diferentes medios, entre ellos una mayor eficiencia en el uso de los recursos, así como evitar la pérdida y el desperdicio de madera durante la recolección. Además de crear y adoptar innovaciones para la recolección y la transformación de la madera, se pueden obtener mayores aumentos de eficiencia mediante la utilización en cascada de materias primas de madera.

A medida que el enfoque global de la gestión forestal hace cada vez mayor hincapié en los múltiples valores de los bosques y la demanda de productos saludables y sostenibles sigue aumentando, también surgen numerosas innovaciones notables en relación con los PFMN. Los PFMN representan para casi la mitad de la población mundial —incluido el 70 % de quienes viven en la pobreza extrema— un salvavidas fundamental, ya que contribuyen a satisfacer una amplia variedad de necesidades esenciales, entre ellas la seguridad alimentaria<sup>44</sup>.

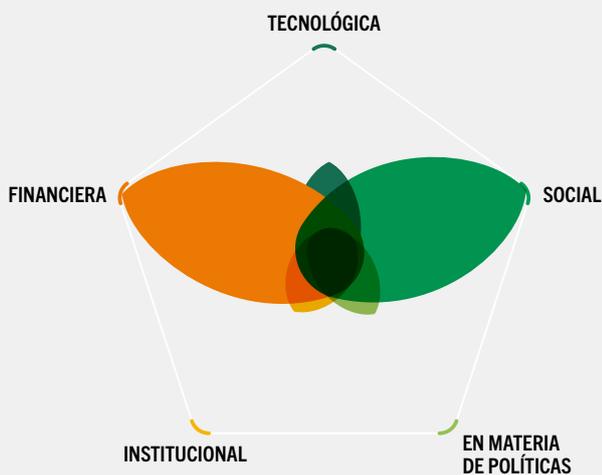
Los seis estudios de casos siguientes presentan innovaciones destinadas a potenciar el consumo y la producción sostenibles de productos forestales con miras a apoyar la bioeconomía y los medios de vida rurales.

### ESTUDIO DE CASO 13 MICROFINANCIACIÓN SIN GARANTÍAS PARA PEQUEÑAS EMPRESAS FORESTALES APROVECHANDO EL PODER DE LAS ORGANIZACIONES COLECTIVAS

#### Ubicación: Viet Nam

Asociados: Mecanismo para Bosques y Fincas, compuesto por la FAO, el Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo, la UICN y AgriCord

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La microfinanciación permite a las comunidades agrícolas rurales acceder a servicios financieros que antes estaban fuera de su alcance para ampliar sus operaciones y oportunidades de medios de vida. Además de proporcionar oportunidades de negocios y relacionadas con la cadena de valor, las iniciativas de microfinanciación apoyan la resiliencia y la adaptación al clima y prestan servicios sociales a las comunidades.

Hasta hace poco, sin embargo, un importante segmento de los productores rurales forestales y agrícolas de Viet Nam estaba desatendido. En 2016, menos del 20 % de las organizaciones de productores forestales y agrícolas tenía acceso a préstamos, a pesar de que existía un importante sector forestal y agrícola en el que las comunidades gestionaban recursos forestales y actividades agrícolas. La necesidad de planes de negocios detallados, para cuya elaboración los pequeños productores forestales y agrícolas

carecían de capacidad, significaba que estos no podían acceder a la inversión de capital inicial necesaria para diversificar o aumentar sus ingresos mediante plantaciones con rotación más larga y mayor valor añadido. Reconociendo el papel de las comunidades locales en la gestión forestal sostenible y este déficit de financiación, el Mecanismo para Bosques y Fincas<sup>231</sup> ha trabajado a fin de ampliar los servicios de microfinanciación para los productores forestales y agrícolas mediante financiación innovadora.

**La innovación.** En 2021, el Mecanismo para Bosques y Fincas facilitó el desarrollo de “fondos verdes”, aprovechando un fondo de apoyo a los agricultores que ha estado en funcionamiento desde 1996. La Unión Nacional de Agricultores de Viet Nam actúa como órgano de préstamos para los fondos verdes y el fondo de apoyo preexistente, que funcionan sin requerir garantías, por lo que resultan accesibles para los pequeños productores, que suelen tener dificultades para obtener préstamos bancarios tradicionales.

Los fondos verdes facilitan a los productores forestales y agrícolas el acceso a préstamos de hasta 1 000 USD sin intereses. El monto y las condiciones del préstamo se adaptan a las necesidades y capacidades de los prestatarios, con un plazo de préstamo renovable de unos 12 meses. El apoyo del Mecanismo para Bosques y Fincas ha aumentado la capacidad de los prestamistas para evaluar estas necesidades y ha sensibilizado a la población local sobre los servicios disponibles mediante la organización de reuniones con las autoridades locales y otras partes interesadas.

**Resultados y repercusiones.** Mediante los fondos verdes, el número de productores con acceso a financiación se ha duplicado con creces, y el 53 % de las organizaciones de productores forestales y agrícolas que reciben apoyo del Mecanismo para Bosques y Fincas pueden ahora aplicar prácticas de gestión sostenible de la tierra, como la agroforestería y el cultivo de madera de rotación larga, que ofrecen beneficios para el medio ambiente y los medios de vida.

Los fondos verdes han permitido aumentar los ingresos de los productores entre un 10 % y un 30 %. Un productor que solicitó un préstamo a su organización de productores tras reconocer

las posibilidades de diversificación y aumento de los ingresos mediante un plan de rotación de la madera a largo plazo ofrece un ejemplo del funcionamiento del mecanismo. La organización de productores forestales y agrícolas, que forma parte de la Unión Nacional de Agricultores de Viet Nam, conocía bien las capacidades de este productor y pudo evaluar de manera fiable su capacidad de pago, por lo que finalmente le otorgó un préstamo para iniciar la plantación de madera.

El mecanismo de los fondos verdes es relativamente nuevo. La mayoría de los préstamos otorgados hasta la fecha se han destinado a la plantación de árboles de rotación larga en más de 200 ha y a inversiones en producción diversificada y producción biológica debajo de las copas de los árboles en 56 ha.

Este enfoque innovador de financiación fomenta la confianza en las comunidades locales, permite aumentar los ingresos mediante empresas diversificadas y responde a las necesidades específicas de los pequeños productores, que pueden carecer de apoyo de bancos convencionales. Además, contribuye a las prácticas sostenibles de uso de la tierra ya que permite integrar la producción de madera en los marcos agrícolas existentes. El enfoque está ayudando a reforzar las cooperativas, que, por primera vez, pueden ofrecer planes de jubilación y seguro médico a sus socios.

**Potencial de ampliación.** A medida que madure el mecanismo de los fondos verdes, más cooperativas podrán ampliar los servicios financieros que ofrecen a los socios. Las asociaciones de ahorro y la microfinanciación permiten la creación de nuevas empresas basadas en las deficiencias detectadas en el mercado, y ofrecen grandes oportunidades para el desarrollo de la cadena de valor local. También pueden apoyar la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos a nivel local y actuar como importantes redes de protección social en las comunidades.

La financiación comunitaria forestal también se está desarrollando en otros países que reciben apoyo del Mecanismo para Bosques y Fincas, como el Estado Plurinacional de Bolivia, Ghana, Madagascar y Nepal. En particular, el enfoque

ha ganado una importante aceptación entre las organizaciones de mujeres, aumentando la igualdad de género en el acceso a la financiación. Este enfoque, que representa la adopción y adaptación de mecanismos financieros probados y comprobados en nuevos contextos, ofrece grandes posibilidades para seguir empoderando a las organizaciones de pequeños propietarios forestales de todo el mundo.

Debate en grupo sobre paisajes resilientes al clima y mejora de los medios de vida en Viet Nam

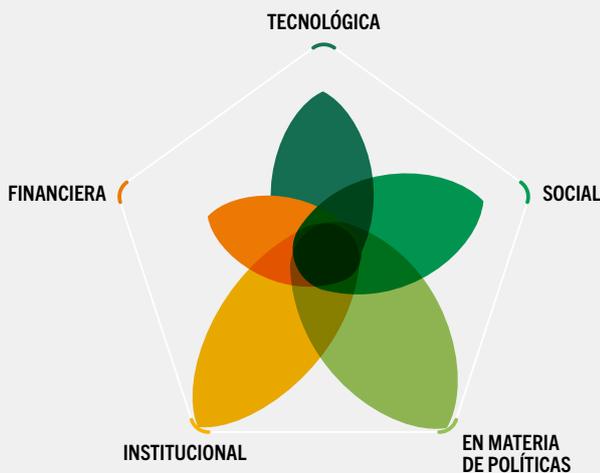


## ESTUDIO DE CASO 14 LA PLATAFORMA JURÍDICA (LEGAL HUB): UTILIZACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO PARA CATALIZAR PROCESOS DE REFORMA JURÍDICA EN PRO DE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA FAUNA SILVESTRE

**Ubicación:** Chad, Congo, Egipto, Gabón, Guyana, Madagascar, Malí, República Democrática del Congo, Senegal, Sudán, Suriname, Zambia y Zimbabwe (y otros países que se añadirán en 2024)

Asociados: FAO, CIFOR-ICRAF, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo, Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** La alimentación y los ingresos de millones de personas de los trópicos y subtropicales dependen de la carne de los animales silvestres. La demanda está aumentando, sobre todo en las zonas urbanas, y la caza abusiva plantea una amenaza para muchas especies silvestres, a la vez que aumenta la inseguridad alimentaria de quienes dependen de estos recursos, como los Pueblos Indígenas y otras comunidades locales<sup>232</sup>. Garantizar una utilización sostenible que apoye los medios de vida y mantenga las poblaciones de fauna silvestre requiere una gestión sostenible de la fauna silvestre fundamentada en un enfoque basado en los derechos de las comunidades<sup>af</sup>.

<sup>af</sup> Una gestión sostenible de la fauna silvestre fundamentada en un enfoque basado en los derechos de las comunidades garantiza que las comunidades locales e indígenas tengan una participación equitativa y estén incluidas en todas las actividades del proyecto; que se les empodere en relación con la utilización legal y la gestión sostenible de los recursos naturales; y que se refuerce su capacidad para gestionar la fauna silvestre y obtener beneficios de ella<sup>233</sup>.

Un marco jurídico propicio para dicho enfoque debería reflejar los diversos intereses existentes; también podría tener que reconocer el pluralismo jurídico, lo que incluye los sistemas de justicia consuetudinarios e informales. Sin embargo, no resulta sencillo establecerlo, ya que en muchos sistemas jurídicos y regulatorios resulta difícil seguir el ritmo del cambio constante de las normas y los requisitos ambientales y sociales mundiales. Por ejemplo, pocos sistemas de justicia consuetudinarios e informales están reconocidos en las leyes ordinarias debido a la limitada intervención de las partes interesadas en la elaboración de leyes. Además, la complejidad del lenguaje jurídico y el caos de algunos sistemas jurídicos dificultan el conocimiento de las normas aplicables por parte del público en general.

Las leyes relativas a la gestión de la flora y la fauna silvestres deben ser accesibles a todos. Además, para alcanzar sus fines, las reformas deben ser transparentes, consultivas y participativas. La experiencia previa, incluida la labor realizada en el marco del Plan de Acción de la Unión Europea sobre Aplicación de las Leyes, Gobernanza y Comercio Forestales, ha demostrado que la participación efectiva de las partes interesadas de la sociedad civil y las comunidades locales en los procesos de elaboración de leyes solo es posible mediante el acceso a la información jurídica y comprensión de la esta.

**La innovación.** La Plataforma jurídica, presentada por el Programa de gestión sostenible de la fauna silvestre de la FAO en 2021<sup>234</sup>, recopila perfiles jurídicos de países preparados por expertos nacionales con orientación de la Oficina Jurídica de la FAO<sup>235</sup>, utilizando herramientas de diagnóstico jurídico del Programa (Figura 9). Los perfiles, que son examinados y validados por los gobiernos, están concebidos para mejorar la comprensión de los puntos fuertes y débiles de los marcos jurídicos estatutarios vigentes. Incluyen una cartografía de los marcos y la identificación de las barreras a la aplicación y la observancia de las leyes. Además de abordar las dificultades de acceso y comprensión de la legislación vigente, la plataforma resume los requisitos de los convenios internacionales pertinentes y las normas y prácticas consuetudinarias. De este modo, la Plataforma

**FIGURA 9** TIPOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN QUE APORTAN DATOS PARA EL PERFIL JURÍDICO DE UN PAÍS DETERMINADO EN LA PLATAFORMA JURÍDICA (LEGAL HUB)

**INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍAS**



FUENTE: Sartoretto, E., Nihotte, L., Tomassi, A., Gnahoua, D., Wardell, A., Goessens, A. y Cheyns, E. 2022. Improving the legal and institutional framework for sustainable wildlife management. Póster presentado en el XV Congreso Forestal Mundial, 2022, Seúl (República de Corea). FAO, Centro de Investigación Forestal Internacional, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo y Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre.

jurídica ofrece un punto de acceso centralizado y fácil de usar a textos jurídicos de todos los sectores<sup>ag</sup> pertinentes para la gestión sostenible de la flora y fauna silvestres en 13 países (hasta la fecha), así como descripciones detalladas de las normas y prácticas consuetudinarias.

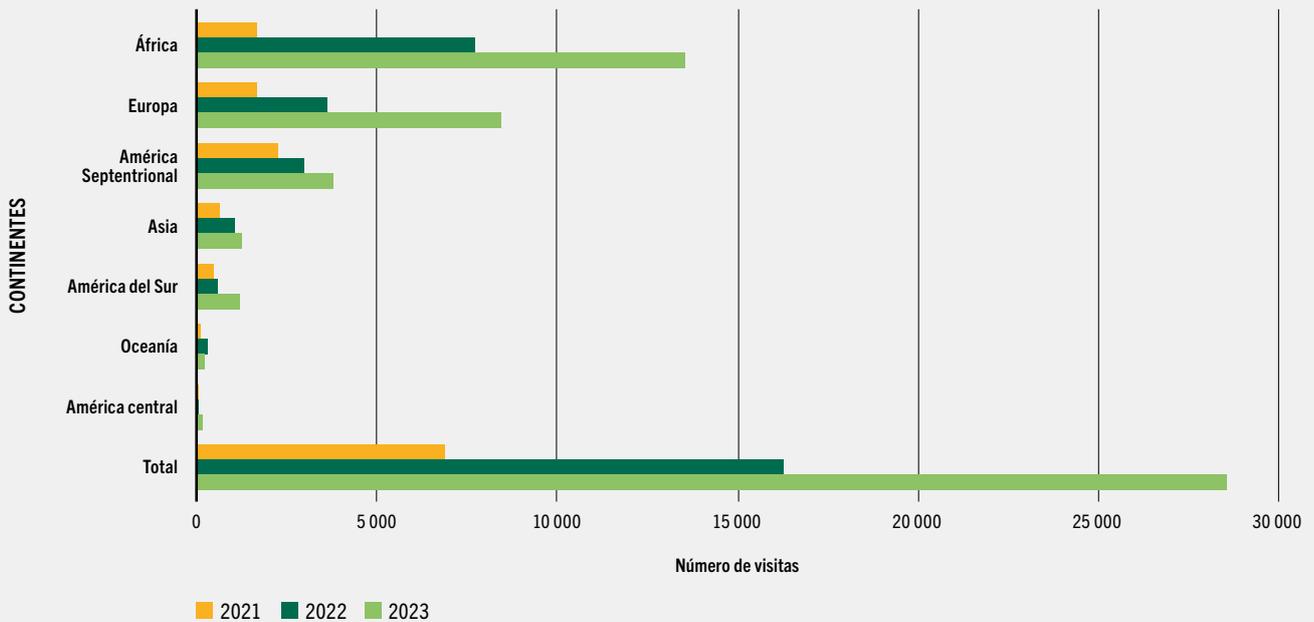
**Resultados y repercusiones.** Al proporcionar a las partes interesadas una mayor comprensión de las leyes y regulaciones estatutarias y consuetudinarias existentes, junto con los conocimientos científicos del Programa de gestión sostenible de la flora y fauna silvestres y otras iniciativas, la Plataforma jurídica está ayudando a catalizar los procesos de reforma jurídica destinados a apoyar la gestión sostenible de la

flora y fauna silvestres. El enfoque multisectorial también fomenta que se adopte una perspectiva de “Una sola salud”<sup>ah</sup> en la elaboración de leyes, dado que se examinan la coherencia y las interrelaciones de la legislación en todos los sectores en función de su relación con la interacción entre los humanos, la flora y fauna silvestres, el ganado y el ecosistema. Según los principios de equidad y paridad propuestos por el Grupo de Expertos de Alto Nivel para el Enfoque de “Una sola salud”<sup>236</sup>, cada ámbito jurídico debe tener en cuenta sus repercusiones en la salud y el bienestar de todos, lo que incluye a los seres humanos, los animales, las plantas y

<sup>ag</sup> Entre ellos figuran la tenencia y la planificación de la tierra y la gestión de los recursos hídricos continentales; la caza, la pesca y la distribución de la carne de animales silvestres; las áreas protegidas y el ecoturismo; los conflictos entre humanos y la fauna silvestre; y la producción animal, la sanidad animal y la inocuidad de los alimentos.

<sup>ah</sup> “Una sola salud” es un enfoque integrado en el que se reconoce que la salud de las personas está estrechamente relacionada con la salud de los animales y el entorno que compartimos; su objetivo es garantizar que los expertos, los encargados de formular las políticas y las partes interesadas de múltiples sectores trabajen juntos para hacer frente a las amenazas para la salud de los animales, los seres humanos, las plantas y el medio ambiente.

**FIGURA 10** NÚMERO DE VISITAS A LA PLATAFORMA JURÍDICA (LEGAL HUB) EN 2021, 2022 Y 2023



FUENTE: Elaboración de los autores del estudio de caso.

los ecosistemas, así como facilitar intervenciones multisectoriales coordinadas. Además, el hecho de que la Plataforma jurídica se centre en las normas y prácticas consuetudinarias permite que esta aproveche las normas y acuerdos locales para ayudar a llevar a la práctica el enfoque de “Una sola salud”.

La Plataforma jurídica se ha utilizado para ofrecer orientación, información e impulso a los siguientes procesos participativos de reforma jurídica a escala nacional y subnacional:

- ▶ **Botswana:** redacción de un proyecto de ley sobre gestión comunitaria de los recursos naturales, que incluyó amplias consultas nacionales;
- ▶ **Chad:** redacción de la Ley sobre medio ambiente para reflejar los principios de la Convención sobre los Humedales (Ramsar) y el Acuerdo sobre la Conservación de las Aves Acuáticas Migratorias Afroeuroasiáticas;
- ▶ **Congo:** examen de una nueva ley sobre flora y fauna silvestres y áreas protegidas;
- ▶ **Gabón:** redacción de una estrategia nacional sobre la carne de animales silvestres, así como una serie de reformas legislativas y reglamentarias sobre la caza y el comercio comunitarios;
- ▶ **Guyana:** redacción de legislación sobre pesca continental y acuicultura, dentro de un proceso apoyado por el Programa de gestión sostenible de la flora y fauna silvestres, y elaboración de normas de inocuidad de los alimentos para la carne de animales silvestres;
- ▶ **Madagascar:** un proceso de revisión de la Ordenanza n.º 60-126 sobre el régimen de caza, pesca y protección de la flora y fauna silvestres del país a través de un grupo de trabajo jurídico de múltiples partes interesadas;
- ▶ **República Democrática del Congo:** redacción de una política sobre el uso de la flora y fauna silvestres y de una posible futura ley al respecto como parte de un ejercicio multilateral;

- **Zimbabwe:** suministro de información para una revisión de la Ley sobre parques y flora y fauna silvestres y elaboración del reglamento correspondiente, así como para la Política de gestión comunitaria de los recursos naturales y la Ley sobre tierras comunales y productos forestales.

El sitio web de la Plataforma jurídica recibió casi 20 000 visitas en 2023, casi el doble que en 2022 (Figura 10), de las cuales más de 11 000 fueron de usuarios de África. Esto sugiere que la Plataforma jurídica se utiliza cada vez más para fundamentar los debates sobre la reforma de la legislación relativa a la gestión de la flora y fauna silvestres. Por otra parte, la Plataforma jurídica está desempeñando un papel importante y tal vez fundamental en la sensibilización de los responsables de la toma de decisiones a nivel gubernamental.

La siguiente cita de la Sra. Rosalie Matondo, Ministra de Economía Forestal del Congo (comunicación personal, 2023), ilustra la influencia que ejerce la Plataforma jurídica:

Esta plataforma nos permite tener en un solo lugar toda la información de la República del Congo relacionada con la gestión de la flora y fauna silvestres y las áreas protegidas. Por lo tanto, no solo permite a investigadores y estudiantes encontrar información que pueden utilizar en sus trabajos de investigación, sino que también nos permite a nosotros, los responsables de la toma de decisiones, ver qué avances hemos logrado en el marco de la legislación y regulatorio para la gestión de la flora y fauna silvestres y las áreas protegidas. Y también nos permite cuestionarnos y proponer las reformas de las que hemos hablado, porque siempre debemos mirar atrás para poder avanzar.

La índole intersectorial de la Plataforma jurídica está permitiendo el diálogo entre departamentos y ministerios de diferentes sectores, que históricamente han tenido interacciones limitadas, ayudando así a superar la compartimentación institucional.

**Potencial de ampliación.** La Plataforma jurídica se ha ampliado rápidamente desde 2021, con la incorporación continua de nueva información

y países participantes. Su enfoque y sus herramientas pueden reproducirse en otros países y regiones y utilizarse para hacer participar a actores a nacionales y locales en diálogos informados con múltiples partes interesadas sobre reformas jurídicas y en materia de políticas. Se están elaborando hojas informativas y materiales y módulos educativos para ayudar a llegar a todas las partes interesadas y brindarles información.

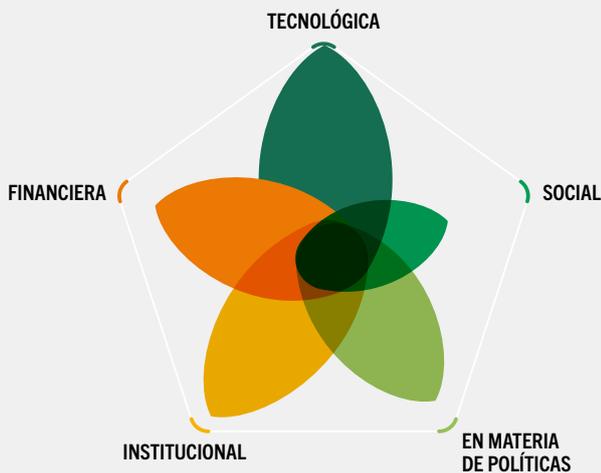
Aunque hasta la fecha la plataforma se ha centrado en los sectores relacionados con la gestión sostenible de la flora y fauna silvestres, su alcance se ampliará para incluir otros aspectos de la gestión de los recursos naturales, como la conversión de la tierra, los bosques, los plaguicidas y la biotecnología. Además, el enfoque de la Plataforma tendrá en cuenta los principios rectores de algunos instrumentos jurídicos internacionales fundamentales y las iniciativas de programas y organizaciones internacionales para reflejar mejor las nuevas agendas, así como los ODS. Los miembros de la Asociación de colaboración sobre manejo sostenible de la fauna silvestre<sup>237</sup> y otros asociados externos han aceptado participar en una revisión.

## ESTUDIO DE CASO 15 APROVECHAR LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES PARA MEJORAR LA EFICACIA DEL SEGUIMIENTO DE LA MADERA Y PROMOVER CADENAS DE SUMINISTRO SOSTENIBLES

### Ubicación: Guatemala

Asociados: Instituto Nacional de Bosques (Guatemala), Organización Internacional de las Maderas Tropicales

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Obtener estimaciones precisas de los volúmenes de troncos transportados es importante para la gestión y el comercio forestales sostenibles, pero el método de medición convencional requiere mucho tiempo, es ineficaz y conlleva elevados gastos de funcionamiento. Por ejemplo, para medir el volumen de troncos suele ser necesario medir las caras de todos los troncos visibles de la pila transportada para calcular el “factor de apilamiento”, es decir, la relación entre el volumen total de madera apilada y el volumen de madera maciza.

El Instituto Nacional de Bosques de Guatemala está trabajando para fomentar las cadenas de valor forestales legales y sostenibles y lograr avances en la gestión forestal sostenible mejorando los marcos de políticas, las estadísticas y los sistemas de seguimiento de la madera. Como parte de este trabajo, se determinó que el desarrollo de métodos más rápidos y precisos para evaluar el volumen de

troncos y otros productos madereros en tránsito constituía una necesidad prioritaria.

**La innovación.** Un proyecto financiado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales ha desarrollado y puesto en marcha varios mecanismos para mejorar la trazabilidad en las cadenas de producción forestal de Guatemala. Uno de ellos es la *Guía práctica para la cubicación de productos forestales*, que abarca los troncos y otros productos madereros (combustible de madera, recortes y madera aserrada) que se comercializan o transportan en Guatemala. El equipo del proyecto contrató a expertos en programas informáticos que, en estrecha colaboración con el personal de campo, desarrollaron una aplicación para teléfonos inteligentes utilizando la metodología, los productos y las fórmulas establecidas en el manual de cubicación de trozas para calcular los volúmenes de troncos utilizando solo fotografías y algunas mediciones sencillas.

La aplicación, denominada *Cubicación de Productos Forestales*, y conocida como CubiFOR<sup>ai</sup>, es fácil de usar porque solo requiere una fotografía de la pila de troncos (u otro producto de madera), ya sea en el camión o en el playón del aserradero u otro lugar, además del ancho y el largo promedios de la pila, para estimar el volumen. La aplicación reconoce cada cara del tronco, calcula el diámetro promedio y el factor de apilamiento y genera un informe con los volúmenes cubicados resultantes, que puede descargarse en formato Excel y PDF. La aplicación también permite la cubicación de trozas para productos como madera aserrada, tableros rectangulares, bolillos de madera, aserrín, troceados madereros, leña, piezas de madera y carbón vegetal.

**Resultados y repercusiones.** La aplicación está ayudando a fomentar la gestión forestal sostenible y a reforzar la capacidad de las empresas forestales de Guatemala para controlar sus inventarios, al tiempo que mejora la eficacia de las actividades que requieren la cuantificación de los volúmenes de madera. Esto ofrece la ventaja de impulsar las cadenas de suministro de madera legal y sostenible y mejorar la

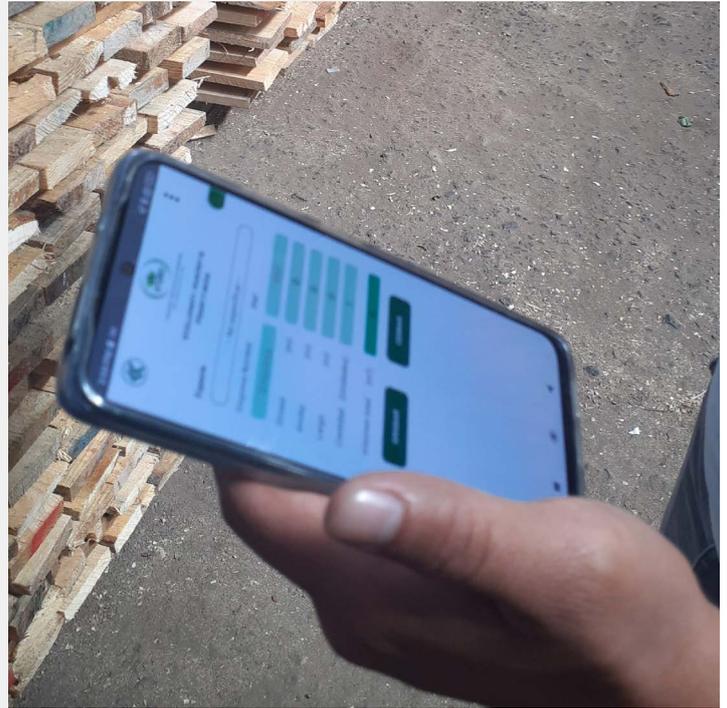
<sup>ai</sup> CubiFOR, una aplicación gratuita para Android en español, está disponible en Google Play.

competitividad, ya que reduce los plazos y costos de la obtención de autorizaciones de las autoridades gubernamentales. Los funcionarios de los puestos de control forestal disponen ahora de un medio eficiente y eficaz en función del costo para confirmar los datos de los conocimientos de embarque y otros documentos de transporte que acompañan a la madera en tránsito, lo que ayuda a garantizar la legalidad y a cumplir los requisitos administrativos.

Los aserraderos que utilizan CubiFOR afirman que los ayuda a controlar, seguir y medir los envíos de madera. El Instituto Nacional de Bosques todavía está desplegando la aplicación para su uso sobre el terreno, que tiene un claro potencial para ayudar al Instituto y otras autoridades a hacer un seguimiento de las operaciones forestales y, de este modo, combatir la explotación y el comercio ilegales de madera.

**Potencial de ampliación.** La aplicación CubiFOR puede reproducirse en otros países de los trópicos, ayudando así a las empresas a mejorar sus sistemas de control, seguimiento y medición de los envíos de madera y ayudando a las autoridades a combatir la explotación y el comercio ilegales de madera.

CubiFOR ofrece una amplia gama de innovaciones y ventajas a sus usuarios, como la digitalización y revisión de sus informes periódicos



© Agencia Forestal del Japón/A. Tabata

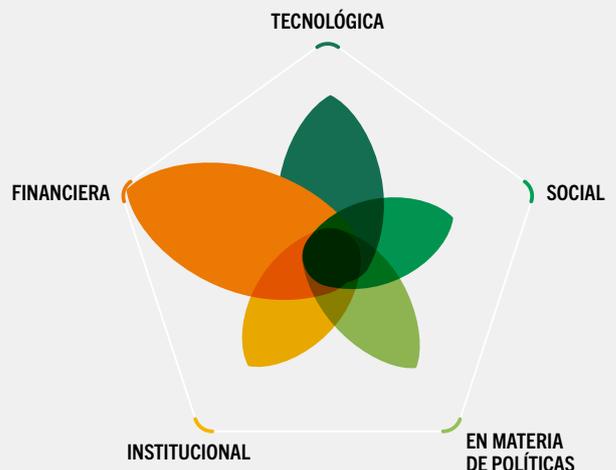
**ESTUDIO DE CASO 16 MEJORAR LA CONECTIVIDAD A LO LARGO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE MADERA PARA REDUCIR EL DESPERDICIO Y AUMENTAR LA VIABILIDAD DE LA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE**

**Ubicación:** Brasil, Guyana, Panamá, Perú

Asociados: Naturally Durable Inc., FAO

**El contexto.** El aumento del uso de productos de madera de alta tecnología en el sector de la construcción tiene el potencial de aportar beneficios para la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. Como se indica en el Capítulo 2, es probable que la sustitución

**PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN**



de materiales no renovables por productos madereros ocasione un aumento considerable de la demanda mundial de madera en rollo industrial de aquí a 2050, en particular en el sector de la construcción. Sin embargo, la práctica del mercado de consumo internacional de comprar madera de mayores dimensiones y longitudes genera importantes cantidades de residuos de fibra de madera. Además, el elevado costo de los edificios de madera en comparación con otros materiales de construcción se menciona a menudo como una posible barrera para un uso más extendido<sup>238</sup>.

La mejora de la eficiencia de la producción y el consumo de maderas tropicales<sup>aj</sup>, como la reducción de los residuos de fibra y los costos, será importante para satisfacer la creciente demanda de madera y garantizar que la madera siga siendo un material atractivo para la construcción. Los modernos enfoques de construcción modulares han aportado grandes mejoras en cuanto a la eficiencia y el uso óptimo de especies de alto valor. La mayoría de los conceptos de diseño pueden dividirse en módulos para permitir el uso de especies de menor valor para piezas ocultas como soportes y abrazaderas. Entre otras cosas, esto requiere órdenes de compra de productos forestales para piezas más pequeñas y especies infrautilizadas. La colaboración a lo largo de las cadenas de suministro para mejorar la comprensión de los requisitos precisos de quienes están a cargo de las especificaciones, los arquitectos y los directores de obra permitirá a los aserraderos ofrecer soluciones adaptadas y eficientes, y brindará oportunidades para compartir información, por ejemplo sobre las especies menos utilizadas y las oportunidades para aumentar su uso más eficaz, reduciendo así la presión sobre las especies de gran demanda.

**La innovación.** La empresa Naturally Durable Inc., dedicada a la comercialización de madera, promovió un novedoso enfoque de colaboración a lo largo de las cadenas de suministro de madera, en el que se buscó aplicar estrategias de reducción

de residuos de madera en aserraderos de bosques certificados por el Consejo de Administración Forestal en el Brasil, Guyana, Panamá y el Perú. La empresa vio la oportunidad de reducir los costos para los clientes (y, por lo tanto, de aumentar su competitividad) empleando al mismo tiempo especies menos utilizadas mediante la aplicación de especificaciones precisas. Esto requería establecer relaciones de colaboración formales con las partes interesadas a lo largo de las cadenas de suministro para fomentar las “compras de madera con especificaciones precisas”. La empresa promovió una mayor coordinación entre recolectores, aserraderos, comerciantes y empresas de carpintería arquitectónica para mejorar la integración durante las etapas de diseño, fabricación e instalación de los proyectos de construcción. En la práctica, esto supuso colaboración y desarrollo conjunto en varias etapas del proceso, como el diseño de planos de arquitectura y de taller y la generación de órdenes de compra, documentos de envío y facturas.

**Resultados y repercusiones.** El innovador enfoque de colaboración seguido por Naturally Durable Inc. ha permitido transmitir órdenes de compra de piezas específicas a los responsables de producción de aserraderos forestales alejados, lo que ha mejorado los índices de utilización de la madera ya que permite un uso económicamente viable de troncos más pequeños y piezas más cortas.

El Proyecto de revitalización del Commonwealth Pier<sup>239</sup> —un importante proyecto de revitalización del muelle oceánico de Boston (Estados Unidos de América)— es un ejemplo de las repercusiones de la especificación del tamaño de las piezas y la mejora de la colaboración a lo largo de la cadena de valor. Los contratistas de la instalación especificaron 29 532 m<sup>2</sup> de tarima (equivalentes a cinco contenedores de transporte marítimo). En 2021, Naturally Durable Inc. dio instrucciones a dos fabricantes de tarima certificada por el Consejo de Manejo Forestal para que produjeran piezas con largos en incrementos de 31 cm.

En 2022, los registros de recuento de piezas de los aserraderos se cotejaron con un análisis en hoja de cálculo de los largos necesarios en todas las ubicaciones del proyecto. Los planos específicos

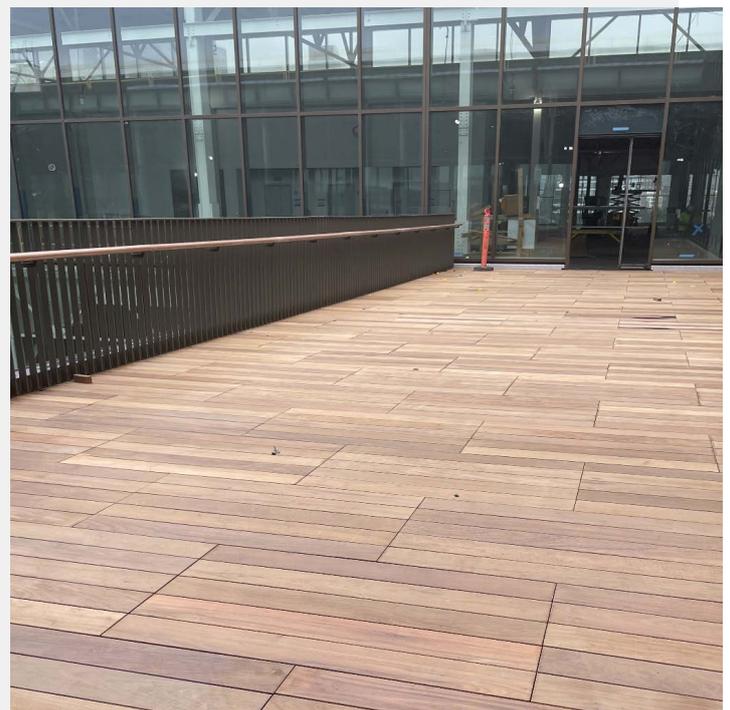
aj El problema de las especies infrautilizadas es menor en las regiones templadas y boreales debido al predominio de las plantaciones y al número limitado de especies en los rodales naturales, y donde las instalaciones de transformación eficientes suelen estar bien desarrolladas.

de cada lugar determinaban los largos exactos que debían utilizarse durante la instalación y, en una sección específica del proyecto, solo se podrían utilizar piezas cortas (de 61 a 152 cm, o unos 2 a 5 pies de largo). Se suministraron planos de taller detallados a las cuadrillas a cargo de la instalación. Con este enfoque, la instalación real requirió solo 24 358 m<sup>2</sup> de tarima con lo que se consiguió un 17,5 % más de eficiencia en el uso de la madera. El aserradero obtuvo 9 300 EUR adicionales (unos 9 800 USD) con la venta de piezas cortas, los contratistas del proyecto ahorraron unos 86 000 USD y la cuadrilla a cargo de la instalación redujo el tiempo necesario para instalar la tarima. El aumento de la eficiencia también redujo en 37 m<sup>3</sup> el volumen transportado, lo que disminuyó las emisiones de GEI relacionadas con el transporte.

**Potencial de ampliación.** La colaboración entre arquitectos, constructores y aserraderos puede mejorar la eficiencia en el uso de la madera en todas las escalas. El método puede aplicarse a todos los productos de madera especificados por arquitectos en los entornos edificados de todo el mundo cuando se integra en programas informáticos de diseño y gestión de la construcción.

La difusión del enfoque de compras de madera con especificaciones precisas requiere decisiones de gestión destinadas a mejorar la sostenibilidad económica y ambiental en el uso de la madera. Exige una formación adecuada de arquitectos e ingenieros para garantizar una amplia comprensión del uso de la madera como material de construcción y especificaciones centradas en las propiedades de la madera más que en las especies. También requiere una estrecha comunicación a lo largo de las cadenas de suministro y entre los promotores de los proyectos y los responsables de la gestión y el comercio forestales. La difusión y utilización de programas informáticos y educativos es fundamental, pero está poco desarrollada.

Tarima del Commonwealth Pier de Boston

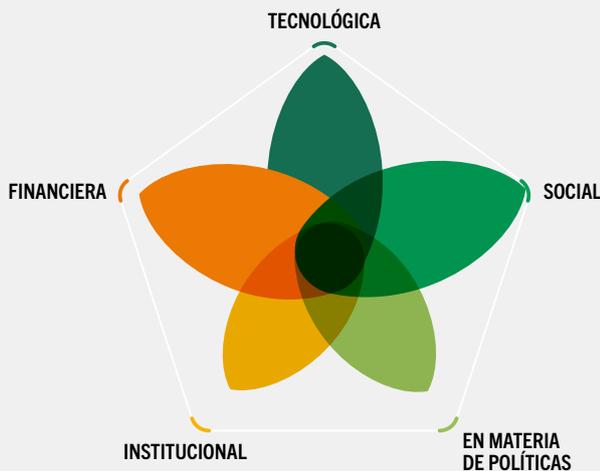


## ESTUDIO DE CASO 17 APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA PARA FOMENTAR LA BIOECONOMÍA Y AUMENTAR LA RESILIENCIA FRENTE A LOS TERREMOTOS

### Ubicación: Eslovenia, Estados Unidos de América

Asociados: Instituto de Ingeniería Civil (Eslovenia); Fundación Nacional para la Ciencia (Estados Unidos de América), Escuela de Minas de Colorado (Nevada, Lehigh University, Universidad Estatal de Washington), LEVER Architecture, Englekirk Structural Engineering Center de la Universidad de California (Universidad del Estado de Oregón), Forest Products Laboratory, Servicio Forestal de los Estados Unidos de América

### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Los fenómenos sísmicos son frecuentes en muchas partes del mundo y pueden ocasionar importantes lesiones y pérdidas de vidas humanas debido al derrumbamiento de edificios. Se trata de un problema compartido por los países que se encuentran en una fase de transición de la vida rural a la urbanización y por los países ya altamente urbanizados con estructuras urbanas más antiguas y tradicionales que no están concebidas para los fenómenos sísmicos<sup>240</sup>. Se calcula que la población de las zonas sísmicas del planeta, como la cuenca del Pacífico y el cinturón del Mediterráneo y Asia, se triplicará de aquí a 2050, hasta alcanzar casi 600 millones de habitantes<sup>241</sup>. La construcción de nuevos edificios sismorresistentes y la mejora de las estructuras urbanas existentes resultan fundamentales. El derrumbe de un edificio suele ser consecuencia

de un diseño inadecuado y de prácticas de construcción deficientes. Por lo tanto, es necesario compartir las mejores prácticas de ingeniería, diseño y métodos de construcción entre países y regiones<sup>240</sup>.

**La innovación.** Las tecnologías de madera maciza ofrecen alternativas a los sistemas de construcción de hormigón armado. Una de ellas, la madera laminada cruzada, se presentó comercialmente en la década de 1990 y ahora tiene un volumen de producción mundial anual de unos 2 millones de m<sup>3</sup> (con un valor de casi 1 300 millones de USD en 2022). Para el próximo decenio, se prevé una tasa compuesta de crecimiento anual de la producción de hasta un 14 %<sup>242</sup>. El uso de madera en masa en la construcción está cobrando impulso en todo el mundo debido a su bajo efecto en el carbono, ya que las construcciones tradicionales de hormigón y acero contribuyen, cada una, un 8 % o más a las emisiones mundiales de dióxido de carbono<sup>243</sup>. Un atributo importante de la madera cuando se utiliza en la construcción es su baja relación peso/resistencia, combinada con su ductilidad (la capacidad de deformarse y doblarse antes de romperse)<sup>244</sup>. En general, la madera en masa puede aumentar la resistencia de los edificios altos a los terremotos.

**Resultados y repercusiones.** En el marco del proyecto TallWood de la Infraestructura de Investigación de Ingeniería de Riesgos Naturales, dirigido por la Escuela de Minas de Colorado (financiado por la Fundación Nacional para la Ciencia), se diseñó y construyó una torre de madera en masa de 10 plantas en la Universidad de California en San Diego (Estados Unidos de América) sobre una gigantesca mesa vibradora externa. El edificio fue sometido a múltiples ciclos sísmicos de hasta 7,7 grados en la escala de Richter<sup>245</sup>. Se prestó especial atención a los métodos de unión utilizados entre los paneles de los forjados, los pilares y los muros cortina y los componentes no estructurales, como las fachadas, que proporcionaron a la estructura una flexibilidad adicional durante los terremotos simulados, garantizando así que las juntas no se rompieran, el edificio no se derrumbara y los elementos no estructurales permanecieran unidos<sup>246</sup>. La prueba demostró que una torre de madera de 10 plantas construida con madera maciza y un sistema flexible de juntas metálicas podía resistir

terremotos sin precedentes sin sufrir daños; además, el edificio seguiría siendo totalmente utilizable después del fenómeno<sup>245</sup>.

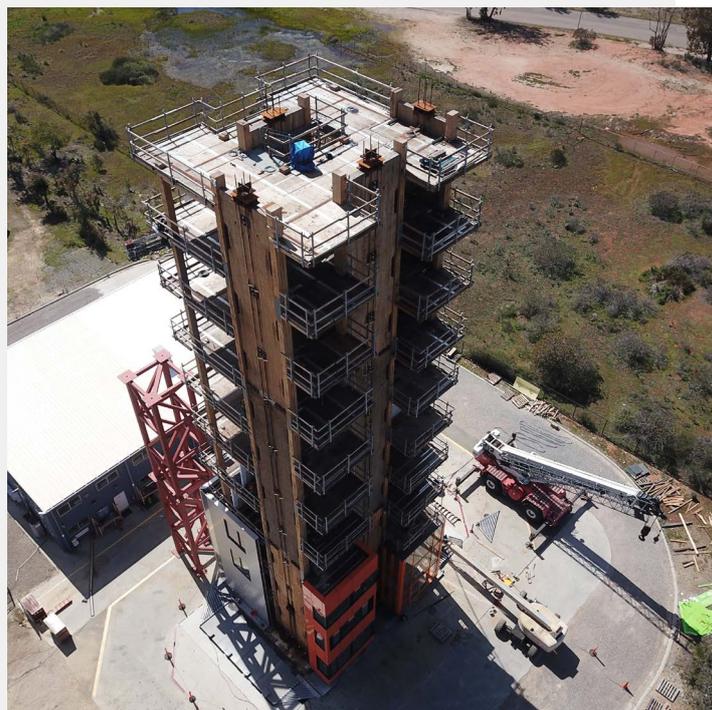
En el Instituto de Ingeniería Civil de Liubliana (Eslovenia) se utilizaron paneles de madera laminada cruzada para simular el refuerzo estructural de edificios antiguos con estructura de hormigón construidos antes de que entraran en vigor códigos de construcción sísmica más estrictos<sup>245</sup>. El proyecto puso a prueba el efecto de la aplicación de paneles de madera laminada cruzada en los muros exteriores de un edificio de hormigón de dos plantas. En primer lugar, se construyó una estructura de postes y vigas de hormigón y muros y forjados de mampostería sobre una mesa vibradora, y se aplicaron varias escalas de sacudidas sísmicas para medir el rendimiento y el nivel de balanceo y daños en la estructura y las conexiones. Luego se construyó una estructura similar y se fijaron elementos de madera laminada cruzada en el exterior de los muros de relleno de mampostería, y se realizaron las mismas pruebas sísmicas. Los resultados mostraron que la adición de paneles de arriostramiento externo de madera laminada cruzada proporcionó un aumento del 34 % en la resistencia y un aumento del 25 % en la capacidad de desplazamiento en comparación con la estructura de mampostería/hormigón que no estaba reforzada con madera laminada cruzada. Por lo tanto, el refuerzo estructural de los edificios de hormigón más antiguos con madera en masa podría ser una forma viable de renovar los edificios de hormigón existentes, lo que podría incluir los edificios ya expuestos a daños sísmicos<sup>247</sup>.

Los dos proyectos demostraron que el uso de elementos y sistemas de construcción de madera en masa tanto en construcciones nuevas como para la renovación en regiones propensas a terremotos podría ser un método técnicamente viable de construcción y renovación (en el estudio, no se llevó a cabo una evaluación de la viabilidad económica). Esto podría ser importante para las regiones en las que la creciente urbanización ofrece una oportunidad para adoptar las mejores prácticas de diseño de construcciones de madera en masa y sistemas de conexión mediante la transferencia de conocimientos. La posibilidad de mantener las estructuras de hormigón/

mampostería existentes y reforzar los muros con madera en masa es una opción que resultaría mucho menos disruptiva que la sustitución de los edificios existentes que carecen de la resistencia sísmica adecuada. Además, varios proyectos han demostrado que los elementos de madera en masa pueden utilizarse para aumentar la altura y la ocupación de edificios de hormigón existentes, lo que puede incrementar el valor de los inmuebles y proporcionar viviendas y oficinas adicionales a un costo relativamente bajo. Entre las recientes ampliaciones y renovaciones realizadas con madera en masa pueden mencionarse la de 55 Southbank Boulevard, en Melbourne (Australia), y 80 M Street SE, en Washington, D. C. (Estados Unidos de América), en las que el peso liviano, la resistencia y la ductilidad de la madera en masa han permitido ampliar la altura de edificios comerciales de uso mixto<sup>248, 249</sup>.

**Potencial de ampliación.** Un desafío para los proyectos que utilizan madera en masa es la construcción de edificios a escala real, que lleva mucho tiempo, es costosa y requiere una sólida

El proyecto Innovation Tall Timber



© Escuela de Minas de Colorado/Shiling Pei

colaboración. En el proyecto TallWood de la Infraestructura de Investigación de Ingeniería de Riesgos Naturales, se recurrió a expertos de varias universidades los Estados Unidos y el Japón y se colaboró estrechamente con productores industriales de madera en masa y sistemas de conectores. Existe la oportunidad de transferir conocimientos con base empírica y las mejores prácticas de diseño a regiones en las que la urbanización está aumentando

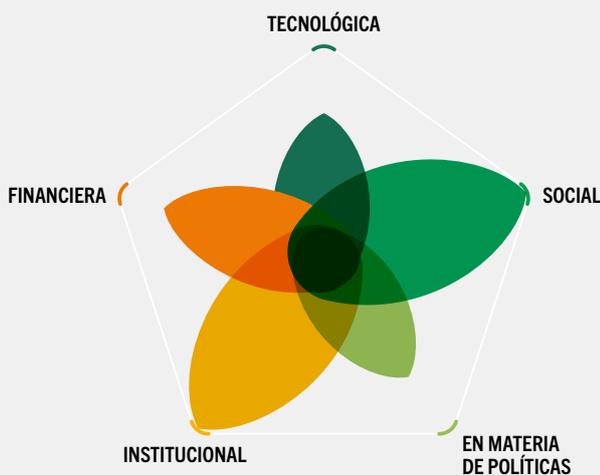
en zonas donde pueden producirse fenómenos sísmicos. La posibilidad de utilizar madera como material de refuerzo en estructuras de hormigón existentes podría aumentar de forma rentable su resistencia sísmica, e incluso permitiría incrementar la altura y el rendimiento térmico de los edificios. Woodrise y la Conferencia Mundial sobre Ingeniería de la Madera son buenas plataformas para dar a conocer estas tecnologías.

### ESTUDIO DE CASO 18 FACILITAR LA INNOVACIÓN DIRIGIDA POR LOS AGRICULTORES EN LA PRODUCCIÓN FORESTAL Y AGRÍCOLA SOSTENIBLE MEDIANTE LAS ESCUELAS DE CAMPO PARA AGRICULTORES

#### Ubicación: Mundial

Asociados: FAO, Plataforma global de las escuelas de campo de agricultores

#### PONDERACIÓN DE LOS TIPOS DE INNOVACIÓN



**El contexto.** Los sistemas agroalimentarios actuales plantean importantes desafíos debido a los efectos perjudiciales de prácticas insostenibles que se mantienen sin cambios y contribuyen al cambio climático y a la degradación de los recursos naturales<sup>250</sup>, y es imperioso

transformarlos. Un paso fundamental para esa transformación es abordar los desafíos a los que se enfrentan los pequeños productores y los agricultores familiares. Las explotaciones familiares representan alrededor del 90 % de los 608 millones de explotaciones agrícolas de todo el mundo; entre ellas, el 84 % son pequeñas explotaciones de 2 ha o menos. A pesar de utilizar solo el 12 % de la superficie agrícola total, aportan alrededor del 35 % del suministro mundial de alimentos<sup>251</sup>. Los efectos de la agricultura familiar y en pequeña escala van más allá de los medios de vida, ya que influyen directamente en los ecosistemas a través de las prácticas de gestión de la tierra. Sin embargo, los programas de desarrollo de la capacidad, aprendizaje y educación para pequeños agricultores están rezagados en muchos países.

**La innovación.** En los tres últimos decenios, las escuelas de campo para agricultores han surgido como un enfoque de desarrollo de la capacidad muy eficaz, que permite a la población rural innovar con claridad y propósito, a la vez que fomenta habilidades sociales que resultan fundamentales para la transformación rural. Al centrar el aprendizaje y la innovación en torno a los agricultores, las escuelas de campo para agricultores contribuyen al empoderamiento de las personas, los hogares y las comunidades, al tiempo que contribuyen a la restauración de los ecosistemas. El enfoque de aprendizaje basado en el descubrimiento que se aplica en las escuelas de campo para agricultores resulta especialmente beneficioso porque facilita el aprendizaje y la innovación en agricultura sostenible, sistemas

alimentarios, actividad forestal, ganadería, manejo integrado de plagas, pesca, acuicultura, cadenas de valor y conexiones de mercado<sup>252</sup>. Este enfoque innovador, basado en una mayor comprensión de la dinámica agroecológica y en la experimentación dirigida por los agricultores, permitió a decenas de millones de agricultores de todo el mundo mantener o aumentar su productividad al tiempo que reducían su dependencia de insumos externos.

**Resultados y repercusiones.** Las aplicaciones forestales de las escuelas de campo para agricultores han demostrado una gran repercusión, dado que fomentan la alfabetización ecológica y dan rienda suelta a las capacidades para la resolución creativa de problemas. Las escuelas de campo para agricultores han desempeñado un papel fundamental para cultivar la “capacidad de respuesta”, que es la capacidad de los pequeños productores para hacer frente de forma creativa a los desafíos que plantean la agricultura, la producción de alimentos y la gestión de los recursos naturales mediante una mejora de los conocimientos y el desarrollo tecnológico. Las experiencias con las escuelas de campo para agricultores en África, Asia y las Américas demuestran el gran potencial de este enfoque para reforzar de forma inclusiva la capacidad de restauración de las comunidades rurales y fomentar la producción agrícola y forestal sostenible en pequeña escala<sup>253</sup>.

Las escuelas de campo para agricultores han empoderado a agricultores familiares de todo el mundo para adquirir los conocimientos, las habilidades y la organización social necesarios para la gestión regenerativa de los recursos naturales en la agricultura familiar y en pequeña escala. Se calcula que, en los últimos 30 años, unos 20 millones de personas de 119 países se han graduado en las escuelas de campo para agricultores<sup>250</sup>. Además de abordar cuestiones prácticas, estas escuelas fomentan la autoestima, desbloquean la creatividad y promueven la organización social<sup>254</sup>.

En un ejercicio de balance de la FAO se identificaron aplicaciones de escuelas de campo para agricultores relacionadas con los bosques y los árboles en las que participan más de 200 000 productores de más de 20 países

de África, Asia y las Américas, y que abordan desafíos, por ejemplo, en la producción de árboles frutales, las parcelas forestales, la forestería comunitaria, la gestión del suelo y el agua y las áreas protegidas<sup>255</sup>. En Mozambique, el proyecto PROMOVE Agribiz (Estudio de caso 12) está ayudando a 22 000 pequeños agricultores a fomentar la producción agroforestal y la incubación de empresas y a acceder a créditos del carbono a cambio de sus iniciativas agroforestales.

Un enfoque participativo basado en los programas de estudio y relacionado con las escuelas de campo para agricultores es el enfoque de las escuelas de negocios para agricultores. La FAO desarrolló el concepto de las escuelas de negocios para agricultores con miras a reforzar las capacidades de los proveedores de servicios y los agricultores en la transición de la agricultura de subsistencia a la agricultura orientada al mercado y la “agricultura como negocio”. El plan de estudios de las escuelas de negocios para agricultores está concebido para guiar a los agricultores a lo largo de todo el ciclo empresarial de la explotación, con conceptos básicos y ejercicios de planificación empresarial, gestión de explotaciones y conocimientos sobre finanzas. El enfoque de las escuelas de negocios para agricultores se ha aplicado en Asia, África y el Cercano Oriente desde 2005 en diversos entornos, en particular en contextos frágiles en el nexo entre la asistencia humanitaria y el desarrollo. Cientos de escuelas de negocios para agricultores han favorecido a decenas de miles de agricultores y agricultoras en empresas que abarcan cultivos, horticultura y agroindustria, y que abastecen el consumo local y la exportación.

**Potencial de ampliación.** La creciente demanda de un desarrollo rural centrado en las personas y respetuoso con el medio ambiente sitúa a las escuelas de campo para agricultores en la vanguardia de la transición hacia una agricultura y una actividad forestal más sostenibles. Las escuelas de campo para agricultores requieren la creación de asociaciones para apoyar a los pequeños productores; la aplicación de las perspectivas del desarrollo centrado en las personas a la forestería y la agroforestería; el fomento de la inclusión y la organización social a diversos niveles; la inversión en capacitación en sinergias entre la agricultura y la actividad

forestal; y la financiación de la incubación de empresas para ofrecer oportunidades de ingresos vinculadas a iniciativas de restauración de los ecosistemas a escala local.

En la India, el Gobierno del estado de Andhra Pradesh, Rythu Sadhikara Samstha (una institución gubernamental estatal) y la FAO están ejecutando el Programa de Andhra Pradesh de agricultura natural gestionada por la comunidad, que está adaptando el concepto de las escuelas de campo para agricultores a la agricultura natural y a la regeneración de la salud del suelo a través de la agroforestería y el policultivo intensivo. El objetivo del programa es facilitar la transición de 6 millones de productores agrícolas a la agricultura regenerativa de aquí a 2030<sup>256</sup>. CARE Internacional tiene previsto ampliar las escuelas de campo y de negocios para agricultores a 35 países, prestar apoyo a 25 millones de productores, hacer participar a los agricultores en los mercados mundiales mediante un modelo de certificación y promover la adopción a nivel gubernamental<sup>257</sup>. Las escuelas de campo y las escuelas de negocios para agricultores también pueden desempeñar un papel importante en la ampliación de las medidas de restauración de los ecosistemas mediante el desarrollo de la capacidad de los pequeños productores y las organizaciones de productores para emprender iniciativas locales de restauración, por ejemplo en el contexto de la Iniciativa de restauración de los espacios forestales africanos (AFR100)<sup>ak</sup>.

**ak** La iniciativa AFR100, dirigida por los países, tiene por finalidad restaurar 100 millones de ha de tierra en África de aquí a 2030 (véase [afr100.org](http://afr100.org)).

Una sesión de aprendizaje en grupo de una escuela de campo para agricultores en Malawi





**SENEGAL**

En Koyli Alpha, las personas de la comunidad trabajan en el vivero de árboles creado como parte de la iniciativa Gran Muralla Verde.  
© FAO/Benedicte Kurzen/NOOR



# CAPÍTULO 5

## LA INNOVACIÓN DEBE AMPLIARSE DE FORMA RESPONSABLE PARA MAXIMIZAR LAS CONTRIBUCIONES DEL SECTOR FORESTAL A LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y A OTROS DESAFÍOS MUNDIALES

### MENSAJE PRINCIPAL

→ **Cinco medidas facilitadoras pueden fomentar una innovación responsable e inclusiva que optimice las soluciones basadas en los bosques para los desafíos mundiales:** 1) aumentar la conciencia sobre la importancia de la innovación y crear una cultura que fomente la innovación para lograr un cambio positivo; 2) impulsar las competencias, capacidades y conocimientos para garantizar que las partes interesadas del sector forestal cuenten con capacidad para gestionar la creación y adopción de innovaciones; 3) fomentar asociaciones transformadoras para reducir el riesgo de la innovación en el sector forestal, proporcionar oportunidades para la transferencia de conocimientos y tecnología, y crear salvaguardias adecuadas; 4) garantizar más recursos financieros de acceso universal para fomentar las innovaciones en el sector forestal; y 5) proporcionar un marco político y regulatorio que incentive la innovación en el sector forestal.

### 5.1

## CINCO MEDIDAS FACILITADORAS PUEDEN FOMENTAR UNA INNOVACIÓN RESPONSABLE E INCLUSIVA QUE OPTIMICE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LOS BOSQUES PARA LOS DESAFÍOS MUNDIALES

Las innovaciones suelen surgir como resultado de numerosas y complejas interacciones entre los actores de un ecosistema de innovación. No obstante, cabe señalar que los ecosistemas de innovación poseen características únicas en función del contexto. Además, la complejidad del sector forestal mundial significa que las innovaciones responsables deben crearse y adoptarse de formas que se ajusten y sean adecuadas para los contextos específicos en los que se crean y adoptan. Ya sea a nivel institucional, jurisdiccional o mundial, para que los ecosistemas de innovación sean sólidos y funcionen correctamente es necesario que se aprecien la creatividad y la colaboración; que

se disponga de conocimientos y competencias adecuados, sistemas de aprendizaje colectivo, mecanismos de gobernanza y marcos de gestión de riesgos; y que haya recursos naturales, humanos y financieros suficientes.

Es probable que las innovaciones en el sector forestal sean más eficaces cuando integren la ciencia y los conocimientos tradicionales mediante enfoques prácticos inclusivos. Se requiere inversión en investigación y desarrollo integrados para impulsar los avances tecnológicos, la optimización de los procesos y el desarrollo de productos adaptables, así como es necesario desarrollar aptitudes y conocimientos y crear modelos para tender puentes entre los marcos dispares de la ciencia y los conocimientos tradicionales. Los gobiernos suelen ser los principales promotores de la investigación y el desarrollo, pero la aplicación en el mundo real de las innovaciones depende en gran medida de la financiación y la inversión del sector privado y la sociedad civil, así como de su colaboración y aceptación.

Con la innovación, puede haber ganadores y perdedores y, si está concebida de manera deficiente, esta puede exacerbar las desigualdades y la marginación existentes. Para minimizar estos riesgos, los procesos de creación y adopción de innovaciones deben ser inclusivos y adecuados al contexto, y deben apoyar la intervención de todas las partes interesadas del sector forestal, contribuyendo así a garantizar que las innovaciones sean adecuadas para el lugar, las personas y el desafío en cuestión. Entre los grupos de partes interesadas que suelen estar infrarrepresentados y a los que debe empoderarse y prestar apoyo en los procesos de innovación y otros procesos relacionados pueden mencionarse los siguientes:

- ▶ **Mujeres.** Existen desequilibrios de género en muchos segmentos del sector forestal en todo el mundo<sup>258</sup>, pero la igualdad de género en una organización ayuda a aprovechar las diversas perspectivas y talentos para la innovación y la resolución de problemas, así como a mejorar el rendimiento de la organización (incluido el rendimiento financiero)<sup>195</sup>. Por lo tanto, los procesos de innovación del sector forestal deben esforzarse por garantizar la igualdad de género<sup>259</sup>.
  - ▶ **Pueblos Indígenas, pequeños agricultores y comunidades rurales.** Una auténtica colaboración entre investigadores, técnicos, Pueblos Indígenas, pequeños agricultores y comunidades rurales permitirá integrar la ciencia y los conocimientos tradicionales e indígenas. Esto puede reducir el riesgo de que las innovaciones sean culturalmente inapropiadas y aumentar sus repercusiones positivas<sup>260</sup>.
  - ▶ **Juventud.** Las personas jóvenes suelen impulsar la innovación<sup>261</sup>, y su inclusión también puede ayudar a mejorar la gobernanza forestal y los procesos de toma de decisiones<sup>262</sup>. Los esfuerzos tendientes a aprovechar mejor las capacidades de las personas jóvenes son esenciales para que los procesos de innovación resulten eficaces.
- Muchos grupos desempeñan un papel esencial para posibilitar la innovación, entre ellos:
- ▶ **los gobiernos nacionales**, por ejemplo, mediante la aplicación de normas, incentivos y políticas nacionales en favor de la innovación, el apoyo (incluso financiero) a la investigación y el desarrollo, la divulgación y la promoción, y la facilitación de la colaboración;
  - ▶ **las organizaciones internacionales**, por ejemplo, ayudando a establecer normas, gestionando los conocimientos sobre innovación, realizando actividades de divulgación y promoción, facilitando la colaboración, proporcionando financiación y elaborando orientaciones de apoyo en materia de políticas;
  - ▶ **las instituciones educativas**, por ejemplo, prestando asistencia en la investigación, educación, formación y divulgación en favor de la innovación;
  - ▶ **los organismos de investigación y desarrollo**, por ejemplo, creando, probando y compartiendo innovaciones de base empírica y enfoques y metodologías relacionados;
  - ▶ **el sector privado**, por ejemplo, creando y adoptando enfoques y productos innovadores, ofreciendo oportunidades de capacitación, contribuyendo a la investigación y el desarrollo (incluso desde el punto de vista financiero) y apoyando la comunicación y la promoción;
  - ▶ **la sociedad civil**, por ejemplo, creando y adoptando enfoques y productos innovadores, promoviendo el cambio, sensibilizando,

fomentando la colaboración, aportando perspectivas de base, impulsando el empresariado social y garantizando la rendición de cuentas.

A partir de la bibliografía existente y de los estudios de casos que se presentan en el Capítulo 4, a continuación se describen cinco medidas facilitadoras clave en favor del desarrollo de ecosistemas de innovación sólidos en el sector forestal y la creación y adopción de innovaciones responsables. También se sugieren medidas específicas, principalmente para que sean consideradas por los gobiernos nacionales y las organizaciones internacionales.

#### 1. Aumentar la conciencia sobre la importancia de la innovación y crear una cultura que fomente la innovación para lograr un cambio positivo.

La innovación requiere una cultura propicia que fomente la curiosidad, la creatividad, el cuestionamiento y la asunción de riesgos<sup>186</sup>. La forma en que una entidad (como una empresa, una institución o un país) aprovecha y promueve estos elementos culturales depende en gran medida de su legado histórico, sus sistemas de valores y sus creencias, pero el objetivo fundamental debe ser proporcionar un contexto positivo que permita a la entidad adoptar la reflexión sobre sus prácticas actuales, contemplar el cambio y determinar medidas para lograr un cambio positivo. En muchos contextos, el desarrollo de una cultura de la innovación requerirá actividades de sensibilización, es decir, actividades que aumenten la comprensión de los beneficios que puede ofrecer la innovación.

Posibles medidas específicas para gobiernos y organizaciones internacionales:

- Generar y demostrar el uso de enfoques para aumentar la capacidad de innovación institucional y apoyar una cultura que fomente la innovación responsable e inclusiva. Esto podría incluir ejemplos que ilustren el poder y el alcance de las innovaciones colaborativas y el papel que puede desempeñar una cultura de la innovación para apoyar la conservación, la restauración y la utilización sostenible de los bosques y la consecución de los ODS.

- Proporcionar herramientas para que las organizaciones evalúen y mejoren continuamente su cultura de la innovación y el uso de las innovaciones, incluida la gestión de datos e información para orientar la toma de decisiones basadas en hechos comprobados.
- Realizar balances periódicos de las actividades innovadoras en el sector forestal para determinar las oportunidades y los desafíos para la innovación.
- Ofrecer incentivos a todas las partes interesadas del sector forestal para que participen en esfuerzos de colaboración que busquen soluciones innovadoras a desafíos comunes.

#### 2. Impulsar las competencias, capacidades y conocimientos para garantizar que las partes interesadas del sector forestal cuenten con capacidad para gestionar la creación y adopción de innovaciones.

Un sector educativo forestal dinámico es esencial para desarrollar las habilidades y conocimientos necesarios para maximizar las contribuciones de los bosques y los árboles a los ODS y para alcanzar los objetivos forestales mundiales; la comprensión de la innovación es un componente central al respecto<sup>263</sup>. El sector de la educación forestal podrá aprovechar mejor las oportunidades de otros sectores para ampliar la innovación cuando esté bien conectado con la investigación y la incubación de empresas.

Las organizaciones tienden a descuidar que se requieren “aptitudes interpersonales” que permitan interacciones humanas eficaces; no obstante, estas son componentes esenciales de los procesos de innovación responsables e inclusivos<sup>264</sup>. Por lo tanto, además de desarrollar competencias técnicas, el sector forestal debe cultivar las aptitudes interpersonales necesarias para gestionar procesos, técnicas y metodologías de innovación.

Posibles medidas específicas para gobiernos y organizaciones internacionales:

- Recopilar y organizar información y recursos sobre programas educativos, redes de educadores, asociaciones y comunidades de práctica en el ámbito amplio de la innovación en el sector forestal.

- Llevar a cabo evaluaciones de las necesidades para comprender qué capacidades y habilidades de innovación faltan en el sector forestal y dar prioridad a su incorporación a los programas educativos.
- Desarrollar guías para impulsar las habilidades, conocimientos y capacidades de innovación en el sector forestal.
- Apoyar plataformas de aprendizaje entre pares y programas de campo integrados para permitir la extensión de buenas prácticas innovadoras relacionadas con la innovación y probar técnicas y metodologías innovadoras.
- Apoyar la mejora de los conocimientos técnicos y sobre innovación en los servicios de extensión relacionados con los bosques y alentar a las comunidades a desarrollar soluciones innovadoras utilizando métodos como las escuelas de campo para agricultores y otras instituciones de formación profesional.
- Apoyar la investigación y el desarrollo para aumentar la base empírica sobre todos los tipos de innovación a fin de lograr avances en la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques. Las enseñanzas adquiridas podrían integrarse en la educación y la capacitación del sector forestal, entre otras, en las instituciones de educación terciaria y otras instituciones de formación profesional, con miras a fomentar una comprensión más amplia de la innovación en el sector forestal.

Posibles medidas específicas para los institutos de educación e investigación:

- Incorporar la innovación (haciendo hincapié en la responsabilidad y la inclusividad como elementos centrales) en los planes de estudio y los materiales de capacitación en materia de educación forestal.
- Facilitar la investigación integrada de la innovación, recurriendo a la ciencia y los conocimientos tradicionales.
- Desarrollar la investigación sobre diversos tipos de innovación (y paquetes de innovaciones), que debe ser colaborativa para garantizar que esté impulsada por la demanda, sea adecuada al contexto y pueda generar herramientas prácticas.

### 3. Fomentar asociaciones transformadoras para reducir el riesgo de la innovación en el sector forestal, proporcionar oportunidades para la transferencia de conocimientos y tecnología, y crear salvaguardias adecuadas.

Se necesitan asociaciones transformadoras en las que participen los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil, la comunidad de la investigación y el mundo académico, las mujeres y la juventud, los Pueblos Indígenas y las comunidades locales a todos los niveles para apoyar la creación y adopción de innovaciones responsables en el sector forestal<sup>265</sup>. Los centros de innovación y otras modalidades de creación de redes promueven las interacciones entre las partes interesadas y permiten la colaboración, la transferencia de conocimientos y competencias, y los efectos indirectos positivos (es decir, los efectos no intencionales de las interacciones que apoyan la ampliación de las innovaciones). Las asociaciones que surgen de la colaboración a largo plazo entre las diversas partes interesadas pueden ser transformadoras: es decir, pueden lograr cambios en el sistema para pasar de sistemas insostenibles a sistemas más sostenibles<sup>266</sup>. El enfoque adoptado en el marco del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas muestra el poder de las asociaciones innovadoras para facilitar la creación y asimilación de innovaciones (Recuadro 11).

El sector forestal busca cada vez más la colaboración intersectorial (incluso dentro de los gobiernos y organizaciones y entre ellos)<sup>267</sup>, en parte para acceder a los conocimientos y competencias de otros sectores. Esta colaboración (por ejemplo, para compartir datos y definir problemas y formular programas de manera conjunta) puede conducir al desarrollo de innovaciones que de otro modo no surgirían.

Posibles medidas específicas para gobiernos y organizaciones internacionales:

- Evaluar las plataformas existentes para el intercambio de conocimientos entre la ciencia, las políticas y la práctica con vistas a garantizar que los conocimientos resultantes sean accesibles para todos.

### RECUADRO 11 UTILIZACIÓN DE ENFOQUES DE ASOCIACIÓN INNOVADORES PARA AYUDAR A IMPULSAR AVANCES EN EL DECENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

La FAO y el PNUMA dirigen conjuntamente en todo el mundo la celebración del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas. Los dos grupos de trabajo dirigidos por la FAO descritos en el Estudio de caso 9 han catalizado poderosas asociaciones entre un grupo diverso de partes interesadas en la restauración para crear una visión compartida de la restauración de los ecosistemas, armonizar sus actividades en colaboración, subsanar las carencias tecnológicas y en materia de capacidad e impulsar la innovación de base empírica. En tres años, los grupos de trabajo han creado una base y un entorno propicio para el Decenio de las Naciones Unidas, con los siguientes logros (entre muchos otros):

- ▶ se creó una visión común sobre la restauración de los ecosistemas mediante la publicación de los *Principios para la restauración de los ecosistemas*;
- ▶ se publicaron las *Normas de prácticas para la restauración de los ecosistemas*, destinadas a orientar a los encargados de la ejecución en el desarrollo de proyectos de restauración eficaces que reflejen los principios para la restauración de los ecosistemas;
- ▶ se elaboró un plan de acción sobre capacidad, conocimiento y aprendizaje para el Decenio de las Naciones Unidas;
- ▶ se lograron avances en la innovación tecnológica mediante la elaboración del Marco para el seguimiento de la restauración de los ecosistemas (descrito en el Estudio de caso 9).

Dado que facilitan una sólida colaboración entre actores muy diversos, los dos grupos de trabajo dirigidos por la FAO están ayudando a superar la falta de armonización en la restauración de los ecosistemas, la falta de financiación y capacidad, y las dificultades para proporcionar un seguimiento y una presentación de informes transparentes, junto con otros tres grupos de trabajo del Decenio de las Naciones Unidas que dirigen el Banco Mundial (Grupo de trabajo sobre finanzas), la UICN (Grupo de trabajo sobre ciencia) y el Grupo Principal de las Naciones Unidas de la Infancia y la Juventud (Grupo de trabajo sobre juventud). De este modo, hacen posible la difusión de innovaciones exitosas a una red mundial de profesionales y encargados de formular las políticas, y celebran y apoyan el liderazgo de los países en materia de innovación en restauración, contribuyendo así a traducir los ambiciosos compromisos sobre restauración en medidas eficaces sobre el terreno.

- Optimizar el uso de los foros regionales y mundiales existentes, como las comisiones forestales regionales y las plataformas multisectoriales, para determinar las necesidades y oportunidades con miras a fomentar y ampliar la innovación responsable e inclusiva en el sector forestal.

#### 4. Garantizar más recursos financieros de acceso universal para fomentar las innovaciones en el sector forestal.

Los riesgos relacionados con la creación y adopción de innovaciones pueden ser elevados. Esto es especialmente cierto en el Sur del mundo, donde las compensaciones entre objetivos contrapuestos suelen ser también sustanciales, lo que limita la inversión

disponible<sup>268</sup>. Aumentar el acceso a la financiación —de los pequeños productores y las comunidades rurales, entre otros— es un requisito previo para lograr que los ecosistemas de innovación sean sólidos y para permitir la ampliación de la innovación en el sector forestal. Aumentar la disponibilidad de financiación puede ayudar a abordar los problemas sistémicos que frenan el proceso de ampliación (por ejemplo, abordando las externalidades de la gestión forestal sostenible) e incentivar ciclos virtuosos de inversión que refuercen otras innovaciones.

Posibles medidas específicas para gobiernos y organizaciones internacionales:

- Ayudar a los países a acceder a financiación destinada a innovaciones que apoyen de manera directa la conservación, restauración y utilización sostenible de los bosques.
- Proporcionar incentivos financieros para el desarrollo de innovaciones que generen bienes públicos y beneficien especialmente a los Pueblos Indígenas, las mujeres, la juventud y los pequeños productores.
- Reducir los riesgos relacionados con la innovación alentando a organizaciones y universidades a trabajar en equipos mediante la financiación parcial de procesos colaborativos de investigación y desarrollo<sup>269</sup>.

#### 5. Proporcionar un marco político y regulatorio que incentive la innovación en el sector forestal.

Un conjunto de políticas complementarias y coherentes puede ayudar a las partes interesadas a sortear las complejidades y las dependencias de las vías dentro de un ecosistema de innovación mediante el fomento de sus capacidades. Es necesario establecer políticas que ayuden a reducir el riesgo de los procesos de innovación y a minimizar las posibles disparidades y los beneficios desiguales de la innovación. Cirera y Maloney (2017)<sup>270</sup> describieron una “escalera de las capacidades”, en la que un ecosistema de innovación evoluciona para apoyar crecientemente capacidades de nivel superior dentro del ecosistema. Este concepto ofrece una base para orientar la formulación de políticas sólidas y de apoyo. Las tres etapas de la “escalera” comprenden: el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas, las capacidades de gestión y organización y la infraestructura básica (etapa 1); el aumento de la calidad de la investigación y la innovación, la creación de capacidades tecnológicas y la incentivación de la investigación y el desarrollo (etapa 2); la investigación y el desarrollo a largo plazo, los programas tecnológicos y los proyectos de innovación en colaboración (etapa 3). La combinación adecuada de políticas favorece el paso de la etapa 1 a la etapa 3.

Posibles medidas específicas para gobiernos y organizaciones internacionales:

- Proporcionar asesoramiento sobre las mejores prácticas en materia de marcos políticos, regulatorios y jurídicos a fin de optimizar el entorno propicio para los ecosistemas de innovación, maximizar los resultados positivos previstos, minimizar las compensaciones y establecer salvaguardias cuando existan riesgos importantes.
- Adoptar prácticas en materia de políticas y reglamentación que sean adecuadas desde el punto de vista sociocultural, basadas en datos comprobados y en las mejores prácticas, que apoyen el desarrollo de una innovación receptiva e inclusiva en el sector forestal, garantizando al mismo tiempo que se establezcan salvaguardias para minimizar las disparidades y la distribución desigual de los beneficios.

### Liberar el poder de la innovación

Miles de millones de personas ya tienen interés en los bosques y los árboles debido a los beneficios que aportan, desde la provisión de productos de madera y PFNM y servicios ecosistémicos como la regulación del clima y la provisión de hábitats, hasta su papel positivo en la salud y el bienestar humanos. Los datos comprobados sugieren que el mundo está al borde de grandes cambios ambientales, con las consiguientes implicaciones, posiblemente muy negativas, para la pobreza, el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición. Se necesitan rápidamente soluciones a gran escala, y los bosques y los árboles tienen un claro papel que desempeñar mediante la conservación, la restauración y la utilización sostenible. Para aprovechar el potencial de los bosques y los árboles, es necesario hacer hincapié en el poder de las innovaciones responsables e inclusivas, así como invertir en ellas.

Las medidas facilitadoras enumeradas anteriormente ofrecen un punto de partida para trabajar con el fin de minimizar las barreras para las innovaciones responsables e inclusivas y maximizar sus repercusiones positivas. Están elaboradas de manera que se refuerzan mutuamente y no están destinadas a aplicarse de forma aislada. Por ejemplo, el desarrollo de competencias y conocimientos depende de los recursos financieros y de políticas específicas, que, a su vez, pueden fomentar una colaboración

que conduzca a un cambio cultural hacia una mejor apreciación de la innovación responsable e inclusiva.

Las oportunidades para la innovación en el sector forestal son enormes, con interesantes perspectivas de mejora en los cinco tipos de innovación. Es necesario seguir investigando para disponer de una base empírica que permita aumentar los conocimientos sobre las repercusiones y las prioridades de la innovación en el sector forestal.

La adopción de cualquier innovación en el sector forestal debe ir acompañada de un seguimiento y una evaluación sólidos y de una gestión adaptativa basada en el aprendizaje. Las nuevas tecnologías y los avances de las ciencias del

comportamiento aumentan las opciones para comprender las repercusiones de la innovación.

Aprovechar el potencial de innovación en el sector forestal requiere salvaguardias para garantizar que esta se adopte de manera responsable e inclusiva. En última instancia, esto significará que se adopta la innovación adecuada en el lugar adecuado y por las razones adecuadas. Las innovaciones deben reflejar y tener en cuenta las necesidades, aspiraciones y circunstancias únicas de los usuarios finales y otros beneficiarios. Liberar el poder de la innovación ofrece un medio para avanzar más rápidamente en la consecución de nuestros objetivos forestales colectivos y fomentar un futuro más sostenible. ■

# GLOSARIO

Las definiciones siguientes se presentan para comodidad del lector y no constituyen necesariamente definiciones oficiales de la FAO.

**Agroforestería.** Término que designa, de forma colectiva, sistemas de ordenación territorial en los que se integran deliberadamente plantas leñosas perennes, espacial o temporalmente, en la misma unidad de gestión de la tierra, con cultivos agrícolas o animales para crear beneficios económicos, sociales y ambientales<sup>271</sup>. Los tres principales tipos de sistemas agroforestales son los siguientes: 1) agrosilvícolas (árboles combinados con cultivos); 2) silvopastoriles (árboles combinados con animales, incluida la acuiforestería, esto es, árboles con peces), y 3) agrosilvopastoriles (árboles, animales y cultivos).

**Ampliación.** Consiste en extender, reproducir, adaptar y mantener políticas, programas o proyectos exitosos en el espacio geográfico y a lo largo del tiempo para llegar a un mayor número de personas. En el campo de la innovación, se aplica tanto a la creación de nuevos productos, procesos y formas de organización como a la adopción generalizada de innovaciones existentes en nuevos contextos.

**Aptitudes interpersonales.** Capacidades de las personas para comunicarse eficazmente entre sí y trabajar bien juntas.

**Aumento neto/pérdida de bosques/sin cambios.** El “cambio neto en el área de bosque” es la diferencia en la superficie forestal entre dos años de referencia de la FRA. Puede ser positivo (aumento), negativo (pérdida) o nulo (sin cambios)<sup>15</sup>.

**Bioeconomía.** Producción, uso, conservación y regeneración de los recursos biológicos, con inclusión de los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación conexos, para proporcionar soluciones sostenibles (información,

productos, procesos y servicios) en todos los sectores económicos y facilitar la transformación hacia una economía sostenible.

**Bosque.** Tierras que se extienden por más de 0,5 ha dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cobertura de copa superior al 10 %, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano<sup>15</sup>.

**Ciencia transdisciplinaria.** Metodología que trata temas transversales o que trascienden las disciplinas, a través de un marco global y holístico. En este contexto, la ciencia transdisciplinaria abarca distintas disciplinas e investigaciones interdisciplinarias, pero también debe incorporar la colaboración entre científicos profesionales y diversos interesados no académicos, ya sean individuos o instituciones, a fin de recabar su comprensión de un problema y sus conocimientos específicos y, a la vez, contribuir a ellos. La transdisciplinariedad implica una interacción en todas las fases de la labor científica<sup>279</sup>.

**Deforestación.** Conversión de los bosques a otro uso de la tierra, ya sea inducido por humanos o no<sup>15</sup>.

**Degradación forestal.** Reducción a largo plazo de la generación global de beneficios derivados de los bosques, entre los que se incluyen la madera, la biodiversidad y otros productos y servicios. En el informe FRA, se pide a los países que proporcionen la definición de degradación forestal que utilizan al evaluar el alcance y la gravedad de la degradación forestal<sup>18</sup>.

**Ecosistema de innovación.** Un ecosistema de innovación proporciona el entorno económico e institucional general necesario para que se genere la innovación<sup>68, 276</sup>. Está determinado por una serie de factores económicos, sociales, ambientales y de otro tipo. Dentro del ecosistema, una red de actores diversos interactúa entre sí

y con artefactos (como productos, servicios y herramientas tecnológicas) de formas complejas que, en última instancia, desencadenan la creación de innovaciones u ofrecen las condiciones propicias para que una innovación pueda ser adoptada.

**Expansión del bosque.** Expansión del bosque en tierras que, hasta ese momento, estaban dedicadas a otro uso, lo que implica una transformación en el uso de la tierra (de uno distinto, cualquiera que sea, a bosque)<sup>15</sup>.

**Innovación agrícola.** Proceso por el que las personas u organizaciones introducen por primera vez en un determinado contexto el uso de productos, procedimientos o formas de organización, nuevos o existentes, con el fin de aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia ante las perturbaciones o la sostenibilidad ambiental, favoreciendo así la seguridad alimentaria y la nutrición, el desarrollo económico o la gestión sostenible de los recursos naturales<sup>9</sup>.

**Innovación en el sector forestal.** Proceso por el que productos, procesos o formas de organización nuevos o existentes, pertinentes para el sector forestal, se ponen en uso por primera vez en un contexto específico para aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia frente a las perturbaciones y la sostenibilidad ambiental. En la presente publicación, se identifican cinco tipos de innovación: tecnológica, social, en materia de políticas, institucional y financiera. Las innovaciones del sector forestal pueden ayudar a lograr progresos a lo largo de las tres vías forestales, es decir, pueden permitir una mayor conservación, restauración y utilización sostenible de los recursos forestales mundiales.

**Innovar.** Hacer algo nuevo y diferente, ya sea solucionar un viejo problema de otra manera, abordar un problema nuevo con una solución probada u ofrecer una solución nueva a un problema nuevo. En el contexto de los sistemas

agroalimentarios, “innovar” se refiere al proceso por el cual las personas, las comunidades o las organizaciones generan cambios en la elaboración, la producción o el reciclaje de bienes y servicios, así como cambios en el entorno institucional próximo, que se consideran una novedad en sus contextos y fomentan la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Asimismo, se emplea como sustantivo (“innovación”) para hacer referencia a los cambios que genera dicho proceso. La innovación comprende cambios en las prácticas, las normas, los mercados y los mecanismos institucionales, lo que puede fomentar nuevas redes de producción, elaboración, distribución y consumo de alimentos que, a su vez, pueden llegar a cuestionar el *statu quo*<sup>9</sup>.

**Madera laminada cruzada.** Producto prefabricado de madera de avanzada formado por al menos tres capas de madera aserrada maciza o madera compuesta estructural en la que las capas adyacentes están orientadas transversalmente y unidas con adhesivo estructural para formar un elemento de madera sólido. Los tableros se prefabrican en función del diseño del proyecto<sup>272</sup>.

**Materia prima de origen agrícola.** Término utilizado generalmente para referirse a productos básicos como el café, el cacao, el azúcar, la soja y la palma aceitera que se cultivan en lugar de extraerse de minas.

**Otras tierras boscosas.** Tierra no definida como “bosque” que se extiende por más de 0,5 ha; con árboles de una altura superior a 5 m y una cobertura de copa del 5 % al 10 %, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*; o con una cubierta mixta de arbustos, matorrales y árboles superior a 10 %. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano<sup>15</sup>.

### **Otras tierras con cubierta de árboles.**

Tierras clasificadas como “superficie terrestre restante”, que abarcan más de 0,5 ha con una cobertura de copa de más del 10 % de árboles que pueden alcanzar una altura de 5 m en su madurez (por ejemplo, huertos y sistemas agroforestales)<sup>15</sup>.

**Productos forestales no madereros.** Bienes de origen biológico distintos de la madera derivados de los bosques, de otras tierras boscosas y de los árboles fuera de los bosques<sup>277</sup>.

**Productos forestales no maderables.** Todos los PFNM más determinados materiales leñosos como combustible de madera y objetos de madera pequeños.

**Pequeños productores.** Pequeños agricultores, pastores, guardabosques y pescadores que gestionan zonas que oscilan entre menos de 1 ha y 10 ha. Se caracterizan por tener motivaciones centradas en la familia, como favorecer la estabilidad del sistema del hogar agrícola, utilizar principalmente mano de obra familiar para la producción y destinar parte de la producción al consumo familiar<sup>278</sup>.

### **Restauración de bosques y paisajes.**

Proceso planificado cuyo objetivo es recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en territorios deforestados o degradados. No pretende recrear ecosistemas anteriores dada la incertidumbre en cuanto al pasado, las condiciones considerablemente alteradas del presente y el cambio futuro, previsto pero incierto, sino restaurar los ecosistemas boscosos para que sean autosuficientes y reporten beneficios tanto para las personas como para la biodiversidad. De ahí la importancia particular del paisaje, ya que brinda la oportunidad de establecer un equilibrio entre las prioridades económicas, sociales y ambientales<sup>273</sup>. Por lo general, la restauración de bosques y paisajes busca mejorar la resiliencia, la productividad y

el valor socioeconómico de los bosques y paisajes restaurados, con beneficios para el bienestar humano, los medios de vida locales y el medio ambiente. Su objetivo es lograr un equilibrio entre la restauración de los servicios ecosistémicos (por ejemplo, la biodiversidad y la conservación del suelo y el agua) y las funciones productivas de la tierra para la agricultura y usos relacionados que proporcionan alimentos, energía y otros productos y servicios para medios de vida sostenibles.

**Sector forestal.** Amplia gama de actividades relacionadas con la gestión forestal sostenible, el suministro y la producción de madera y otros productos forestales madereros y no madereros, la protección de los ecosistemas forestales y la biodiversidad, y la salvaguardia de los beneficios de los bosques<sup>14</sup>. Por lo tanto, abarca todas las actividades relacionadas con los bosques, así como la agroforestería, y diversas partes interesadas, como gobiernos, organizaciones de la sociedad civil, el sector privado, los Pueblos Indígenas, las comunidades vulnerables y marginadas, la juventud y las mujeres.

**Servicios ecosistémicos forestales.** Beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas forestales. Entre ellos se encuentran los servicios de abastecimiento (de alimentos, agua, madera y fibra, entre otros); los servicios reguladores que afectan al clima, las inundaciones, las enfermedades, los desechos y la calidad del agua; los servicios culturales que proporcionan beneficios recreativos, estéticos y espirituales; y los servicios de apoyo, como la formación de suelos, la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes<sup>274</sup>. Los servicios ecosistémicos forestales son los servicios derivados de los bosques, como, por ejemplo, la producción de bienes ecosistémicos, la provisión de hábitats para las especies silvestres, la regulación del clima y el agua, la formación y conservación de los suelos, la generación y el mantenimiento de

la biodiversidad, la polinización, el control de plagas, la diseminación de semillas, los valores culturales y la belleza estética<sup>275</sup>.

**Vía forestal.** Enfoque de desarrollo que incluye a los bosques. En el SOFO 2022 se han determinado las tres vías forestales siguientes<sup>4</sup>: 1) detener la deforestación y la degradación forestal como elemento esencial para revertir los factores del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación de la tierra y la aparición de enfermedades zoonóticas (“detener la deforestación y conservar los bosques” o también “detener la deforestación”); 2) restaurar

los bosques y territorios degradados y plantar más árboles en las zonas agrícolas como práctica rentable para mejorar los activos naturales y producir beneficios económicos, sociales y ambientales (“restaurar las tierras degradadas y ampliar la agroforestería” o también “restaurar”), y 3) fomentar la utilización sostenible de los bosques y la creación de cadenas de valor verdes a fin de ayudar a responder a la demanda futura de materiales y servicios ecosistémicos y respaldar economías circulares más verdes, especialmente a escala local (“utilizar los bosques de manera sostenible y crear cadenas de valor verdes” o también “utilizar de manera sostenible”).

# NOTAS

1. **IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).** 2023. *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Equipo principal de redacción: H. Lee y J. Romero (coords.). Ginebra (Suiza), IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
2. **IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas).** 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services.* Bonn (Alemania). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3553579>
3. **Seymour, F., Wolosin, M. y Gray, E.** 2022. *Not Just Carbon: Capturing All the Benefits of Forests for Stabilizing the Climate from Local to Global Scales.* Washington, D. C., Instituto de Recursos Mundiales. <https://doi.org/10.46830/wriprt.19.00004>
4. **Vié, J.C., Hilton-Taylor, C. y Stuart, S.N. (coords.).** 2009. *Wildlife in a Changing World – An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species.* Gland (Suiza), UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/RL-2009-001.pdf>
5. **FAO.** 2022. *El estado de los bosques del mundo 2022: Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles.* Roma. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
6. **Libert-Amico, A., Duchelle, A.E., Cobb, A., Peccoud, V. y Djoudi, H.** 2022. *Adaptación basada en los bosques: adaptación transformadora a través de los bosques y los árboles.* Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2886es>
7. **FAO.** 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture.* J. Bélanger y D. Pilling (coords.). Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. Roma. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
8. **Ickowitz, A., McMullin, S., Rosenstock, T., Dawson, I., Rowland, D., Powell, B., Mausch, K. et al.** 2022. Transforming food systems with trees and forests. *The Lancet Planetary Health*, 6(7): e632-e639. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00091-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00091-2)
9. **FAO.** 2022. *Estrategia de la FAO para la ciencia y la innovación.* Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b2558ce5-e962-47a3-94a5-e7cc577938eb/content>
10. **FAO.** 2021. *Marco estratégico para 2022-2031.* Roma. <https://www.fao.org/3/cb7099es/cb7099es.pdf>
11. **FAO.** 2022. *Informe del 26.º período de sesiones del Comité Forestal.* Roma. <https://www.fao.org/3/nk728es/nk728es.pdf>
12. **FAO.** 2022. *Estrategia de la FAO sobre el cambio climático 2022-2031.* Roma. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc2274es>
13. **FAO.** 2020. *Estrategia de la FAO para la integración de la biodiversidad en los distintos sectores agrícolas.* Roma. <https://doi.org/10.4060/ca7722es>
14. **Lippe, R.S., Schweinle, J., Cui, S., Gurbuzer, Y., Katajamäki, W., Villarreal-Fuentes, M. y Walter, S.** 2022. *Contribution of the forest sector to total employment in national economies – Estimating the number of people employed in the forest sector.* Roma y Ginebra (Suiza), FAO y Organización Internacional del Trabajo. <https://doi.org/10.4060/cc2438en>
15. **FAO.** 2023. *Términos y Definiciones. FRA 2025. Evaluación de los Recursos Forestales.* Documento de Trabajo n.º 194. Roma. <https://www.fao.org/3/cc4691es/cc4691es.pdf>
16. **FAO.** 2022. *FRA 2020 Remote Sensing Survey.* Documento forestal de la FAO n.º 186. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb9970en>
17. **FAO.** 2023. FAOSTAT: Producción y Comercio Forestal. [Consultado el 1 de diciembre de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0.
18. **FAO.** 2020. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Informe principal.* Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
19. **Ministerio de Medio Ambiente y Bosques, República de Indonesia.** 2022. *The State of Indonesia's Forests 2022: Towards FOLU Net Sink 2030.* Yakarta. [https://phl.menlhk.go.id/static/file/publikasi/1664941652-Digital\\_SolFO%202022\\_09.25.22.pdf](https://phl.menlhk.go.id/static/file/publikasi/1664941652-Digital_SolFO%202022_09.25.22.pdf)
20. **Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.** 2023. *Deforestasi Indonesia Tahun 2021-2022.* Yakarta. [https://sigap.menlhk.go.id/sigap-admin/files/download/buku-pemantauan-deforestasi-indonesia-tahun-2021-2022\\_v4-compressed.pdf](https://sigap.menlhk.go.id/sigap-admin/files/download/buku-pemantauan-deforestasi-indonesia-tahun-2021-2022_v4-compressed.pdf)
21. **IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística).** Sin fecha. *IBGE: Legal Amazon.* [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/full-list-geosciences/17927-legal-amazon.html>

22. **Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovaciones, Brasil.** Sin fecha. *TerraBrasilis*. [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=en>
23. **JRC (Centro Común de Investigación, Comisión Europea).** 2023. *EU Observatory on deforestation and forest degradation*. En: *Comisión Europea*. Bélgica. [Consultado el 12 de junio de 2024]. <https://forest-observatory.ec.europa.eu>
24. **FAO.** 2023. *The world's mangroves 2000-2020*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc7044en>
25. **FAO.** 2023. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. En: *FAO*. [Consultado el 2 de marzo de 2024]. <https://fra-data.fao.org/WO/fra2020/home/>
26. **Giglio, L., Randerson, J.T., Van Der Werf, G.R., Kasibhatla, P.S., Collatz, G.J., Morton, D. C. y DeFries, R.S.** 2010. Assessing variability and long-term trends in burned area by merging multiple satellite fire products. *Biogeosciences*, 7(3): 1171-1186. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1171-2010>
27. **Van Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S. y Franceschini, G.** 2015. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352: 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>
28. **GWIS (Sistema Mundial de Información sobre Incendios Forestales).** 2023. *Portal de estadísticas del GWIS*. [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/gwis.statistics/>
29. **Chuvieco, E., Roteta, E., Sali, M., Stroppiana, D., Boettcher, M., Kirches, G., Storm, T. et al.** 2022. Building a small fire database for Sub-Saharan Africa from Sentinel-2 high-resolution images. *Science of The Total Environment*, 845: 157139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157139>
30. **IUFRO (Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal).** 2018. *Global Fire Challenges in a Warming World*. F.-N. Robinne, J. Burns, P. Kant, M.D. Flannigan, M. Kleine, B. de Groot y D.M. Wotton (coords.). Documento ocasional n.º 32. Viena. <https://www.iufro.org/uploads/media/op32.pdf>
31. **Zheng, B., Ciais, P., Chevallier, F., Yang, H., Canadell, J.G., Chen, Y., Van Der Velde, I.R. et al.** 2023. Record-high CO<sub>2</sub> emissions from boreal fires in 2021. *Science*, 379(6635): 912-917. <https://doi.org/10.1126/science.ade0805>
32. **Copernicus.** 2023. Record-breaking wildfires throughout the 2023 boreal wildfire season. En: *Copernicus*. [Consultado el 18 de diciembre de 2023]. <https://atmosphere.copernicus.eu/copernicus-record-breaking-wildfires-throughout-2023-boreal-wildfire-season>
33. **CWFIS (Canadian Wildland Fire Information System).** 2023. *CWFIS Datamart*. [Consultado el 4 de julio de 2024]. <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/datamart>
34. **PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).** 2022. *Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi. [Consultado el 12 de junio de 2024]. <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>
35. **Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M.W., Andrew, R.M., Bakker, D.C.E., Hauck, J., Landshützer, P. et al.** 2023. Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12): 5301-5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
36. **Secretaría de la CIPF (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria).** 2021. *Revisión científica del impacto del cambio climático en las plagas de las plantas*. Roma, FAO en nombre de la Secretaría de la CIPF. <https://doi.org/10.4060/cb4769es>
37. **Liebold, A.M., Brockhoff, E.G. y Nuñez, M.A.** 2017. Biological invasions in forest ecosystems: a global problem requiring international and multidisciplinary integration. *Biological Invasions*, 19(11): 3073-3077. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1547-5>
38. **Gómez, D.F., Sathyapala, S. y Hulcr, J.** 2020. Towards Sustainable Forest Management in Central America: Review of Southern Pine Beetle (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) Outbreaks, Their Causes, and Solutions. *Forests*, 11(2): 173. <https://doi.org/10.3390/f11020173>
39. **FAO.** 2023. *Repercusiones de los desastres en la agricultura y la seguridad alimentaria 2023: Evitar y reducir las pérdidas mediante la inversión en la resiliencia*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc7900es>

## NOTAS

40. **Potter, K., Escanferla, M., Jetton, R. y Man, G.** 2019. Important Insect and Disease Threats to United States Tree Species and Geographic Patterns of Their Potential Impacts. *Forests*, 10(4): 304. <https://doi.org/10.3390/f10040304>
41. **Gitz, V., Linhares-Juvenal, T. y Meybeck, A.** 2023. Optimizing the role of planted forests in the bioeconomy. *Unasylva* 74, 74(254): 11-16. <https://doi.org/10.4060/cc8584en>
42. **EUWID Pulp and Paper.** 2022. Russia issues export ban for logs and wood residues. En: *EUWID Pulp and Paper*, 23 de marzo de 2022. [Consultado el 11 de abril de 2024]. <https://www.euwid-paper.com/news/markets/russia-issues-export-ban-for-logs-and-wood-residues-230322/>
43. **AIE (Agencia Internacional de la Energía).** 2023. *A Vision for Clean Cooking Access for All*. [Consultado el 12 de junio de 2024]. París. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/75f59c60-c383-48ea-a3be-943a964232a0/AVisionforCleanCookingAccessforAll.pdf>
44. **Shackleton, C.M. y De Vos, A.** 2022. How many people globally actually use non-timber forest products? *Forest Policy and Economics*, 135: 102659. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102659>
45. **IPBES.** 2022. *Thematic assessment of the sustainable use of wild species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. J.M. Fromentin, M.R. Emery, J. Donaldson, M.C. Danner, A. Hallosserie y D. Kieling (coords.). Bonn (Alemania), Secretaría de la IPBES. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8199039>
46. **FAO.** 2023. *La situación de las mujeres en los sistemas agroalimentarios: Panorama general*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc5060es>
47. **Tribal Co-Operative Marketing Development Federation of India Limited.** 2023. Important Minor Forest Produces (MFPs). En: *TRIFED – Tribal*. [Consultado el 27 de noviembre de 2023]. <https://trifed.tribal.gov.in/non/timber/mfp-mfp>
48. **Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P.J. y Mavsar, R.** 2020. Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116: 102175. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102175>
49. **Hall, C., Macdiarmid, J.I., Matthews, R.B., Smith, P., Hubbard, S.F. y Dawson, T.P.** 2019. The relationship between forest cover and diet quality: a case study of rural southern Malawi. *Food Security*, 11(3): 635-650. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00923-0>
50. **El Bizri, H.R., Morcatty, T.Q., Valsecchi, J., Mayor, P., Ribeiro, J.E.S., Vasconcelos Neto, C.F.A., Oliveira, J.S. et al.** 2020. Urban wild meat consumption and trade in central Amazonia. *Conservation Biology*, 34(2): 438-448. <https://doi.org/10.1111/cobi.13420>
51. **Mayor, P., El Bizri, H.R., Morcatty, T.Q., Moya, K., Bendañán, N., Solís, S., Vasconcelos Neto, C.F.A. et al.** 2022. Wild meat trade over the last 45 years in the Peruvian Amazon. *Conservation Biology*, 36(2): e13801. <https://doi.org/10.1111/cobi.13801>
52. **FAO.** 2024. *Review of the state of world fishery resources: inland fisheries*. Circular de Pesca de la FAO n.º 942, revisión 3. Roma, FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1efc1225-d7da-41fc-b710-47244fe22678/content>
53. **Rubegeta, E., Makolo, F., Kamatou, G., Enslin, G., Chaudhary, S., Sandasi, M., Cunningham, A.B. y Viljoen, A.** 2023. The African cherry: A review of the botany, traditional uses, phytochemistry, and biological activities of *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman. *Journal of Ethnopharmacology*, 305: 116004. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.116004>
54. **Nakicenovic, N., Lempert, R.J. y Janetos, A.C.** 2014. A Framework for the Development of New Socio-economic Scenarios for Climate Change Research: Introductory Essay: A Forthcoming Special Issue of Climatic Change. *Climatic Change*, 122(3): 351-361. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0982-2>
55. **Johnston, C.M.T., Guo, J. y Prestemon, J.P.** 2023. RPA forest products market data for U.S. RPA Regions and the world, historical (1990-2015), and projected (2020-2070) using the Forest Resource Outlook Model (FORUM). 2.ª edición. En: *Forest Services Research Data Archive*. <https://doi.org/10.2737/RDS-2022-0073-2>
56. **FAO.** 2022. *Global forest sector outlook 2050: Assessing future demand and sources of timber for a sustainable economy*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc2265en>
57. **FAO.** 2023. *Towards more resilient and diverse planted forests*. Unasylva, 254 (74). Roma. <https://doi.org/10.4060/cc8584en>

58. **Hetemäki, L. y Seppälä, J.** 2022. Planetary Boundaries and the Role of the Forest-Based Sector. En: L. Hetemäki, J. Kangas y H. Peltola (coords.). *Forest Bioeconomy and Climate Change*. Págs. 19-31. Vol. 42. Managing Forest Ecosystems. Cham (Alemania), Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_2)
59. **Hetemäki, L., Palahí, M., Adams, J. y White, L.** 2021. *How to preserve Africa's forests and build a green economy*. 25 de junio de 2021. En: *Foro Económico Mundial*. Cologny (Suiza), Foro Económico Mundial. [Consultado el 12 de junio de 2024]. <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/preserve-africa-forests-green-economy/>
60. **Hetemäki, L., Tegegne, Y.T. y Ochieng, R.M.** 2023. *Outlook for Sustainable Forest Bioeconomy in Gabon, Kenya, Nigeria, South Africa and Tanzania*. Circular Bioeconomy Alliance. [https://circularbioeconomyalliance.org/wp-content/uploads/2023/12/CBA\\_Outlook\\_Sustainable\\_Forest\\_Bioeconomy\\_2023.pdf](https://circularbioeconomyalliance.org/wp-content/uploads/2023/12/CBA_Outlook_Sustainable_Forest_Bioeconomy_2023.pdf)
61. **FAO, OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales) y Naciones Unidas.** 2020. *Forest product conversion factors*. Roma, FAO; OIMT, Yokohama (Japón) y Naciones Unidas (Nueva York). <https://doi.org/10.4060/ca7952en>
62. **Messier, C., Baker, C., Carreiras, J.M.B, Pearson, T.R.H. y Vasconcelos, M.J.** 2022. Warning: Natural and Managed Forests are Losing their Capacity to Mitigate Climate Change. *The Forestry Chronicle*, 98(1): 2-8. <https://doi.org/10.5558/tfc2022-007>
63. **Reich, P.B., Bermúdez, R., Montgomery, R.A., Rich, R.L., Rice, K.E., Hobbie, S.E. y Stefanski, A.** 2022. Even modest climate change may lead to major transitions in boreal forests. *Nature*, 608(7923): 540-545. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05076-3>
64. **Massey, R., Rogers, B.M., Berner, L.T., Cooperdock, S., Mack, M.C., Walker, X.J. y Goetz, S.J.** 2023. Forest composition change and biophysical climate feedbacks across boreal North America. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01851-w>
65. **FAO y CEPE (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa).** 2021. *Forest Sector Outlook Study 2020-2040*. Ginebra (Suiza), CEPE. [https://unece.org/sites/default/files/2022-05/unece-fao-sp-51-main-report-forest-sector-outlook\\_0.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-05/unece-fao-sp-51-main-report-forest-sector-outlook_0.pdf)
66. **Nepal, P., Korhonen, J., Prestemon, J.P. y Cabbage, F.W.** 2019. Projecting global planted forest area developments and the associated impacts on global forest product markets. *Journal of Environmental Management*, 240: 421-430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.126>
67. **Naciones Unidas.** 2019. *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*. Nueva York (EE. UU.), Naciones Unidas. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://sdgs.un.org/publications/future-now-science-achieving-sustainable-development-gsdr-2019-24576>
68. **Granstrand, O. y Holgersson, M.** 2020. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90-91: 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
69. **Paasi, J., Wiman, H. Apilo, T. y Valkokari, K.** 2023. Modeling the dynamics of innovation ecosystems. *International Journal of Innovation Studies*, 7(2): 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.12.002>
70. **Hall, A., Dijkman, J., Taylor, B., Williams, L. y Kelly, J.** 2017. Synopsis: Towards a Framework for Unlocking Transformative Agricultural Innovation. Agri-food Innovation and Impact Discussion Paper Series. Canberra, CSIRO (Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth). En: *KISM Food Security Portal*. [Consultado el 12 de junio de 2024]. <https://www.kismfoodmarkets.org/node/2281>
71. **Đuric, I.** 2020. *Digital technology and agricultural markets. Documento de antecedentes para El estado de los mercados de productos básicos agrícolas (SOCO)*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb0701en>
72. **Kindt, R.** 2023. TreeGOER: A database with globally observed environmental ranges for 48,129 tree species. *Global Change Biology*, 29(22): 6303-6318. <https://doi.org/10.1111/gcb.16914>
73. **Bey, A., Sánchez-Paus Díaz, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J.-F. et al.** 2016. Collect Earth: Land Use and Land Cover Assessment through Augmented Visual Interpretation. *Remote Sensing*, 8(10): 807. <https://doi.org/10.3390/rs8100807>
74. **FAO.** 2023. *SEPAL: Monitoreo de Bosques y Tierras para la Acción Climática*. Roma. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc1803es>

## NOTAS

75. **Tzamtzis, I., Federici, S. y Hanle, L.** 2019. A Methodological Approach for a Consistent and Accurate Land Representation Using the FAO Open Foris Collect Earth Tool for GHG Inventories. *Carbon Management*, 10(4): 437-450. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1634934>
76. **Open Foris.** 2023. Open Foris. En: *Open Foris*. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. <https://openforis.org/>
77. **Open Foris.** 2023. SEPAL. En: *SEPAL*. [Consultado el 27 de noviembre de 2023]. <https://sepal.io/>
78. **FAO.** 2023. Improving reporting on forest degradation emissions, 4 de mayo de 2023. En: *FAO Forestry Newsroom*. [Consultado el 22 de septiembre de 2023]. <https://www.fao.org/forestry/newsroom/news-detail/improving-reporting-on-forest-degradation-emissions/en>
79. **Olofsson, P., Foody, G.M., Stehman, S.V. y Woodcock, C.E.** 2013. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment*, 129: 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.031>
80. **Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E. y Wulder, M.A.** 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
81. **Stehman, S.V.** 2014. Estimating area and map accuracy for stratified random sampling when the strata are different from the map classes. *International Journal of Remote Sensing*, 35(13): 4923-4939. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.930207>
82. **GFOI (Iniciativa mundial de observación de los bosques).** 2020. *Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests*. Roma. [https://redd.unfccc.int/uploads/2\\_77\\_redd\\_20140218\\_mgd\\_report\\_gfoi.pdf](https://redd.unfccc.int/uploads/2_77_redd_20140218_mgd_report_gfoi.pdf)
83. **Achard, F. y House, J.I.** 2015. Reporting carbon losses from tropical deforestation with Pan-tropical biomass maps. *Environmental Research Letters*, 10(10): 101002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/10/101002>
84. **Tyukavina, A., Baccini, A., Hansen, M.C., Potapov, P.V., Stehman, S.V., Houghton, R.A., Krylov, A.M., Turubanova, S. y Goetz, S.J.** 2015. Aboveground carbon loss in natural and managed tropical forests from 2000 to 2012. *Environmental Research Letters*, 10(7): 074002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/074002>
85. **Sandker, M., Carrillo, O., Leng, C., Lee, D., d'Annunzio, R. y Fox, J.** 2021. The Importance of High-Quality Data for REDD+ and Reporting. *Forests*, 12(1): 99. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac031>
86. **Tewkesbury, A.P., Comber, A.J., Tate, N.J., Lamb, A. y Fisher, P.F.** 2015. A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. *Remote Sensing of Environment*, 160: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.006>
87. **FAO.** 2018. *Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Monitoreo de los Bosques para REDD+*. Documento de trabajo sobre monitoreo y evaluación de los recursos forestales nacionales n.º 47. Roma. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CA0525ES>
88. **Sandker, M., Neeff, T., Todd, K., Poultouchidou, A., Córdor-Gólec, R., Felicani-Robles, F., Santos Acuña, L. y Duchelle, A.** 2022. *From reference levels to results: REDD+ reporting by countries – 2022 update*. Documento de trabajo forestal n.º 35. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc2899en>
89. **CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).** 2021. Forest reference emission levels. En: *REDD+ Web Platform*. CMNUCC. [Consultado el 28 de enero de 2022]. <https://redd.unfccc.int/fact-sheets/forest-reference-emission-levels.html>
90. **Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D. et al.** 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160): 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
91. **Melo, J., Baker, T., Nemitz, D., Quegan, S. y Ziv, G.** 2023. Satellite-based global maps are rarely used in forest reference levels submitted to the UNFCCC. *Environmental Research Letters*, 18(3): 034021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acba31>

92. **ART (Architecture for REDD+ Transactions)**. 2021. TREES: The REDD+ Environmental Excellence Standard. En: *ART Architecture for REDD+ Transactions*. [Consultado el 27 de noviembre de 2023]. <https://www.artredd.org/trees/>
93. **Ojanen, M., Brockhaus, M., Korhonen-Kurki, K. y Petrokofsky, G.** 2021. Navigating the science-policy interface: Forest researcher perspectives. *Environmental Science & Policy*, 118: 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.01.002>
94. **Martin, P., Teles Da Silva, S., Duarte Dos Santos, M. y Dutra, C.** 2022. Governance and metagovernance systems for the Amazon. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 31(1): 126-139. <https://doi.org/10.1111/reel.12425>
95. **Congo Basin Forest Partnership**. 2023. *Congo Basin Forest Partnership*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://pfbc-cbfp.org/home.html>
96. **Rantala, S., Swallow, B., Paloniemi, R. y Raitanen, E.** 2020. Governance of forests and governance of forest information: Interlinkages in the age of open and digital data. *Forest Policy and Economics*, 113: 102123. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102123>
97. **Arts, B., Heukels, B. y Turnhout, E.** 2021. Tracing timber legality in practice: The case of Ghana and the EU. *Forest Policy and Economics*, 130: 102532. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102532>
98. **Google**. 2022. Google Earth Engine. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://earthengine.google.com>
99. **González, L., Montes, G., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K. y Gaston, K.** 2016. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Artificial Intelligence Revolutionizing Wildlife Monitoring and Conservation. *Sensors*, 16(1): 97. <https://doi.org/10.3390/s16010097>
100. **Rožman, M., Oreški, D. y Tominc, P.** 2023. Artificial-Intelligence-Supported Reduction of Employees' Workload to Increase the Company's Performance in Today's VUCA Environment. *Sustainability*, 15(6): 5019. <https://doi.org/10.3390/su15065019>
101. **Comisión Europea**. 2023. Frequently Asked Questions - Deforestation Regulation. En: *European Commission*. Bruselas. [Consultado el 9 de octubre de 2023]. [https://environment.ec.europa.eu/publications/frequently-asked-questions-deforestation-regulation\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/frequently-asked-questions-deforestation-regulation_en)
102. **Verkerk, P.J., Hasegawa, M., Van Brusselen, J., Cramm, M., Chen, X., Maximo, Y.I., Koç, M., Lovrić, M. y Tegegne, Y.T.** 2022. *Forest products in the global bioeconomy – Enabling substitution by wood-based products and contributing to the Sustainable Development Goals*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7274en>
103. **Teacă, C.-A., Roșu, D., Mustăță, F., Rusu, T., Roșu, L., Roșca, I. y Varganici, C.-D.** 2019. Natural bio-based products for wood coating and protection against degradation: A Review. *BioResources*, 14(2): 4873-4901. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.Teaca>
104. **Jones, D. y Sandberg, D.** 2020. A Review of Wood Modification Globally – Updated Findings from COST FP1407. *Interdisciplinary Perspectives on the Built Environment*, 1. <https://doi.org/10.37947/ipbe.2020.vol1.1>
105. **Mayes, D., Burton, P., Black, G. y Lake, J.** 2023. *Next generation Mass Timber from fast rotation pulp logs utilizing Lignor CLST® strand technology*. International Panel Products Conference, Llandudno (Gales), octubre de 2023.
106. **Ronquillo, G., Hopkin, D. y Spearpoint, M.** 2021. Review of large-scale fire tests on cross-laminated timber. *Journal of Fire Sciences*, 39(5): 327-369. <https://doi.org/10.1177/073490412111034460>
107. **Amidon, T.E., Bujanovic, B., Liu, S. y Howard, J.R.** 2011. Commercializing Biorefinery Technology: A Case for the Multi-Product Pathway to a Viable Biorefinery. *Forests*, 2(4): 929-947. <https://doi.org/10.3390/f2040929>
108. **Kallio, A.M.I.** 2021. Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 123: 102364. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102364>
109. **FAO**. 2023. FAOSTAT: Producción y Comercio Forestal. [Consultado el 1 de diciembre de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FO>. Licencia: CC-BY-4.0.

## NOTAS

110. **Northvolt**. 2022. Stora Enso and Northvolt partner to develop wood-based battery. En: *Northvolt*. [Consultado el 16 de noviembre de 2023]. <https://northvolt.com/articles/stora-enso-and-northvolt/>
111. **Ani, P.C., Nzereogu, P.U., Agbogu, A.C., Ezema, F.I. y Nwanya, A.C.** 2022. Cellulose from waste materials for electrochemical energy storage applications: A review. *Applied Surface Science Advances*, 11: 100298. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100298>
112. **Bergamasco, S., Tamantini, S., Zikeli, F., Vinciguerra, V., Scarascia Mugnozza, G. y Romagnoli, M.** 2022. Synthesis and Characterizations of Eco-Friendly Organosolv Lignin-Based Polyurethane Coating Films for the Coating Industry. *Polymers*, 14(3): 416. <https://doi.org/10.3390/polym14030416>
113. **Henn, K.A., Forsman, N., Zou, T. y Österberg, M.** 2021. Colloidal Lignin Particles and Epoxies for Bio-Based, Durable, and Multiresistant Nanostructured Coatings. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 13(29): 34793-34806. <https://doi.org/10.1021/acsami.1c06087>
114. **Stora Enso**. 2023. Neoligno®: A bio-based binder for building materials. Enso. En: *StoraEnso*. [Consultado el 29 de noviembre de 2023]. <https://www.storaenso.com/en/products/bio-based-materials/neoligno-by-stora-enso>
115. **Ebrahimian, F. y Mohammadi, A.** 2023. Assessing the environmental footprints and material flow of 2,3-butanediol production in a wood-based biorefinery. *Bioresource Technology*, 387: 129642. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129642>
116. **Baydoun, S., Hani, N., Nasser, H., Ulian, T. y Arnold-Apostolides, N.** 2023. Wild leafy vegetables: A potential source for a traditional Mediterranean food from Lebanon. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6: 991979. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.991979>
117. **Burlingame, B., Vogliano, C. y Eme, P.E.** 2019. Leveraging agricultural biodiversity for sustainable diets, highlighting Pacific Small Island Developing States. *Advances in Food Security and Sustainability*. 4:133-173. <https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2019.06.006>
118. **Durazzo, A., Lucarini, M., Zaccardelli, M. y Santini, A.** 2020. Forest, Foods, and Nutrition. *Forests*, 11(11): 1182. <https://doi.org/10.3390/f11111182>
119. **Vinha, A.F., Barreira, J.C.M., Costa, A.S.G. y Oliveira, M.B.P.P.** 2016. A New Age for *Quercus* spp. Fruits: Review on Nutritional and Phytochemical Composition and Related Biological Activities of Acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6): 947-981. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12220>
120. **FAO**. 2021. *Utilisation des glands de chêne dans la préparation du couscous bil ballout à Jijel, Algérie*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb3865fr>
121. **Bilek, M., Cebula, E., Krupa, K., Lorenc, K., Adamowicz, T. y Sosnowski, S.** 2018. New technologies for extending shelf life of birch tree sap. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*, 7(4): 3-8. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-0f77d11b-1088-44e4-a0f3-1e6922401284>
122. **Ludvig, A., Tahvanainen, V., Dickson, A., Evard, C., Kurttila, M., Cosovic, M., Chapman, E., Wilding, M. y Weiss, G.** 2016. The practice of entrepreneurship in the non-wood forest products sector: Support for innovation on private forest land. *Forest Policy and Economics*, 66: 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.02.007>
123. **Trivedi, P., Nguyen, N., Hykkerud, A.L., Häggman, H., Martinussen, I., Jaakola, L. y Karppinen, K.** 2019. Developmental and Environmental Regulation of Cuticular Wax Biosynthesis in Fleshy Fruits. *Frontiers in Plant Science*, 10: 431. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00431>
124. **Walia, K., Kapoor, A. y Farber, J.M.** 2018. Qualitative risk assessment of cricket powder to be used to treat undernutrition in infants and children in Cambodia. *Food Control*, 92: 169-182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.047>
125. **Tanga, C.M., Egonu, J.P., Beesigamukama, D., Niassy, S., Emily, K., Magara, H.J., Omuse, E.R., Subramanian, S. y Ekesi, S.** 2021. Edible insect farming as an emerging and profitable enterprise in East Africa. *Current Opinion in Insect Science*, 48: 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.09.007>
126. **FAO, OIT y Naciones Unidas**. 2023. *Occupational safety and health in the future of forestry work*. Roma, FAO; Ginebra (Suiza), OIT y Nueva York, Naciones Unidas. <https://doi.org/10.4060/cc6723en>

127. **Legg, B., Dorfner, B., Leavengood, S. y Hansen, E.** 2021. Industry 4.0 Implementation in US Primary Wood Products Industry. *Drvna industrija*, 72(2): 143-153. <https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2017>
128. **Landscheidt, S. y Kans, M.** 2016. *Automation Practices in Wood Product Industries: Lessons learned, current Practices and Future Perspectives*. En: *The 7th Swedish Production Symposium SPS, 25-27 de octubre de 2016*. Lund (Suecia), Lund University, 2016. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-58199>
129. **Roshetko, J., Pingault, N., Quang Tan, N., Meybeck, A., Matta, R. y Gitz, V.** 2022. *Asia-Pacific roadmap for innovative technologies in the forest sector*. Documento de trabajo n.º 15. Roma, FAO y Bogor (Indonesia), Centro para la Investigación Forestal Internacional y Centro Mundial de Agrosilvicultura. <https://doi.org/10.17528/cifor/008515>
130. **El-Kassaby, Y.A. y Lstibůrek, M.** 2009. Breeding without breeding. *Genetics Research*, 91(2): 111-120. <https://doi.org/10.1017/S001667230900007X>
131. **Lstibůrek, M., Schueler, S., El-Kassaby, Y.A., Hodge, G.R., Stejskal, J., Korecký, J., Škorpík, P., Konrad, H. y Geburek, T.** 2020. In Situ Genetic Evaluation of European Larch Across Climatic Regions Using Marker-Based Pedigree Reconstruction. *Frontiers in Genetics*, 11: 28. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00028>
132. **Hohenlohe, P.A., Funk, W.C. y Rajora, O.P.** 2021. Population genomics for wildlife conservation and management. *Molecular Ecology*, 30(1): 62-82. <https://doi.org/10.1111/mec.15720>
133. **Padovezi, A., Secco, L., Adams, C. y Chazdon, R.L.** 2022. Bridging Social Innovation with Forest and Landscape Restoration. *Environmental Policy and Governance*, 32(6): 520-531. <https://doi.org/10.1002/eet.2023>
134. **Nijnik, M., Secco, L., Miller, D. y Melnykovich, M.** 2019. Can social innovation make a difference to forest-dependent communities? *Forest Policy and Economics*, 100: 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.001>
135. **Pascual, U., McElwee, P.D., Diamond, S.E., Ngo, H.T., Bai, X., Cheung, W.W., Lim, M., Steiner, N., Agard, J., Donatti, C.I. y Duarte, C.M.** 2022. Governing for transformative change across the biodiversity-climate-society nexus. *Bioscience*, 72(7): 684-704. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac031>
136. **Crouzeilles, R., Beyer, H.L., Monteiro, L.M., Feltran-Barbieri, R., Pessôa, A.C.M., Barros, F.S.M., Lindenmayer, D.B. et al.** 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*, 13(3): e12709. <https://doi.org/10.1111/conl.12709>
137. **Van Noordwijk, M., Pham, T.T., Leimona, B., Duguma, L.A., Baral, H., Khasanah, N., Dewi, S. y Minang, P.A.** 2022. Carbon footprints, informed consumer decisions and shifts towards responsible agriculture, forestry, and other land uses? *Carbon Footprints*, 1(1): 4. <https://doi.org/10.20517/cf.2022.02>
138. **World Agroforestry.** Sin fecha. SHARED. Transforming Lives and Landscapes with Trees. En: *World Agroforestry* [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://www.worldagroforestry.org/shared>
139. **Andaya, E.** 2016. Cambodia: Mondulkiri forest venture. En: Anna Bolin y Duncan Macqueen (coords.). *Securing the future – Managing risk and building resilience within locally controlled forest businesses*. págs. 19-44. Londres, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIED). <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/13587IIED.pdf>
140. **FAO.** 2018. *Gestión Social y Ambiental (FAO): Pobreza, Reforestación, Energía y Cambio Climático (PROEZA)*. FAO y Gobierno del Paraguay. [https://proeza.stp.gov.py/cms/uploads/Gestion\\_Social\\_y\\_Ambiental\\_Espanol\\_c41830aff2.pdf](https://proeza.stp.gov.py/cms/uploads/Gestion_Social_y_Ambiental_Espanol_c41830aff2.pdf)
141. **Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O., Dietsch, T. et al.** 2014. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change*, 28: 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007>
142. **Rana, P. y Chhatre, A.** 2017. Beyond committees: Hybrid forest governance for equity and sustainability. *Forest Policy and Economics*, 78: 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.007>
143. **Le Coq, J.-F., Froger, G., Pesche, D., Legrand, T. y Saenz, F.** 2015. Understanding the governance of the Payment for Environmental Services Programme in Costa Rica: A policy process perspective. *Ecosystem Services*, 16: 253-265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.003>
144. **Sundstrom, L. y Henry, L.** 2017. Private Forest Governance, Public Policy Impacts: The Forest Stewardship Council in Russia and Brazil. *Forests*, 8(11): 445. <https://doi.org/10.3390/f8110445>

## NOTAS

145. **Mansourian, S., Kleymann, H., Passardi, V., Winter, S., Derkyi, M.A.A., Diederichsen, A., Gabay, M. et al.** 2022. Governments commit to forest restoration, but what does it take to restore forests? *Environmental Conservation*, 49(4): 206-214. <https://doi.org/10.1017/S0376892922000340>
146. **OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y FAO.** 2023. *OECD-FAO Business Handbook on Deforestation and Due Diligence in Agricultural Supply Chains*. París, OCDE. <https://doi.org/10.1787/c0d4bca7-en>
147. **Macqueen, D., Bolin, A., Greijmans, M., Grouwels, S. y Humphries, S.** 2020. Innovations towards prosperity emerging in locally controlled forest business models and prospects for scaling up. *World Development*, 125: 104382. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.004>
148. **Macqueen, D.** 2022. *The Forest and Farm Facility (FFF) approach: delivering climate-resilient landscapes and improved livelihoods*. Londres, IIED. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.iied.org/21186iied>
149. **Usnayo Ramos, R.D. y Fernández, B.** 2023. *Mobilising internal finance within a forest and farm producer organisation: a case study of Alternative Finance for Development (AFID) of El Ceibo*. Londres, IIED. <https://www.iied.org/21506g>
150. **Macqueen, D.** 2019. Vietnamese forest and farm producers work towards more resilient livelihoods and landscapes. En: *IIED*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://www.iied.org/vietnamese-forest-farm-producers-work-towards-more-resilient-livelihoods-landscapes>
151. **FAO.** 2023. *Strengthening coherence between forestry and social protection for sustainable agrifood systems transformation: Framework for analysis and action*. Roma. <https://www.fao.org/3/cc8648en/cc8648en.pdf>
152. **Tata-Cornell Institute.** 2022. *Aggregation Models and Small Farm Commercialization: An Annotated Bibliography of Relevant Literature*. Ithaca (EE. UU). [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://tci.cornell.edu/?publications=aggregation-models-and-small-farm-commercialization-an-annotated-bibliography-of-relevant-literature>
153. **Humphries, S., Holmes, T., Andrade, D.F.C.D., McGrath, D. y Dantas, J.B.** 2020. Searching for win-win forest outcomes: Learning-by-doing, financial viability, and income growth for a community-based forest management cooperative in the Brazilian Amazon. *World Development*, 125: 104336. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.06.005>
154. **Lemenih, M. e Idris, H.** 2015. Ethiopia: Aburo Forest Managing and Utilization Cooperative (Agubela frankincense business group) and Birbirsra Natural Resource Conservation Cooperative (coffee producer group). Non-timber forest product business models in Ethiopia. En: Duncan Macqueen, Anna Bolin y Martin Greijmans (coords.). *Democratising Forest Business: A Compendium of Successful Locally Controlled Forest Business Organizations*. págs. 133-154. Londres, IIED. <https://www.recoftc.org/publications/0000141>
155. **Macqueen, D.** 2016. *Community forest business in Myanmar: Pathway to peace and prosperity?* Londres, IIED. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.2177.9605>
156. **Elias, M., Grosse, A. y Campbell, N.** 2020. Unpacking 'gender' in joint forest management: Lessons from two Indian states. *Geoforum*, 111: 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.02.020>
157. **Pandey, H.P. y Pokhrel, N.P.** 2021. Formation trend analysis and gender inclusion in community forests of Nepal. *Trees, Forests and People*, 5: 100106. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100106>
158. **ForestLink.** 2020. Unlocking the potential of forest guardians. En: *ForestLink*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://forestlink.org/>
159. **Mangrove Alliance.** 2023. Global Mangrove Watch. En: *Global Mangrove Watch*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <http://www.globalmangrovetwatch.org/>
160. **LandMark.** 2022. Global Platform of Indigenous and Community Lands. En: *LandMark*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://www.landmarkmap.org/>
161. **The Rainforest Foundation.** 2020. Mapping for Rights. En: *The Rainforest Foundation*. [Consultado el 15 de noviembre de 2023]. <https://www.mappingforrights.org/>

162. **PNUMA**. 2022. *State of Finance for Nature – Time to act: Doubling investment by 2025 and eliminating nature-negative finance flows*. Nairobi. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41333>
163. **Surayya, T.** 2012. Innovative Financial Instruments and mechanisms for financing forest restoration and mitigating climate change: select cases from India. *European Journal of Sustainable Development*, 1(2): 361. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2012.v1n2p361>
164. **Louman, B., Meybeck, A., Mulder, G., Brady, M., Fremy, L., Savenije, H., Gitz, V. y Trines, E.** 2020. *Innovative finance for sustainable landscapes*. Working Paper 7. Bogor (Indonesia). Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería.
165. **Louman, B., Girolami, E.D., Shames, S., Primo, L.G., Gitz, V., Scherr, S.J., Meybeck, A. y Brady, M.** 2022. Access to Landscape Finance for Small-Scale Producers and Local Communities: A Literature Review. *Land*, 11(9): 1444. <https://doi.org/10.3390/land11091444>
166. **Besacier, C., Garrett, L., Iweins, M. y Shames, S.** 2021. *Local financing mechanisms for forest and landscape restoration: A review of local-level investment mechanisms*. Documento de trabajo forestal n.º 21. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3760en>
167. **Foro Económico Mundial**. 2021. *The Global Risks Report 2021*. Cologny (Suiza). [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.weforum.org/publications/the-global-risks-report-2021/>
168. **Wong, P.C.** 2023. New guidance helps financial institutions grapple with deforestation due diligence. En: *Global Canopy*. [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://globalcanopy.org/insights/insight/new-guidance-helps-financial-institutions-grapple-with-deforestation-due-diligence/>
169. **Supply Chains Solutions Center**. 2019. Soft Commodity Risk Platform (SCRIPT). En: *Supply Chain Solutions Center*. [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://supplychain.edf.org/resources/soft-commodity-risk-platform-script/>
170. **Comisión Europea**. Sin fecha. *EU taxonomy for sustainable activities*. [Consultado el 13 de junio de 2024]. Bruselas. [https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities\\_en](https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en)
171. **Macqueen, D., Benni, N., Boscolo, M. y Zapata, J.** 2018. *Access to finance for forest and farm producer organisations (FFPOs)*. Roma, FAO y Londres, IIED. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.iied.org/13606iied>
172. **Boscolo, M., Dijk, K.V. y Savenije, H.** 2010. Financing Sustainable Small-Scale Forestry: Lessons from Developing National Forest Financing Strategies in Latin America. *Forests*, 1(4): 230-249. <https://doi.org/10.3390/f1040230>
173. **Starfinger, M., Tham, L.T. y Tegegne, Y.T.** 2023. Tree collateral – A finance blind spot for small-scale forestry? A realist synthesis review. *Forest Policy and Economics*, 147: 102886. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102886>
174. **Naciones Unidas**. 2019. *United Nations Innovation Toolkit*. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. <https://un-innovation.tools/architecture/5c7d4c9971338741c09c6c68>
175. **Geels, F.W.** 2004. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. *Research Policy*, 33(6-7): 897-920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
176. **Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R. et al.** 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1(5): 266-272. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>
177. **Unruh, G.C.** 2000. Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12): 817-830. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7)
178. **Naciones Unidas**. 2019. Create Incentives and Opportunities. En: *UN Innovation Toolkit*. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. <https://un-innovation.tools/culture/5c7d4c9971338741c09c6c6d>
179. **Naciones Unidas**. 2019. Life cycle analysis. En: *UN Innovation Toolkit*. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. <https://un-innovation.tools/evaluation/5c7d4c9971338741c09c6c73>
180. **Trendov, N.M., Varas, S. y Zeng, M.** 2019. *Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas*. Documento informativo. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>

## NOTAS

181. **Davis, D.** 2021. Kattera's \$2 Billion Legacy. En: *Architect*. [Consultado el 7 de noviembre de 2023]. [https://www.architectmagazine.com/technology/katerras-2-billion-legacy\\_o](https://www.architectmagazine.com/technology/katerras-2-billion-legacy_o)
182. **Hoeben, A.D., Stern, T. y Lloret, F.** 2023. A Review of Potential Innovation Pathways to Enhance Resilience in Wood-Based Value Chains. *Current Forestry Reports*, 9(5): 301-318. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00191-4>
183. **Furszyfer Del Rio, D.D., Lambe, F., Roe, J., Matin, N., Makuch, K.E. y Osborne, M.** 2020. Do we need better behaved cooks? Reviewing behavioural change strategies for improving the sustainability and effectiveness of cookstove programs. *Energy Research y Social Science*, 70: 101788. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101788>
184. **Khandelwal, M., Hill, M.E., Greenough, P., Anthony, J., Quill, M., Linderman, M. y Udaykumar, H.S.** 2017. Why Have Improved Cook-Stove Initiatives in India Failed? *World Development*, 92: 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.11.006>
185. **Vigolo, V., Sallaku, R. y Testa, F.** 2018. Drivers and Barriers to Clean Cooking: A Systematic Literature Review from a Consumer Behavior Perspective. *Sustainability*, 10(11): 4322. <https://doi.org/10.3390/su10114322>
186. **Höhl, M., Ahimbisibwe, V., Stanturf, J.A., Elsasser, P., Kleine, M. y Bolte, A.** 2020. Forest Landscape Restoration—What Generates Failure and Success? *Forests*, 11(9): 938. <https://doi.org/10.3390/f11090938>
187. **Schweizer, D., Van Kuijk, M. y Ghazoul, J.** 2021. Perceptions from non-governmental actors on forest and landscape restoration, challenges and strategies for successful implementation across Asia, Africa and Latin America. *Journal of Environmental Management*, 286: 112251. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112251>
188. **Delgado, T.S., McCall, M.K. y López-Binquíst, C.** 2016. Recognized but not supported: Assessing the incorporation of non-timber forest products into Mexican forest policy. *Forest Policy and Economics*, 71: 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.07.002>
189. **Samal, R. y Dash, M.** 2023. Ecotourism, biodiversity conservation and livelihoods: Understanding the convergence and divergence. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 11(1): 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.11.001>
190. **McGowan, K. y Antadze, N.** 2023. Recognizing the dark side of sustainability transitions. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 13(2): 344-349. <https://doi.org/10.1007/s13412-023-00813-0>
191. **Mulgan, G.** 2016. Good and bad innovation: what kind of theory and practice do we need to distinguish them?. En: *Nesta*. [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://www.nesta.org.uk/blog/good-and-bad-innovation-what-kind-of-theory-and-practice-do-we-need-to-distinguish-them/>
192. **Akenji, L.** 2014. Consumer scapegoatism and limits to green consumerism. *Journal of Cleaner Production*, 63: 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.022>
193. **Von Schomberg, R.** 2013. A Vision of Responsible Research and Innovation. R. Owen, J. Bessant y M. Heintz (coords.). *Responsible Innovation*. Primera edición, págs. 51-74. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch3>
194. **Hansen, E., Conroy, K., Toppinen, A., Bull, L., Kutnar, A. y Panwar, R.** 2016. Does gender diversity in forest sector companies matter? *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11): 1255-1263. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0040>
195. **Lawrence, D., Coe, M., Walker, W., Verchot, L. y Vandecar, K.** 2022. The Unseen Effects of Deforestation: Biophysical Effects on Climate. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5: 756115. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.756115>
196. **MapBiomás.** 2023. Em 38 anos, o Brasil perdeu 15% de suas florestas naturais. En: *MapBiomás*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://brasil.mapbiomas.org/2023/10/20/em-38-anos-o-brasil-perdeu-15-de-suas-florestas-naturais/>
197. **IBGE.** 2023. Em 2022, Sorriso (MT) manteve a liderança na produção agrícola | Agência de Notícias. En: *Agência de Notícias - IBGE*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37894-em-2022-sorriso-mt-manteve-a-lideranca-na-producao-agricola>
198. **Rattis, L., Brando, P.M., Macedo, M.N., Spera, S.A., Castanho, A.D.A., Marques, E.Q., Costa, N.Q., Silverio, D.V. y Coe, M.T.** 2021. Climatic limit for agriculture in Brazil. *Nature Climate Change*, 11(12): 1098-1104. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01214-3>

199. Barichivich, J., Gloor, E., Peylin, P., Brienen, R.J.W., Schöngart, J., Espinoza, J.C. y Pattanyak, K.C. 2018. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*, 4(9): eaat8785. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat8785>
200. Pinto, E., Braga, L., Stabile, M., Gomes, J., Gabriela Savian, Mastrangelo, J.P., Pereira, D. et al. 2011. Incentivos econômicos para a adequação ambiental dos imóveis rurais dos estados amazônicos - Sumário executivo. *IPAM Amazônia*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. [https://ipam.org.br/bibliotecas/\\_trashed/](https://ipam.org.br/bibliotecas/_trashed/)
201. Fellows, M., Castanho, A., Alencar, A., Andrade, A., Michael Coe, Macedo, M., Pinho, P. et al. 2023. PL 2903 e a tese do Marco Temporal: ameaças aos direitos indígenas e ao clima. En: *IPAM Amazônia*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://ipam.org.br/bibliotecas/pl-2903-e-a-tese-do-marco-temporal-ameacas-aos-direitos-indigenas-e-ao-clima/>
202. May, P.H., Bernasconi, P., Wunder, S. y Lubowski, R. 2015. *Environmental reserve quotas in Brazil's new forest legislation - an ex ante appraisal*. Bogor, Indonesia, CIFOR. <http://www.jstor.org/stable/resrep02238.1>
203. FAO. 2023. Monitoreo forestal nacional: AIM4Forests. En: *FAO*. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. <https://www.fao.org/national-forest-monitoring/projects/aim4forests/es/>
204. FAO y FILAC (Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe). 2021. *Los pueblos indígenas y tribales y la gobernanza de los bosques. Una oportunidad para la acción climática en Latina América y el Caribe*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb2953es>
205. Fa, J.E., Watson, J.E., Leiper, I., Potapov, P., Evans, T.D., Burgess, N.D., Molnár, Z. et al. 2020. Importance of Indigenous Peoples' lands for the conservation of Intact Forest Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(3): 135-140. <https://doi.org/10.1002/fee.2148>
206. Iniciativa de Derechos y Recursos. 2023. *Who owns the world's land? Global state of Indigenous, Afro-descendant, and local community land rights recognition from 2015-2020*. Washington, D. C. <https://doi.org/10.53892/MHZN6595>
207. Garnett, S.T., Burgess, N.D., Fa, J.E., Fernández-Llamazares, Á., Molnár, Z., Robinson, C.J., Watson, J.E.M. et al. 2018. A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability*, 1(7): 369-374. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6>
208. IPBES. 2018. *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. Bonn, Alemania. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3237393>
209. IPCC (coord.). 2023. *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Primera edición. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
210. Udawatta, P.R., Rankoth, L. y Jose, S. 2019. Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability*, 11(10): 2879. <https://doi.org/10.3390/su11102879>
211. Crumpler, K., Abi Khalil, R., Tanganelli, E., Rai, N., Roffredi, L., Meybeck, A., Umulisa, V., Wolf, J. y Bernoux, M. 2021. *2021 (Interim) Global update report: Agriculture, Forestry and Fisheries in the Nationally Determined Contributions*. Medio ambiente y gestión de recursos de trabajo, documento de trabajo n.º 91. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7442en>
212. Rosenstock, T.S., Wilkes, A., Jallo, C., Namoi, N., Bulusu, M., Suber, M., Mboi, D. et al. 2019. Making trees count: Measurement and reporting of agroforestry in UNFCCC national communications of non-Annex I countries. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 284: 106569. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106569>
213. IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (coords.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos de América). <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
214. Ahmad, F., Uddin, M.M., Goparaju, L., Talukdar, N.R. y Rizvi, J. 2021. Agroforestry environment, potentiality and risk in India: a remote sensing and GIS understanding. *Environment, Development and Sustainability*, 23(10): 15183-15203. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01292-5>

## NOTAS

215. **Dev, I., Ram, A., Kumar, N., Singh, R., Kumar, D., Uthappa, A.R., Handa, A.K. y Chaturvedi, O.P.** 2019. *Agroforestry for Climate Resilience and Rural Livelihood*. Scientific Publishers. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.scientificpubonline.com/bookdetail/agroforestry-climate-resilience-rural-livelihood/9789387307063/26>
216. **FAO.** 2023. *Acción Contra la Desertificación*. Roma. <https://www.fao.org/in-action/action-against-desertification/es/>
217. **FAO.** 2023. Policy Support and Governance: Food Insecurity Experience Scale (FIES). En: *FAO*. [Consultado el 4 de diciembre de 2023]. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1236494/>
218. **Sacande, M., Parfondry, M., Cicatiello, C., Scarascia-Mugnozza, G., Garba, A., Olorunfemi, P.S., Diagne, M. y Martucci, A.** 2021. Socio-economic impacts derived from large scale restoration in three Great Green Wall countries. *Journal of Rural Studies*, 87: 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.021>
219. **Sacande, M., Parfondry, M. y Ciatello, C.** 2019. *Restoration in Action Against Desertification*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca6932en>
220. **Speaker, T., O'Donnell, S., Wittemyer, G., Bruyere, B., Loucks, C., Dancer, A., Carter, M. et al.** 2022. A global community-sourced assessment of the state of conservation technology. *Conservation Biology*, 36(3): e13871. <https://doi.org/10.1111/cobi.13871>
221. **Allan, B.M., Nimmo, D.G., Ierodiaconou, D., VanDerWal, J., Koh, L.P. y Ritchie, E.G.** 2018. Futurecasting ecological research: the rise of technoecology. *Ecosphere*, 9(5): e02163. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2163>
222. **Berger-Tal, O. y Lahoz-Monfort, J.J.** 2018. Conservation technology: The next generation. *Conservation Letters*, 11(6): e12458. <https://doi.org/10.1111/cons.12458>
223. **Pimm, S.L., Alibhai, S., Bergl, R., Dehgan, A., Giri, C., Jewell, Z., Joppa, L., Kays, R. y Loarie, S.** 2015. Emerging Technologies to Conserve Biodiversity. *Trends in Ecology y Evolution*, 30(11): 685-696. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.008>
224. **Snaddon, J., Petrokofsky, G., Jepson, P. y Willis, K.J.** 2013. Biodiversity technologies: tools as change agents. *Biology Letters*, 9(1): 20121029. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.1029>
225. **MADER (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Mozambique).** 2021. *Inquérito Agrário Integrado 2020. Marco Estatístico*. Mozambique. [https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2021/06/MADER\\_Inquerito\\_Agrario\\_2020.pdf](https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2021/06/MADER_Inquerito_Agrario_2020.pdf)
226. **Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H. y Clement, J. et al.** Informe del PIR (Panel Internacional de Recursos del PNUMA). 2019. *Global resources outlook 2019 – Natural Resources for the Future We Want*. Nairobi, PNUMA. <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook-2019>
227. **PNUMA.** 2022. *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi, PNUMA. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.UNEP.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
228. **ONU-Hábitat.** Sin fecha. Housing. En: *ONU-Hábitat*. [Consultado el 9 de abril de 2024]. <https://unhabitat.org/topic/housing>
229. **PNUMA y Yale.** 2023. *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. Nairobi, PNUMA. <https://wedocs.UNEP.org/20.500.11822/43293>
230. **Boudreau, C.** 2023. See how Sweden is planning to create a “wooden city” with thousands of homes and offices. En: *Business Insider*, 16 de julio del 2023. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://www.businessinsider.com/stockholm-sweden-wood-city-sustainable-development-photos-2023-7>
231. **FAO.** 2023. Mecanismo para Bosques y Fincas. En: *FAO*. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. <https://www.fao.org/forest-farm-facility/es/>
232. **Coad, L., Fa, J.E., Abernathy, K., Van Vliet, N., Santamaria, C., Wilkie, D., El Bizri, H.R., Ingram, D.J., Cawthorn, D.M. y Nasi, R.** 2019. *Toward a sustainable, participatory and inclusive wild meat sector*. Bogor (Indonesia), Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/007046>
233. **FAO.** 2021. *Technical Brief – what do we mean by community-based sustainable wildlife management?* Roma. <https://www.fao.org/3/cb6486en/cb6486en.pdf>

234. **SWM (Programa de gestión sostenible de la fauna silvestre)**. 2023. Legal hub. En: *SWM Programme*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://www.swm-programme.info/legalhub>
235. **FAO**. 2023. Servicio de Derecho para el Desarrollo. En: *FAO*. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. <https://www.fao.org/legal-services/about/es/>
236. **FAO**. 2023. Grupo de expertos de alto nivel sobre “Una sola salud”. En: *FAO*. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. <https://www.fao.org/one-health/background/ohhlep/es>
237. **CPW (Asociación de colaboración sobre manejo sostenible de la fauna silvestre)**. 2023. Collaborative Partnership on Sustainable Wildlife Management: Policy Support and Governance. En: *FAO*. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. <https://www.fao.org/policy-support/mechanisms/mechanisms-details/en/c/447467/>
238. **Franzini, F., Toivonen, R. y Toppinen, A.** 2018. Why Not Wood? Benefits and Barriers of Wood as a Multistory Construction Material: Perceptions of Municipal Civil Servants from Finland. *Buildings*, 8(11): 159. <https://doi.org/10.3390/buildings8110159>
239. **SHL (Schmidt Hammer Lassen.)**. 2023. Boston Commonwealth Pier. En: *SHL*. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. <https://www.shl.dk/work/boston-commonwealth-pier>
240. **Bilham, R.** 2009. The seismic future of cities. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 7(4): 839-887. <https://doi.org/10.1007/s10518-009-9147-0>
241. **He, C., Huang, Q., Bai, X., Robinson, D.T., Shi, P., Dou, Y., Zhao, B. et al.** 2021. A Global Analysis of the Relationship Between Urbanization and Fatalities in Earthquake-Prone Areas. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(6): 805-820. <https://doi.org/10.1007/s13753-021-00385-z>
242. **Spherical Insights**. 2023. Global Cross Laminated Timber (CLT) Market Size To Grow USD 5.03 Billion By 2030. En: *Spherical Insights*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://www.sphericalinsights.com/press-release/cross-laminated-timber-clt-market>
243. **Ove Arup & Partners Limited**. 2023. *Buildings y Infrastructure Priority Actions for Sustainability Embodied Carbon Steel Reference: 07762000-RP-SUS-0001. 02*. Londres. [https://www.istructe.org/StructE/media/Public/Resources/ARUP-Embodied-carbon-steel\\_1.pdf](https://www.istructe.org/StructE/media/Public/Resources/ARUP-Embodied-carbon-steel_1.pdf)
244. **Souza, E.** 2021. Is Mass Timber a Good Choice for Seismic Zones? En: *ArchDaily*, 4 de abril de 2023. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.archdaily.com/967285/is-mass-timber-a-good-choice-for-seismic-zones#>
245. **Lehmann, S. y Kremer, P.** 2023. Filling the Knowledge Gaps in Mass Timber Construction. *Mass Timber Construction Journal*, 6(1). [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.journalmtc.com/index.php/mtcj/article/view/34>
246. **Bates, J.** 2023. Earthquake tests could help wooden structures reach new heights. En: *U.S. National Science Foundation*. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. <https://new.nsf.gov/science-matters/earthquake-tests-could-help-wooden-structures>
247. **Sustersic, I. y Dujic, B.** 2014. *Seismic shaking table testing of a reinforced concrete frame with masonry infill strengthened with cross laminated timber panels*. World Conference on Timber Engineering, Quebec (Canadá), agosto de 2014. [Consultado el 13 de junio de 2024]. [http://schd.ws/hosted\\_files/wctc2014/d5/ABS642\\_Sustersic\\_web.pdf](http://schd.ws/hosted_files/wctc2014/d5/ABS642_Sustersic_web.pdf)
248. **Anderson, J.A.** 2022. *A Timber Skyscraper on a concrete midrise*. Woodrise, Portorož (Eslovenia), septiembre de 2022.
249. **Wright, J.** 2022. *The biggest vertical extension in North America*. Woodrise, Portorož (Eslovenia), septiembre de 2022.
250. **FAO**. 2023. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2023: Revelar el verdadero costo de los alimentos para transformar los sistemas agroalimentarios*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7724es>
251. **Lowder, S.K., Sánchez, M.V. y Bertini, R.** 2021. Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142: 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
252. **FAO**. 2019. *Farmers taking the lead – Thirty years of farmer field schools* [video]. En: *FAO*. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1236143/>

## NOTAS

253. **FAO.** 2022. *What have we learned from trees? Three decades of farmer field schools on agroforestry and forestry.* Roma. <https://doi.org/10.4060/cc2258en>
254. **Van Den Berg, H., Phillips, S., Dicke, M. y Fredrix, M.** 2020. Impacts of farmer field schools in the human, social, natural and financial domain: a qualitative review. *Food Security*, 12(6): 1443-1459. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01046-7>
255. **FAO.** 2023. *Enabling "Response-ability": A stocktaking of farmer field schools on smallholder forestry and agroforestry.* Roma. <https://doi.org/10.4060/cc8043en>
256. **FAO.** 2023. *Enabling farmer-led ecosystem restoration: Farmer field schools on forestry and agroforestry.* Roma. <https://doi.org/10.4060/cc6315en>
257. **CARE International (Cooperativa de Asistencia y Auxilio a Cualquier Parte del Mundo).** 2023. Farmer Field and Business Schools (FFBS). En: *CARE International*. [Consultado el 18 de diciembre de 2023]. <https://www.care.org/our-work/food-and-nutrition/agriculture/farmer-field-business-school/>
258. **Colfer, C.J.P., Sijapati Basnett, B. y Elias, M.** 2016. *Gender and Forests: Climate Change, Tenure, Value Chains and Emerging Issues.* CIFOR-ICRAF. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/6077/>
259. **Cooper, K.L.** 2020. *Lead the Change - The Competitive Advantage of Gender Diversity and Inclusion: The Competitive Advantage of Gender Diversity & Inclusion.* Centre for Social Intelligence. [Consultado el 13 de junio de 2024]. <https://books.google.it/books?id=-BOczQEACAAJ>
260. **Pascual, U., Balvanera, P., Anderson, C.B., Chaplin-Kramer, R., Christie, M., González-Jiménez, D., Martin, A. et al.** 2023. Diverse values of nature for sustainability. *Nature*, 620(7975): 813-823. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06406-9>
261. **Irving, K.** 2022. Younger scientists are more innovative, study finds. En: *The Scientist: exploring life, inspiring innovation.* [Consultado el 20 de febrero de 2024]. <https://www.the-scientist.com/news-opinion/younger-scientists-are-more-innovative-study-finds-70700>
262. **Dietershagen, J. y Bammann, H.** 2023. *Opportunities for youth in the bioeconomy.* Estudio técnico de la FAO sobre Economía del Desarrollo Agrícola. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8238en>
263. **FAO.** 2021. *Llamamiento a la acción sobre la educación forestal.* Roma. <https://www.fao.org/3/cb5258es/cb5258es.pdf>
264. **Dean, D.J.** 2023. Soft Skills as a Conscious Choice to Greater Collaboration at Work. En: J. Marques, ed. *The Palgrave Handbook of Fulfillment, Wellness, and Personal Growth at Work.* págs. 19-32. Cham (Alemania), Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35494-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35494-6_2)
265. **Fazey, I., Evely, A.C., Reed, M.S., Stringer, L.C., Kruijssen, J., White, P.C.L., Newsham, A. et al.** 2013. Knowledge exchange: a review and research agenda for environmental management. *Environmental Conservation*, 40(1): 19-36. <https://doi.org/10.1017/S037689291200029X>
266. **DAES (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas).** 2021. *Transformational partnerships and partnership platforms.* Policy Brief 103. Roma, DAES. <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-103-transformational-partnerships-and-partnership-platforms/>
267. **Näyhä, A.** 2019. Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 209: 1294-1306. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.260>
268. **FAO.** 2022. *Presentación de perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios 2022 (ATIO).* Roma. <https://doi.org/10.4060/cc2506es>
269. **Rao, G.N., Williams, J.R., Walsh, M. y Moore, J.** 2017. America's Seed Fund: How the SBIR/STTR Programs Help Enable Catalytic Growth and Technological Advances. *Technology & Innovation*, 18(4): 315-318. <https://doi.org/10.21300/18.4.2017.315>
270. **Cirera, X. y Maloney, W.F.** 2017. *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up.* Washington, D. C.: Banco Mundial. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1160-9>
271. **Mead, D.** 2004. Agroforestry. En: *Forests and forest plants.* Vol. 1. *Encyclopedia of Life Science Systems.* Oxford (Reino Unido), EOLSS Publishers.

272. **American Wood Council.** 2021. What is cross laminated timber (CLT)? En: *American Wood Council*. [Consultado el 22 de febrero de 2024]. <https://awc.org/faq/what-is-cross-laminated-timber-clt/>

273. **Stanturf, J., Mansourian, S. y Kleine, M. (coords.).** 2017. *Implementing forest landscape restoration – A practitioner’s guide*. Viena, Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal. [https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/books/2017/book\\_2017\\_stanturf\\_001.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/books/2017/book_2017_stanturf_001.pdf)

274. **Millenium Ecosystem Assessment (Program) (coord.).** 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D. C., Island Press.

275. **Martínez Pastur, G., Perera, A.H., Peterson, U. e Iverson, L.R.** 2018. Ecosystem Services from Forest Landscapes: An Overview. En: A.H. Perera, U. Peterson, G.M. Pastur y L.R. Iverson, coords. *Ecosystem Services from Forest Landscapes*. págs. 1-10. Cham (Alemania), Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_1)

276. **FAO.** 2014. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2014: La innovación en la agricultura familiar*. Roma. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i4040s>

277. **FAO.** 1999. Towards a harmonized definition of non-wood forest products. *Unasylva*, 50(198): 63-64.

278. **FAO.** 2012. *Agricultores pequeños y familiares*. Roma. <https://www.fao.org/3/ar588e/ar588s.pdf>

279. **UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).** 2017. *Guidelines on sustainability science in research and education*. París. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260600e>



# 2024 EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO

## INNOVACIONES EN EL SECTOR FORESTAL PARA LOGRAR UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE

La innovación es fundamental para cumplir la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. También es un importante acelerador para lograr la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles, y para alcanzar objetivos mundiales como la erradicación del hambre y la pobreza, y la ordenación y el uso sostenibles de los recursos naturales.

Pero la innovación no surge en el vacío. Entre otros factores, requiere políticas facilitadoras, asociaciones fuertes y transformadoras, inversión, una cultura inclusiva que esté abierta a nuevas ideas y las fomente, y la voluntad de asumir riesgos calculados.

En esta edición del informe *El estado de los bosques del mundo* (SOFO) se presentan los aspectos más destacados del estado de los bosques del mundo y se explora el poder transformador de la innovación basada en datos comprobados en el sector forestal, que va desde nuevas tecnologías hasta políticas y cambios institucionales creativos y de éxito, así como nuevas formas de obtener financiación para los propietarios de bosques y los responsables de la gestión forestal. A través de 18 estudios de casos de todo el mundo, se ofrece una perspectiva de la amplia variedad de innovaciones tecnológicas, sociales, en materia de políticas, institucionales y financieras —y de combinaciones de ellas— en el sector forestal que se están probando y aplicando en condiciones reales. En el SOFO 2024 se señalan los obstáculos para la innovación, así como los facilitadores que la impulsan, y se enumeran cinco medidas destinadas a empoderar a las personas de manera que apliquen su creatividad en el sector forestal con el fin de resolver problemas y ampliar las repercusiones positivas de la innovación.



ISBN 978-92-5-138875-4 ISSN 1020-5721



CD1211ES/1/07.24