



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

2016

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

**CAMBIO CLIMÁTICO,
AGRICULTURA Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA**

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en 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, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. 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.

ISBN 978-92-5-309374-8

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

© FAO 2016

FOTO DE PORTADA ©FAO/D. Hayduk

KIROKA, REPÚBLICA UNIDA DE TANZANIA

El trabajo manual de deshojar los arrozales forma parte del método del Sistema de Intensificación del Arroz, un proyecto de **agricultura climáticamente inteligente**.

2016
**EL ESTADO
MUNDIAL DE
LA AGRICULTURA Y
LA ALIMENTACION**

**CAMBIO CLIMÁTICO,
AGRICULTURA Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA**

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Roma, 2016

ÍNDICE

PRÓLOGO
AGRADECIMIENTOS
ABREVIATURAS
RESUMEN

CAPÍTULO 1: HAMBRE, POBREZA Y CAMBIO CLIMÁTICO: LOS DESAFÍOS DE HOY Y DEL MAÑANA

Mensajes clave
Interacciones complejas y vínculos indisolubles
La urgencia de una acción mundial concertada en este momento
Función y responsabilidad especiales de la agricultura
Estructura de este informe

CAPÍTULO 2: CLIMA, AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: ESTUDIO DETALLADO DE SUS CONEXIONES

Mensajes clave
Efectos en cascada del clima a las personas
Repercusiones en la agricultura
Efectos en los ingresos y los medios de vida
Más millones en riesgo de padecer hambre
La función de los sectores agrícolas en el cambio climático
Conclusiones

CAPÍTULO 3: LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA EN PEQUEÑA ESCALA

Mensajes clave
Reflexionar sobre cómo salir de la pobreza
Principales vulnerabilidades ante los riesgos derivados del cambio climático
Hacia la resiliencia de los sistemas de producción y los medios de vida
¿Cuánto costará la adaptación?
Gestión de la transición a sistemas en pequeña escala climáticamente inteligentes
Conclusiones

CAPÍTULO 4: LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Mensajes clave
Las posibilidades técnicas para la mitigación con adaptación

v
viii
x
xi

1
3
4
11

14
18

21
23
24
26
34
39
45
47

49
51
52
53

56
71

72
75

77
79

82

Beneficios conjuntos de la mitigación y adaptación que mejoran la seguridad alimentaria **86**
Costos, incentivos y obstáculos de la mitigación **94**
Una perspectiva basada en los sistemas alimentarios: reducir al mínimo las pérdidas y el desperdicio, favorecer dietas sostenibles **96**
Conclusiones **99**

CAPÍTULO 5: EL CAMINO A SEGUIR: REAJUSTE DE LAS POLÍTICAS, CREACIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL

Mensajes clave **101**
La agricultura es ahora fundamental para las "contribuciones previstas" **103**
De las intenciones a la acción: la agricultura en las estrategias de cambio climático **104**
Enfoques integrados que armonizan el clima y los objetivos de desarrollo **107**
Reforzar la cooperación regional e internacional **108**
Conclusiones **114**
117

CAPÍTULO 6: LA FINANCIACIÓN DE LAS MEDIDAS FUTURAS

Mensajes clave **119**
Financiación para el clima destinada a la agricultura **121**
Llegar lejos con muy poco: uso estratégico de la financiación para el clima **122**
Conclusiones **130**
135
Anexo: Datos sobre financiación pública internacional para el clima destinada a la agricultura, la actividad forestal y la pesca **136**

ANEXO ESTADÍSTICO

Notas sobre los cuadros del Anexo **139**
140
Cuadro A.1 – Cambios previstos en el rendimiento de los cultivos debido al cambio climático en todos los lugares del mundo **144**
Cuadro A.2 – Emisiones y absorciones netas de la agricultura, los bosques y otros usos de la tierra en dióxido de carbono equivalente, 2014 **151**
Cuadro A.3 – Emisiones de la agricultura en dióxido de carbono equivalente por fuente, 2014 **158**

REFERENCIAS **166**

CAPÍTULOS ESPECIALES DE EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN **190**

CUADROS, FIGURAS Y RECUADROS

CUADROS

- 1.** Efectos del clima en el rendimiento de determinados cultivos a nivel mundial y en las zonas tropicales, con un calentamiento de 1,5 °C y 2 °C por encima de los niveles preindustriales a lo largo del siglo XXI **12**
- 2.** Algunas repercusiones posibles del cambio climático, por regiones **28**
- 3.** Número de personas que viven en condiciones de pobreza extrema en 2030 con y sin cambio climático, en diferentes situaciones climáticas y socioeconómicas **37**
- 4.** Cambios en los ingresos agrícolas asociados con el aumento de las temperaturas en determinadas zonas de América Latina **37**
- 5.** Emisiones y absorción de los principales gases de efecto invernadero por todos los sectores y por la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra (ASOUT) en 2010 **43**
- 6.** Tres fuentes principales de las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura en 2014, por regiones **45**
- 7.** Efecto de las perturbaciones climáticas en la producción y la productividad de la agricultura **53**

- 8.** Efectos en los rendimientos de los cultivos bajo diferentes efectos climáticos en Zambia **59**
- 9.** Diferencias en el uso de nitrógeno en la agricultura en pequeña escala en Asia oriental y África subsahariana **59**
- 10.** Costos de oportunidad de la aplicación del manejo mejorado del pastoreo, provincia de Qinghai (China) **71**
- 11.** Potencial de mitigación de las emisiones anuales de N₂O en cinco marcos hipotéticos de prácticas mejoradas, en 2030 y 2050 (efectos acumulativos) **85**
- 12.** Ejemplos de prácticas agrícolas que pueden reducir las existencias de carbono del suelo **91**

FIGURAS

- 1.** Efectos del cambio climático sobre los rendimientos de los cereales de las diferentes regiones en 2050 **7**
- 2.** Cuotas de emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores económicos en 2010 **7**
- 3.** Vías de repercusión: del cambio climático a la seguridad alimentaria **25**
- 4.** Cambios previstos en los rendimientos de los cultivos en todo el mundo en razón del cambio climático **30**

- 5.** Cambios previstos en los rendimientos de los cultivos en las regiones en desarrollo en razón del cambio climático **31**
- 6.** Cambios previstos en los rendimientos de los cultivos en las regiones desarrolladas en razón del cambio climático **31**
- 7.** Repercusiones del cambio climático sobre el rendimiento, la superficie, la producción, los precios y el comercio de los cultivos en 2050 a nivel mundial **40**
- 8.** Efectos del cambio climático en la población expuesta al riesgo de padecer hambre en 2050, por regiones **40**
- 9.** Población en riesgo de padecer hambre, con y sin cambio climático **40**
- 10.** Inseguridad alimentaria y vulnerabilidad al cambio climático: situación actual e hipótesis más pesimista y más optimista **41**
- 11.** Promedio anual de emisiones netas/absorción de sectores ASOUT en CO₂ equivalente **43**
- 12.** Emisiones netas/absorción de sectores ASOUT en CO₂ equivalente en 2014, por regiones **44**
- 13.** Proporción de las emisiones agrícolas en CO₂ equivalente en 2014, por origen y a nivel mundial **44**

PRÓLOGO

Después del histórico Acuerdo de París alcanzado el año pasado y de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que marca un camino hacia un futuro más sostenible, la tarea del año 2016 se centra en poner en práctica los compromisos. El rápido cambio en el clima mundial se está reflejando en fenómenos meteorológicos cada vez más extremos y frecuentes, olas de calor, sequías y subidas del nivel del mar.

Los efectos del cambio climático en la agricultura y las implicaciones correspondientes para la seguridad alimentaria ya son alarmantes y constituyen el objeto de este informe. Una constatación importante del mismo es que existe una necesidad urgente de ayudar a los pequeños agricultores en la adaptación al cambio climático. Los agricultores, pastores, pescadores y silvicultores comunales dependen de actividades que están íntima e indisolublemente ligadas al clima, y estos grupos son también los más vulnerables al cambio climático. Necesitarán mucho mayor acceso a las tecnologías, los mercados, la información y el crédito para la inversión con el fin de ajustar sus sistemas y prácticas de producción al cambio climático.

A menos que se tomen ahora medidas para que la agricultura aumente su sostenibilidad, productividad y resiliencia, los efectos del cambio climático comprometerán seriamente la producción de alimentos en los países y las regiones que ya sufren una gran inseguridad alimentaria. Estos efectos pondrán en peligro los progresos en la consecución de los principales Objetivos de Desarrollo Sostenible de acabar con el hambre y la pobreza para el año 2030; después de 2030,

sus repercusiones cada vez más negativas en la agricultura serán generalizadas y, en algunas zonas, catastróficas.

A través de sus efectos en la agricultura, los medios de vida y la infraestructura, el cambio climático amenaza todas las dimensiones de la seguridad alimentaria. En concreto, expondrá a las zonas urbanas y rurales al aumento y la volatilidad de los precios de los alimentos. También afectará a la disponibilidad de alimentos al reducir la productividad de los cultivos, la ganadería y la pesca, y obstaculizará el acceso a los alimentos al perturbar los medios de vida de millones de habitantes de las zonas rurales que dependen de la agricultura para sus ingresos.

No hay duda de que es necesario afrontar conjuntamente el hambre, la pobreza y el cambio climático. Se trata, desde luego, de un imperativo moral, pues aquellos que actualmente están sufriendo más son quienes menos han contribuido al cambio climático. En el informe se describen maneras de adaptar la producción de los pequeños agricultores al cambio climático y de aumentar la resiliencia de los medios de vida de las poblaciones rurales.

La diversificación y la mejor integración de los sistemas de producción de alimentos en procesos ecológicos complejos crean sinergias con el hábitat natural y no agotan los recursos naturales. La agroecología y la intensificación sostenible son ejemplos de enfoques que mejoran los rendimientos y aumentan la resiliencia a través de prácticas como los abonos verdes, los cultivos de abono verde que fijan el nitrógeno y la gestión sostenible de los suelos, así como la integración con la agroforestería y la producción animal.

Una mayor resiliencia de los sectores de la agricultura e inversiones inteligentes en los agricultores en pequeña escala pueden dar lugar a un cambio transformador y mejorar las perspectivas y los ingresos de los más pobres del mundo, protegiéndolos al mismo tiempo de los efectos del cambio climático. En este informe se pone de manifiesto que los beneficios de la adaptación son superiores por márgenes muy amplios a los costos de la inacción. Para esta transformación hacia una agricultura sostenible y más equitativa, debe mejorar el acceso a los mercados y a un asesoramiento de extensión adecuado, mientras que la inseguridad de la tenencia, los altos costos de transacción y la menor dotación de recursos, especialmente entre las mujeres de las zonas rurales, son obstáculos que será necesario superar.

La diversificación de los medios de vida también puede ayudar a los hogares rurales a gestionar los riesgos climáticos combinando las actividades agrícolas con el trabajo estacional, tanto en la agricultura como en otros sectores. En todos los casos, será necesario que los programas de protección social desempeñen una importante función, ayudando a los pequeños productores a gestionar mejor el riesgo, reduciendo la vulnerabilidad ante la volatilidad de los precios de los alimentos, y mejorando las perspectivas de empleo de las poblaciones rurales que abandonan la tierra.

A fin de mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo del límite máximo crucial de 2 °C, las emisiones tendrán que reducirse hasta un 70 % para 2050. Solo se puede mantener el cambio climático dentro de niveles manejables con

la contribución de los sectores agrícolas. Estos representan actualmente al menos la quinta parte de las emisiones totales, principalmente procedentes de la conversión de bosques en tierras agrícolas, así como de la ganadería y la producción de cultivos. El desafío consiste en reducir las emisiones y satisfacer al mismo tiempo una demanda de alimentos sin precedentes.

Los sectores agrícolas pueden contribuir sustancialmente a equilibrar el ciclo del carbono mundial. Del mismo modo, en el sector forestal, evitar la deforestación, aumentar la superficie forestal y adoptar un manejo con rendimiento sostenido en la producción de madera de construcción puede fijar grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico. Los suelos son fundamentales para la regulación de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. El uso adecuado de la tierra y el manejo de suelos conducen a aumentar y mejorar la calidad y la fertilidad de los suelos y pueden ayudar a mitigar el aumento del CO₂ atmosférico.

Es esencial que los compromisos nacionales (las promesas de los países que constituyen la base del Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático) se concreten en la adopción de medidas. La Conferencia de las Partes que se celebrará en noviembre de 2016 en Marruecos prestará una atención especial a la aplicación del Acuerdo en los sectores agrícolas. En este informe se señalan las estrategias, las oportunidades de financiación y las necesidades de datos e información, y se describen las políticas y las instituciones transformadoras que pueden superar los obstáculos a la aplicación. A medida que los países revisan

y, cabe esperar, potencian sus planes nacionales, el éxito en la realización de sus compromisos -en particular en los sectores agrícolas- será de importancia decisiva para la creación de un círculo virtuoso de mayor ambición.

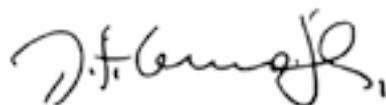
El cambio climático es una piedra angular de la labor emprendida por la FAO. Para prestar asistencia a los Miembros de la Organización, hemos invertido en ámbitos que promueven la seguridad alimentaria conjuntamente con la adaptación al cambio climático y su mitigación. La FAO está ayudando a reorientar los sistemas alimentarios y agrícolas en los países más expuestos a los riesgos climáticos, prestando especial atención al apoyo para los pequeños agricultores.

La FAO trabaja en todos sus ámbitos de especialización en pos de nuevos modelos de agricultura sostenible e inclusiva. A través de la Alianza Mundial por el Suelo, la FAO promueve la inversión para reducir al mínimo la degradación del suelo y restaurar la productividad en las regiones donde las personas son muy vulnerables, estabilizando así las reservas mundiales de materia orgánica del suelo.

Participamos en el Programa mundial para una ganadería sostenible y hemos puesto en marcha un programa para reducir las emisiones entéricas de metano procedentes de los rumiantes utilizando medidas adecuadas para los sistemas agrícolas locales. En el sector pesquero, la Iniciativa sobre el crecimiento azul está integrando la pesca y la gestión ambiental sostenible, en tanto que un programa conjunto con la Unión Europea tiene por objeto proteger los bosques ricos en carbono.

Ofrecemos orientación sobre la inclusión de la diversidad genética en la planificación nacional de la adaptación al cambio climático y hemos aunado nuestras fuerzas con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo para apoyar a los países a medida que incorporan la agricultura en sus planes de adaptación y en sus procesos de presupuestación. La FAO también ayuda a vincular a los países en desarrollo con las fuentes de financiación para el clima.

Es necesario que la comunidad internacional aborde el cambio climático hoy mismo, permitiendo que la agricultura, la actividad forestal y la pesca adopten prácticas respetuosas con el clima. Ello determinará si la humanidad alcanza el éxito en la erradicación del hambre y la pobreza para el año 2030 y en la producción de alimentos para todos. La continuidad de la situación actual no es una opción posible. La agricultura ha sido siempre la interfaz entre los recursos naturales y la actividad humana. Hoy en día posee la clave para resolver los dos mayores desafíos con que se enfrenta la humanidad: la erradicación de la pobreza, y el mantenimiento del corredor climático estable en el que puede prosperar civilización.



José Graziano da Silva
Director General de la FAO

AGRADECIMIENTOS

El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016 ha sido elaborado por personal de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), bajo la dirección de Rob Vos, Director de la División de Economía del Desarrollo Agrícola (ESA), y de Andrea Cattaneo, Economista superior y editor de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Kostas Stamoulis, Subdirector General interino, encargado del Departamento de Desarrollo Económico y Social de la FAO, aportó su orientación. También aportó su orientación María Helena Semedo, Directora General Adjunta y Coordinadora de Recursos Naturales de la FAO, así como el Departamento de Desarrollo Económico y Social. Ofrecieron también contribuciones significativas al informe René Castro Salazar, Director General del Departamento Forestal, y Martin Frick, Director de la División de Clima y Medio Ambiente.

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN Y REDACCIÓN

Jakob Skøt (Jefe de equipo, ESA), Leslie Lipper (ESA), Graeme Thomas (editor consultor), Astrid Agostini (División de Clima y Medio Ambiente), Raffaele Bertini (ESA), Cassandra De Young (Departamento de Pesca y Acuicultura), Sarah Lowder (ESA), Alexandre Meybeck (Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor), Anne Motet (División de Producción y Sanidad Animal), Selvaraju Ramasamy (División de Clima y Medio Ambiente), Simone Rose (Departamento Forestal), Henning Steinfeld (División de Producción y Sanidad Animal).

COLABORADORES

Documentos de antecedentes

Franck Ackermann (Synapse Energy Economics, EE.UU.), Benjamin Bodirsky (Potsdam Institute for Climate Impact Research, Alemania), Óscar Cacho (Universidad de Nueva Inglaterra, Australia), Ángela Cadena Monroy (Universidad de los Andes, Colombia), Alessandro De Pinto (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias), Pierre Gerber (Banco Mundial), Ben Henderson (Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth, Australia), Mario Herrero (Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth, Australia), Ana María Loboguerrero (Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del CGIAR), Mario Londoño (Universidad de los Andes, Colombia), Alberto Millán (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Jonathan Moss (Universidad de Nueva Inglaterra, Australia), Marigold Norman (Instituto de Desarrollo de Ultramar, Reino Unido), Oene Oenema (Universidad de Wageningen, Países Bajos), Katherine Ovalle Sanabria (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia), Vittoria Pinca (consultora), Dave Robb (consultor), Marc Sadler (Banco Mundial), Jean-François Soussana (Institut national de la recherche agronomique, Francia), Rita Strohmaier (Karl-Franzens-Universität, Austria), Rodrigo Suárez Castaño (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia), Mark Sutton (Centre for Ecology and Hydrology, Reino Unido), Stacy A. Swann (Banco Mundial), Timothy Thomas (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias), Philip Thornton (Instituto Internacional de Investigación en Ganadería), Caroline Van der Does de Willebois (consultora), Ioannis Vasileiou (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias), Keith Wiebe (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias).

Aportaciones adicionales de la FAO

Adriana Arango Guillén, Aslihan Arslan, Solomon Asfaw, Stephen Baas, Tarub Bahri, Barbara Cooney, Olivier Dubois, Jean-Marc Faurès, Matta Rao, Doris Soto.

Anexo estadístico

La preparación del Anexo corrió a cargo de Raffaele Bertini y Sarah Lowder.

El Cuadro 1 del Anexo se basa en los datos proporcionados por Andrew Challinor, Julian Ramírez-Villegas y James Watson. Se agradece cordialmente la autorización otorgada para utilizar los datos que figuran en el presente informe.

Los cuadros 2 y 3 del Anexo se basa en datos de FAOSTAT, elaborados conjuntamente por la División de Estadística y la División de Clima y Medio Ambiente de la FAO.

Apoyo administrativo

Paola Di Santo y Liliana Maldonado.

La FAO agradece profundamente el asesoramiento y la orientación proporcionados por el taller técnico con la participación de: Alessandro De Pinto (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias), Fiona Guy (Programa Mundial de Alimentos), Ada Ignaciuk (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), Alberto Millán (Banco Mundial), Torben Nilsson (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), Marigold Norman (Instituto de Desarrollo de Ultramar, Reino Unido), Shivaji Pandey (experto independiente), Rita Strohmaier (Karl-Franzens-Universität, Austria), Terry Sunderland (Centro de Investigación Forestal Internacional), Keith Wiebe (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias).

Los servicios de traducción e impresión fueron prestados por el Servicio de Programación y Documentación de Reuniones de la División de la Conferencia, del Consejo y de Protocolo de la FAO.

La División de Publicaciones del Departamento de Comunicación de FAO proporcionó apoyo editorial y se encargó del diseño y la maquetación para las seis lenguas oficiales.

ABREVIATURAS

AgMIP

Proyecto para la comparación y la mejora de modelos agrícolas

AIF

Asociación Internacional de Fomento

ASAP

Programa de Adaptación para la Agricultura en Pequeña Escala

ASOUT

Agricultura, silvicultura (actividad forestal) y otros usos de la tierra

C

Carbono

CDN

Contribuciones determinadas a nivel nacional

CFU

Climate Fund Update (Información actualizada sobre fondos para el clima del ODI)

CH₄

Metano

CMNUCC

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CO₂

Dióxido de carbono

COP

Conferencia de las Partes en la CMNUCC

COS

Carbono orgánico del suelo

CPDN

Contribuciones previstas determinadas a nivel nacional

CRS

Creditor Reporting System (Sistema de notificación por parte de los países acreedores de la OCDE)

CSA

Climate-smart agriculture (Agricultura climáticamente inteligente)

FIDA

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola

FMAM

Fondo para el Medio Ambiente Mundial

GEI

Gases de efecto invernadero

Gt

Gigatonelada (mil millones de toneladas)

GtC

Gt de carbono

GtCO₂-eq

Gt de dióxido de carbono equivalente

ha

Hectárea

IIPA

Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias

IMPACT

Modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas

IPPC

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

LULUCF

Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y actividad forestal

N

Nitrógeno

N₂O

Óxido nitroso

NAMA

Medidas de mitigación apropiadas para cada país

OCDE

Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos

ODI

Overseas Development Institute (Instituto de Desarrollo de Ultramar del Reino Unido)

OMC

Organización Mundial del Comercio

PAN

Planes nacionales de adaptación

PIB

Producto interno bruto

PMA

País menos adelantado

PNAA

Programas nacionales de acción para la adaptación

PNUD

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PYMES

Pequeñas y medianas empresas

RCP

Representative Concentration Pathway (trayectoria de concentración representativa)

REDD

Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques

SSP

Shared Socio-economic Pathway (trayectoria socioeconómica compartida)

t

Tonelada

RESUMEN

EL MUNDO SE ENFRENTA A UN DOBLE DESAFÍO SIN PRECEDENTES: ERRADICAR EL HAMBRE Y LA POBREZA Y ESTABILIZAR EL CLIMA MUNDIAL ANTES DE QUE SEA DEMASIADO TARDE

Al adoptar los objetivos de la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible y el Acuerdo de París sobre el cambio climático, la comunidad internacional asumió la responsabilidad de construir un futuro sostenible. Pero cumplir los objetivos de erradicar el hambre y la pobreza para el año 2030 y al mismo tiempo hacer frente a la amenaza del cambio climático requerirá una profunda transformación de los sistemas alimentarios y agrícolas en todo el mundo.

Lograr la transformación para la agricultura sostenible supone un gran desafío. Será necesario realizar cambios de una manera que no ponga en peligro la capacidad de los sectores agrícolas (los cultivos, la ganadería, la pesca y la actividad forestal) para satisfacer las necesidades mundiales de alimentos. Se prevé que la demanda mundial de alimentos en 2050 aumente al menos un 60 % por encima de los niveles de 2006, impulsada por el crecimiento demográfico y de los ingresos, así como por la rápida urbanización. En las próximas décadas, el crecimiento demográfico se concentrará en las regiones con la mayor prevalencia de la subalimentación y elevada vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. Al mismo tiempo, los esfuerzos por parte de los sectores agrícolas por contribuir a un mundo neutral en cuanto a emisiones de carbono están llevando a demandas contrapuestas de agua y tierras utilizadas para producir alimentos y energía, y a iniciativas de conservación forestal que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero pero limitan las tierras disponibles para la producción agropecuaria.

También será necesario que la transformación involucre a millones de productores de alimentos en la adaptación a los efectos del cambio climático, que ya se están haciendo sentir en los sectores agrícolas, especialmente en las regiones

tropicales, donde vive la mayoría de quienes son pobres y padecen inseguridad alimentaria. También debe revertirse el deterioro generalizado de la base de recursos naturales de la agricultura, que va desde el suelo hasta los bosques y la pesca y que constituye una amenaza para la sostenibilidad de la producción de alimentos.

Por lo tanto, se necesita una amplia transformación de los sistemas alimentarios y agrícolas para garantizar la seguridad alimentaria mundial, proporcionar oportunidades económicas y sociales para todos, proteger los servicios ecosistémicos de quienes depende la agricultura y aumentar la resiliencia ante el cambio climático. Sin la adaptación al cambio climático no será posible lograr la seguridad alimentaria para todos y erradicar el hambre, la malnutrición y la pobreza.

PUESTO QUE LAS REPERCUSIONES NEGATIVAS SE AGRAVARÁN CON EL TIEMPO, LA TRANSFORMACIÓN MUNDIAL HACIA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA SOSTENIBLES DEBE COMENZAR YA

Se espera que los efectos del cambio climático en la producción agrícola y los medios de vida se intensifiquen con el tiempo y que sean diferentes según países y regiones. Después de 2030, las repercusiones negativas del cambio climático en la productividad de los cultivos, la ganadería, la pesca y la actividad forestal serán cada vez más graves en todas las regiones.

Las caídas de la productividad tendrán serias consecuencias para la seguridad alimentaria. La escasez de suministros alimentarios dará lugar a una elevación importante de los precios de los alimentos, mientras que la mayor variabilidad del clima tendrá como resultado un aumento de la volatilidad de los precios. Dado que las zonas más afectadas serán aquellas que ya sufren altos índices de hambre y pobreza, los aumentos de los precios de los alimentos afectarán directamente a millones

RESUMEN

de personas de bajos ingresos. Entre los más vulnerables estarán quienes dependan de la agricultura para sus medios de vida e ingresos, especialmente los pequeños productores de los países en desarrollo.

Si bien el cambio climático solo es un factor determinante de la pobreza y la inseguridad alimentaria, se prevé que sus repercusiones sean importantes. En una situación sin cambio climático y de continuidad en el progreso económico, se prevé que para 2050 en la mayoría de las regiones disminuya el número de personas en riesgo de padecer hambre. Sin embargo, con el cambio climático, la población que vive en la pobreza podría aumentar entre 35 y 122 millones en 2030 con respecto a un futuro sin cambio climático, debido en gran parte a los efectos negativos de este sobre los ingresos en el sector agrícola. El incremento en el número de pobres sería mayor en África subsahariana, en parte porque su población depende en mayor medida de la agricultura.

La alimentación y la agricultura deben ocupar un lugar central en los esfuerzos mundiales para adaptarse al cambio climático, a través de políticas y medidas que aborden la vulnerabilidad y los riesgos y fomenten sistemas agrícolas que sean resilientes y sostenibles. Estas medidas deben comenzar ya, pues con una mayor intensidad en los efectos del cambio climático resultará cada vez más difícil reforzar la resiliencia. Retrasar la transformación de los sectores agrícolas obligará a los países más pobres a combatir la pobreza, el hambre y el cambio climático al mismo tiempo.

SE DISPONE DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS VIABLES Y SOSTENIBLES DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO, PERO DEBEN SUPERARSE LOS OBSTÁCULOS EXISTENTES PARA SU ADOPCIÓN

Por medio de la introducción de prácticas agrícolas sostenibles pueden lograrse importantes mejoras

en la seguridad alimentaria y la resiliencia ante el cambio climático. Una amplia adopción de prácticas como el empleo de variedades de cultivos eficientes en nitrógeno y tolerantes al calor, la labranza cero y la gestión integrada de la fertilidad del suelo podrían impulsar la productividad y los ingresos de los agricultores, y ayudar a rebajar los precios de los alimentos. Según una estimación, el número de personas que se hallen en riesgo de padecer subalimentación en los países en desarrollo en 2050 podría reducirse en más de 120 millones solo mediante el empleo generalizado de variedades de cultivos eficientes en nitrógeno.

A pesar de este potencial, la adopción por parte de los agricultores de prácticas mejoradas es aún muy limitada. A menudo, la adopción se ve obstaculizada por las políticas, como ocurre con las subvenciones a los insumos, que perpetúan las prácticas de producción insostenibles en lugar de aquellas que promueven la eficiencia del uso de los recursos, la conservación del suelo y la reducción en la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero de la propia agricultura. En particular, los pequeños productores se enfrentan a numerosas barreras en el camino hacia la agricultura sostenible, tales como el acceso limitado a los mercados, el crédito, el asesoramiento de extensión, la información meteorológica, las herramientas de gestión de riesgos y la protección social. Las mujeres, que constituyen aproximadamente el 43 % de la fuerza de trabajo agrícola en los países en desarrollo, se encuentran especialmente desfavorecidas, con menos recursos y derechos que los hombres, con un acceso incluso más limitado a la información y los servicios, responsabilidades domésticas determinadas por el género y una carga de trabajo agrícola cada vez más pesada debido a la emigración masculina.

No existe una solución tecnológica sencilla para esta situación. Lo que se necesita es una nueva orientación de las políticas de desarrollo agrícola y rural que reajuste los incentivos y reduzca los obstáculos para la transformación de los sistemas

alimentarios y agrícolas. Debería prestarse especial atención al apoyo a los pequeños agricultores de bajos ingresos en el fortalecimiento de su capacidad para gestionar los riesgos y adoptar estrategias eficaces de adaptación al cambio climático.

MÁS ALLÁ DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS: LA ADAPTACIÓN A LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES SERÁ FUNDAMENTAL PARA LA REDUCCIÓN DE LA POBREZA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNDO

El gran número de familias dedicadas a la agricultura en pequeña escala en los países en desarrollo —unos 475 millones— justifica que se haga hincapié específicamente en la amenaza que significa el cambio climático para sus medios de vida y la urgente necesidad de transformar esos medios de vida a través de vías sostenibles. Será difícil, si no imposible, erradicar la pobreza mundial y erradicar el hambre sin el fomento de la resiliencia ante el cambio climático en la agricultura en pequeña escala mediante la adopción generalizada de prácticas sostenibles de gestión de la tierra, el agua, la pesca y los bosques. Contando con otros factores favorables, como el acceso adecuado al crédito y los mercados, pero también medidas destinadas a eliminar obstáculos jurídicos, socioculturales y de movilidad para las mujeres de las zonas rurales, se ha observado que estas prácticas han dado lugar a importantes mejoras de la productividad. Sin embargo, la mejora de las prácticas de gestión tal vez no sea suficiente para mantener los ingresos de los agricultores.

Los agricultores pueden mejorar aún más su resiliencia a través de la diversificación, que puede reducir los efectos de las perturbaciones climáticas sobre los ingresos y proporcionar a los hogares una gama más amplia de opciones a la hora de gestionar los riesgos futuros. Una forma de la diversificación consiste en integrar la producción de los cultivos, el ganado y los árboles: por ejemplo, en algunos

sistemas agroforestales se utilizan las hojas de las leguminosas arbóreas que fijan el nitrógeno para alimentar el vacuno, se emplea el estiércol para fertilizar el suelo y se cultivan legumbres para proporcionar proteínas adicionales durante los períodos de inseguridad alimentaria estacional.

Para los hogares agrícolas con opciones limitadas de diversificación en las explotaciones, la diversificación de los medios de vida por medio de empleo rural no agrícola o de la migración hacia las ciudades puede resultar esencial. Es posible que la adaptación a través de la intensificación sostenible y la diversificación agrícola tenga que combinarse, por tanto, con la creación de oportunidades fuera de las explotaciones agrícolas, tanto a nivel local como mediante el fortalecimiento de los vínculos entre las ciudades y el campo. Tal vez sea necesario abordar las cuestiones de género, ya que a menudo las normas sociales impiden que las mujeres se dediquen a actividades fuera de las explotaciones agrícolas. La protección social, la educación y las políticas activas del mercado de trabajo son necesarias para mitigar muchos de los riesgos relacionados con la diversificación y la migración.

UNA QUINTA PARTE DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO SON GENERADAS POR LA AGRICULTURA, LA ACTIVIDAD FORESTAL Y EL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA; ES NECESARIO QUE LOS SECTORES AGRARIOS CONTRIBUYAN A CONTENER LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El desafío de la adaptación al cambio climático será cada vez mayor con el tiempo si no actuamos ahora para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global. Las emisiones tendrán que reducirse drásticamente para mantener controlado el cambio climático y que el aumento de la temperatura mundial no sea superior a 1,5 °C o 2 °C, en comparación con los niveles preindustriales. Esta es una responsabilidad mundial y requiere que

RESUMEN

todos los sectores económicos reduzcan la intensidad de sus emisiones.

La agricultura, y el sector alimentario en general, tienen una importante responsabilidad en la mitigación del cambio climático. Conjuntamente, la agricultura, la actividad forestal y el cambio del uso de la tierra representan alrededor de la quinta parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Las emisiones de dióxido de carbono de la agricultura pueden atribuirse principalmente a la pérdida de materia orgánica por encima y por debajo del suelo, a través de los cambios en el uso de la tierra, tales como la conversión de los bosques en pastizales o tierras de cultivo, y la degradación de la tierra, como la ocasionada por el pastoreo. La mayor parte de las emisiones directas de metano y óxido nitroso, dos poderosos gases de efecto invernadero, son el resultado de la fermentación entérica en el ganado, la producción de arroz en campos anegados y la aplicación de fertilizantes de nitrógeno y estiércol, todo lo cual puede reducirse aplicando mejores prácticas de gestión.

La proporción del sistema alimentario en su conjunto en el total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero es aún mayor: la fabricación de productos agroquímicos, el uso de energía fósil en las actividades agrícolas y en el transporte, elaboración y venta al por menor posteriores a la producción generan nuevas emisiones.

LOS APORTES DE LA AGRICULTURA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA MITIGACIÓN DEL MISMO SON VIABLES, PERO REQUIEREN LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS EN UN AMPLIO FRENTE

Un desarrollo agrícola y rural de base amplia puede ayudar a reducir la exposición y la sensibilidad a las perturbaciones climáticas y permitir que los agricultores se beneficien de nuevas oportunidades para la mejora de los

medios de vida rurales y la seguridad alimentaria. En este informe se muestra la forma en que la adopción de mejores prácticas de gestión ayudará a lograr una reducción significativa del número de personas que padecen inseguridad alimentaria. Sin embargo, es preciso que las mejoras en infraestructuras, extensión, información sobre el clima, acceso al crédito y a seguros sociales, que forman el núcleo del desarrollo rural, estén coordinadas con el fin de fomentar la adopción de prácticas mejoradas y la diversificación de los medios de vida rurales.

Las estimaciones disponibles sugieren que el costo total de la adaptación y del aumento en la resiliencia de los sistemas agrícolas solo supone una fracción de los costos que conlleva la inacción. Los esfuerzos de adaptación tienen un sentido económico y también un potencial considerable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la agricultura, la actividad forestal y el cambio de uso de la tierra. Aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, reducir la utilización de combustibles fósiles y evitar la degradación ambiental directa ahorrarán dinero a los agricultores, aumentarán sosteniblemente la productividad y reducirán la dependencia de insumos externos.

Existen múltiples ejemplos concretos de cómo pueden ir unidos los esfuerzos de adaptación y mitigación. Las mejoras en la producción de cultivos y la gestión de la fertilización parecen ofrecer las mayores posibilidades de reducir las emisiones de óxido nitroso, así como de reducir los costos de los insumos. El aumento de las existencias de carbono orgánico del suelo mejora el rendimiento de los cultivos y fortalece la resiliencia ante las sequías y las inundaciones, pero también retira el carbono. La alternancia humectación/secado de los arrozales reduce las emisiones de metano de estos en un 45 %, al tiempo que se ahorra agua y se producen rendimientos similares a los del arroz cultivado en completo anegamiento. Tanto en las regiones

templadas como tropicales, la diversificación de los sistemas agropecuarios y la integración de cultivos, ganado y árboles podrían aumentar la eficiencia en las explotaciones agrícolas, reducir la intensidad de las emisiones y elevar la productividad. En el sector ganadero, la adopción generalizada de prácticas sostenibles podría reducir las emisiones de metano del ganado hasta un 41 % y aumentar también la productividad mediante la mejora de la alimentación y la salud de los animales y de la gestión de la estructura de los rebaños. Sin embargo, la adopción de estas prácticas es a menudo reducida en muchas zonas. Es necesario que los esfuerzos para fomentar su adopción por parte de los pequeños productores se basen en un conocimiento cabal de los actuales obstáculos financieros, institucionales y de políticas que existen para ello.

A medida que la producción agrícola aumenta con el fin de satisfacer la demanda, también aumentarán sus emisiones. Serían necesarias importantes mejoras en la gestión de los ciclos de carbono y nitrógeno en la agricultura para lograr una reducción de intensidad de las emisiones –o de las emisiones por unidad de producción agrícola– en aras de contrarrestar la tendencia de los sectores agrícolas a emitir más cuando producen más. Por tanto, la realización del potencial de mitigación en los sectores agrícolas no será fácil, no solo a causa de las importantes transformaciones necesarias en la agricultura para la adopción más generalizada de prácticas mejoradas, sino también por los aumentos previstos en la demanda de productos agrícolas.

No todas las opciones de mitigación pueden considerarse medidas de adaptación con beneficios conjuntos, ya que otras iniciativas están impulsadas intrínsecamente por un motivo relacionado con la mitigación. Por ejemplo, podría decirse que frenar la deforestación y la degradación de los bosques tiene el mayor potencial para la reducción de las emisiones en los sectores de la agricultura. Esta debería ser

una prioridad fundamental, pero exigirá que se acepten compensaciones recíprocas: la reducción de la deforestación a menudo tiene un costo para el agricultor. Los esfuerzos en este sentido ya se están llevando a cabo a través de la iniciativa REDD+, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Aunque las emisiones procedentes de la conversión de los bosques han disminuido significativamente en los dos últimos decenios, las compensaciones recíprocas que esto conlleva hacen que estos progresos resulten frágiles. A diferencia de otros sectores económicos en los que las medidas de adaptación y mitigación generalmente son independientes entre sí, en los sectores de la agricultura, los objetivos de la seguridad alimentaria, la adaptación y la mitigación están vinculados entre sí.

Incluso la adopción generalizada de la agricultura climáticamente inteligente y sostenible puede resultar insuficiente en relación con lo que se necesita para satisfacer las metas mundiales sobre el clima. Se necesitan grandes ajustes en los sistemas alimentarios en general. Alrededor de un tercio de todos los alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia después de su recolección. La reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos no solo mejoraría la eficiencia del sistema alimentario, sino que también disminuiría la presión sobre los recursos naturales y las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de la energía y la intensidad de las emisiones en la elaboración, conservación y transporte de alimentos son elevados y están aumentando. Reducir la intensidad de las emisiones a lo largo de toda la cadena alimentaria requerirá importantes cambios en la sensibilización de los consumidores, así como incentivos de precios que favorezcan a productos alimenticios con mucha menor huella ecológica. El reequilibrio de los regímenes alimenticios con objeto de disminuir los alimentos de origen animal supondría una contribución notable en esta dirección, con probables beneficios conjuntos para la salud humana.

LOS COMPROMISOS DEL ACUERDO DE PARÍS DEBEN SUPONER EL FUNDAMENTO PARA LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS SOBRE LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA A NIVEL DE TODO EL SISTEMA

El cambio para la transformación en los sistemas agrícolas y alimentarios parece ser viable desde un punto de vista económico y técnico. Sin embargo, el cambio solo llegará si cuenta con el apoyo de políticas, marcos institucionales y mecanismos de financiación de inversiones adecuados. Estos factores habilitadores son importantes para el desarrollo agrícola en general, pero se hacen todavía más necesarios a causa del cambio climático. Es necesario modificar drásticamente los marcos de políticas para alinear el desarrollo agrícola, la seguridad alimentaria y la nutrición con los objetivos de estabilidad climática.

Las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (CPDN), que fueron la base del Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático, tienen que convertirse ahora en contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) a objetivos mundiales sobre el clima, a través de políticas y medidas. Los sectores agrícolas ocupan un lugar destacado en las CPDN, ya que el 94 % de todos los países los incluye en sus contribuciones de mitigación y/o adaptación. Los países en desarrollo ponen de relieve la importancia de la agricultura y la seguridad alimentaria para la adaptación; a menudo, incluyen también los sectores agrícolas como coadyuvantes a sus metas de mitigación. Alrededor de un tercio de todos los países hace referencia en sus CPDN a los posibles beneficios conjuntos entre la mitigación y la adaptación en la agricultura. Existe una clara voluntad de los países de responder al cambio climático mediante la transformación y la inversión en los sectores de la agricultura.

Muchos países han diseñado amplias políticas y estrategias de cambio climático, que establecen objetivos y metas globales. Sin embargo, pocos

han expuesto los detalles de los planes de acción para alcanzar las metas relacionadas con el clima. Las CPDN son un primer paso en un proceso mucho más amplio de replanteamiento del desarrollo agrícola y rural en el marco del cambio climático. La CMNUCC ya ha establecido mecanismos significativos, tales como los planes nacionales de adaptación, con el fin de respaldar medidas concertadas para afrontar el cambio climático. En consonancia con las recomendaciones sobre políticas de este informe, los mecanismos deberían integrarse en políticas más amplias de agricultura y seguridad alimentaria y nutrición, y viceversa.

LAS POLÍTICAS SOBRE EL CLIMA, LA AGRICULTURA, LA ALIMENTACIÓN Y LA NUTRICIÓN DEBERÍAN REALINEARSE E INTEGRARSE

Las políticas, las fuerzas del mercado y las limitaciones medioambientales determinan la utilización de insumos y otros recursos en la agricultura, influyendo en la productividad y el grado de conservación o agotamiento de los recursos naturales. La formulación de políticas para la agricultura en el marco del cambio climático debería partir de una comprensión de esos factores determinantes y de sus repercusiones en los medios de vida de los agricultores y el medio ambiente. Se trata de una tarea compleja y puede que no siempre sea posible encontrar soluciones con las cuales todos salgan beneficiados. Los factores varían considerablemente de un país a otro y de una región a otra: los pequeños agricultores no tienen la misma capacidad que los agronegocios mundiales para responder a las señales de las políticas y del mercado.

Los responsables de las políticas deben reconocer la necesidad de gestionar las compensaciones recíprocas y de establecer medidas concretas para una mejor alineación de múltiples objetivos y estructuras de incentivos. Por ejemplo, es necesario analizar sistemáticamente las

compensaciones recíprocas relacionadas con la equidad de género en las medidas previstas; el paso a sistemas de cultivo intercalado más resilientes le ha costado en ocasiones a las mujeres el control que tenían sobre determinados cultivos. Un área con un gran potencial de reajuste de las políticas es el nuevo diseño de las medidas de apoyo a la agricultura de tal forma que estas faciliten, en lugar de impedir, la transición a la agricultura sostenible. En 2015, los países desarrollados y los principales países en desarrollo gastaron más de 560.000 millones de dólares estadounidenses en el apoyo a la producción agrícola, incluyendo las subvenciones a los insumos y los pagos directos a los agricultores. Algunas medidas, como las subvenciones a los insumos, pueden inducir al uso ineficiente de sustancias agroquímicas y aumentar la intensidad de las emisiones de la producción. Condicionar el apoyo a la adopción de prácticas que reducen las emisiones y conservan los recursos naturales es una manera de armonizar el desarrollo agrícola y los objetivos relacionados con el clima.

Tal vez sea necesario reajustar las políticas sobre nutrición, consumo de alimentos, apoyo a los precios de los alimentos, gestión de los recursos naturales, desarrollo de infraestructuras, energía y otros aspectos. Para abordar las compensaciones recíprocas, el proceso debe asegurar una mayor inclusión y transparencia en la adopción de decisiones, así como incentivos que proporcionen beneficios públicos y colectivos a largo plazo. Por ejemplo, la experiencia muestra que los bosques pueden gestionarse bien y que la degradación puede invertirse haciendo partícipes a las comunidades locales, con el apoyo de mecanismos institucionales descentralizados legítimos, fraguados a través de procesos consultivos.

El cambio climático aporta nuevos riesgos. El manejo de estos riesgos exige formas de acción colectiva mejoradas y sistemas que evalúen los riesgos, las vulnerabilidades y las opciones de adaptación. Unos programas de protección social

bien concebidos, que garanticen ingresos mínimos o el acceso a los alimentos, tienen un importante papel que desempeñar, pero deberían ir unidos a otras formas de gestión del riesgo climático. En lugar de responder simplemente a los fenómenos extremos, la reducción del riesgo de catástrofes debería incorporarse a estrategias más amplias para la adaptación al cambio climático.

En la respuesta al cambio climático, la cooperación internacional y las alianzas y asociaciones de múltiples partes interesadas son esenciales. Por ejemplo, el cambio climático dará lugar a nuevas plagas y enfermedades y aumentará los riesgos de que estas se desplacen más allá de las fronteras. Será necesaria una cooperación regional e internacional reforzada para facilitar el intercambio de información y conocimientos, gestionar los recursos comunes, tales como las poblaciones de peces, y conservar y utilizar la biodiversidad agrícola. También es necesaria la cooperación para subsanar las deficiencias en nuestro conocimiento de los efectos del cambio climático sobre la agricultura, la seguridad alimentaria y la nutrición, a fin de evaluar la posibilidad de ampliación y la viabilidad económica de las prácticas agrícolas sostenibles, y para evaluar la huella ecológica de los sistemas alimentarios en general.

LA FINANCIACIÓN PARA EL CLIMA Y PARA LA AGRICULTURA DEBEN ESTAR VINCULADAS Y DEBEN APROVECHARSE PARA INDUCIR UNA TRANSFORMACIÓN EN LA AGRICULTURA

Existe una necesidad de más financiación para el clima y más inversiones agrícolas para facilitar la transición a prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, la financiación disponible para la inversión en la agricultura se sitúa muy por debajo de las necesidades que debería cubrir. Los pequeños productores de los países en desarrollo se enfrentan a obstáculos importantes a la hora de acceder al crédito para invertir en

RESUMEN

nuevas tecnologías y prácticas, y las mujeres que se dedican a la agricultura tienen aún más obstáculos. El déficit de financiación limita las inversiones en agricultura y seguridad alimentaria y, con ello, la capacidad de los pequeños productores de adaptarse al cambio climático.

Es necesario un mayor flujo de financiación para la agricultura con el fin de sufragar el costo de inversión relacionado con la necesaria transformación a gran escala de sus sectores y el desarrollo de sistemas climáticamente inteligentes de producción de alimentos. Será necesaria una financiación adicional de origen público, así como productos financieros específicos en dos esferas de financiación.

En primer lugar, se necesita más apoyo inicial para aumentar la productividad, fomentar la capacidad de adaptación al cambio climático y reducir la intensidad de emisiones de la producción. Esto requerirá un aumento significativo en la cantidad de fondos disponibles y condiciones más flexibles, tales como plazos de reembolso ajustados a los flujos de caja. Este enfoque permitiría que los agricultores realicen inversiones que mantengan los rendimientos actuales utilizando menos recursos, y que apliquen prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes que aumenten la resiliencia, reduciendo a un tiempo las emisiones. Sin embargo, para tener éxito, se requiere la financiación de una segunda esfera: la creación de capacidad a través de instituciones y políticas adecuadas, de tal manera que los agricultores sean capaces de emprender cambios para la transformación. Mejorar el entorno propicio existente es especialmente necesario para la gran mayoría de los pequeños agricultores, que se ven privados de una financiación para el clima y a quienes se niegan las oportunidades para invertir en actividades productivas que puedan mejorar sus medios de vida, su productividad y sus ingresos.

Aunque es necesaria más financiación para el clima en aras de la transformación contemplada por el presente informe, la financiación adicional

también requerirá la mejora de la capacidad de los países para las realizaciones concretas sobre el terreno. Las limitaciones en cuanto a capacidad sistémica obstaculizan actualmente el acceso a la financiación para el clima destinada a la agricultura y el uso eficaz de la misma por parte de los países en desarrollo. Esta “deficiencia de capacidad” en la formulación de las políticas y en el desarrollo institucional, que puede manifestarse tanto en la financiación como en la recepción de fondos, dificulta el apoyo para la transición hacia una agricultura sostenible. Colmar estas deficiencias de capacidad debería constituir una prioridad para las instituciones de financiación y para los países por igual, de manera que la financiación para el clima (si los países potencian la financiación según lo previsto) pueda desempeñar su función transformadora para la alimentación y la agricultura.

La financiación para el clima también puede funcionar como catalizador con objeto de aprovechar mayores flujos de financiación pública y privada destinada a la agricultura sostenible, a condición de que existan las políticas y los marcos institucionales que promuevan un cambio para la transformación. La financiación para el clima podría ayudar a afrontar el déficit de financiación al poner de manifiesto la viabilidad de las inversiones climáticamente inteligentes, y al diseñar y experimentar mecanismos innovadores con el fin de aprovechar fuentes adicionales de inversión. Los fondos para el clima, si se utilizan estratégicamente con el fin de crear el entorno favorable esencial para el desarrollo agrícola climáticamente inteligente, para garantizar que las inversiones agrícolas públicas sean climáticamente inteligentes y para aprovechar la financiación privada, podrían ser un importante catalizador para la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo.

La financiación para el clima, si salva la brecha de financiación y cataliza inversiones, puede fortalecer los mecanismos de gestión de riesgos,

fomentar el desarrollo de productos financieros apropiados y responder a las limitaciones de capacidad de los prestamistas y de los prestatarios. Es fundamental, por tanto, fortalecer el entorno propicio de las inversiones agrícolas climáticamente inteligentes, incorporar las consideraciones relativas al cambio climático en las asignaciones y la aplicación de los presupuestos nacionales y liberar el capital privado para el desarrollo agrícola climáticamente inteligente. Hasta que eso suceda, la financiación para el clima necesaria en aras de la inversión en la agricultura a pequeña escala seguirá siendo inadecuada, con graves consecuencias en lo que

respecta a la pérdida de los medios de vida y el aumento de la inseguridad alimentaria.

El momento para invertir en agricultura y desarrollo rural es ahora. El desafío consiste en obtener diversas fuentes de financiación, armonizar sus objetivos en la medida de lo posible y crear los entornos correctos de políticas e institucionales con el objetivo de lograr el cambio necesario para la transformación destinado a la erradicación de la pobreza, a la adaptación al cambio climático y de contribuir a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. ■



CAPÍTULO 1

HAMBRE, POBREZA Y CAMBIO CLIMÁTICO: LOS DESAFÍOS DE HOY Y DEL MAÑANA

ARBA GERAMSO, KENIA

Madre e hija preparan maíz para cenar en una zona donde la mayoría de los pastores han perdido, al menos, el 90 % de sus animales por la sequía.

©FAO/Ami Vitale





NAROK, KENIA
Pastores massai pastando
su ganado.
©FAO/Ami Vitale



MENSAJES CLAVE

1 EL CAMBIO CLIMÁTICO AFECTA YA A LA AGRICULTURA Y A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA y, si no se actúa con urgencia, millones de personas podrían estar en riesgo de padecer hambre y pobreza.

2 Aunque **LOS EFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO AGRARIO Y LOS MEDIOS DE VIDA AGRÍCOLAS** variarán dependiendo de los países y regiones, con el tiempo serán cada vez más adversos y potencialmente catastróficos en algunas zonas.

3 LIMITAR EL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA MUNDIAL A 1,5 °C POR ENCIMA DE LOS NIVELES PREINDUSTRIALES podría reducir significativamente los riesgos y los efectos del cambio climático.

4 SON NECESARIAS TRANSFORMACIONES PROFUNDAS DE LA AGRICULTURA Y DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS, desde las fases previas a la producción hasta el consumo, para poder aprovechar al máximo los beneficios conjuntos de los esfuerzos de adaptación y mitigación relacionados con el cambio climático.

5 LOS SECTORES AGRÍCOLAS TIENEN POTENCIAL PARA LIMITAR SUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, pero la garantía de la seguridad alimentaria en el futuro requiere un enfoque principal sobre la adaptación.

HAMBRE, POBREZA Y CAMBIO CLIMÁTICO: LOS DESAFÍOS DE HOY Y DEL MAÑANA

El cambio climático representa una importante y creciente amenaza para la seguridad alimentaria mundial. Los efectos previstos del cambio climático —aumento de las temperaturas, mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, escasez de agua, elevación del nivel del mar, acidificación de los océanos, degradación de la tierra, perturbación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad— podrían comprometer seriamente la capacidad de la agricultura para alimentar a los más vulnerables, impidiendo el avance hacia la erradicación del hambre, la malnutrición y la pobreza. Se necesita actuar urgentemente, por lo tanto, a fin de preparar la producción agropecuaria, la pesca y la actividad forestal para la posibilidad de unas condiciones ambientales rápidamente cambiantes, y reducir la contribución de la propia agricultura a las emisiones de gases de efecto invernadero, que son las responsables del calentamiento de la Tierra.

Aun sin cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria mundiales afrontan enormes desafíos. El aumento de la población y la elevación de los ingresos en una buena parte del mundo en desarrollo han impulsado la demanda de alimentos y de otros productos agrícolas hasta niveles sin precedentes. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha calculado que, para poder satisfacer la demanda de alimentos en 2050, la producción agrícola y ganadera mundial anual debería ser un 60 % mayor que en 2006. Aproximadamente un 80 % del incremento necesario tendría que ser producto de un aumento del rendimiento y un 10 % de un mayor número de campañas agrícolas por año (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Sin embargo, la generalizada degradación de la tierra y el aumento de la escasez de agua limitan las posibilidades de incrementar el rendimiento. Si no se redoblan los esfuerzos para reducir la

pobreza y llevar a cabo la transición a una agricultura que sea a la vez productiva y sostenible, habrá muchos países de ingresos bajos a los que les resulte difícil garantizar el acceso de toda su población a una cantidad adecuada de alimentos.

A través de su impacto en la agricultura, el cambio climático agudizará los efectos negativos de todas estas tendencias y dificultará aún más el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible fundamentales de erradicar el hambre, lograr seguridad alimentaria durante todo el año y garantizar sistemas de producción de alimentos sostenibles para 2030. A más largo plazo, la magnitud y velocidad del cambio climático, así como la eficacia de los esfuerzos económicos de mitigación y de la adaptación en la agricultura, serán cruciales para el futuro de grandes segmentos de la población mundial y, posiblemente, para toda la humanidad. ■

INTERACCIONES COMPLEJAS Y VÍNCULOS INDISOCIABLES

Los sectores agrícolas —cultivos, ganadería, pesca, acuicultura y actividad forestal— poseen características únicas que los sitúan en el centro de los esfuerzos mundiales encaminados a la adaptación al cambio climático. En primer lugar, la agricultura es esencial para el suministro de alimentos y, por consiguiente, para satisfacer las necesidades más básicas del ser humano. Además, la producción de alimentos depende directamente de los recursos naturales

—biodiversidad, tierra, vegetación, precipitaciones y luz solar— que, a su vez, están íntima e indisolublemente relacionados con el clima y las condiciones meteorológicas. Puesto que la agricultura proporciona un medio de vida para casi dos tercios de la población mundial extremadamente pobre (es decir, unos 750 millones de personas), los efectos que ejerce el cambio climático sobre la agricultura afectan directamente a las ya vulnerables poblaciones rurales, con repercusiones de gran alcance para su seguridad alimentaria.

Los sectores agrícolas se encuentran también entre los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento del planeta y el consiguiente cambio climático. Los sectores de la agricultura tienen también, por lo tanto, un potencial único para contribuir a la estabilización del clima mundial a través de una mejor gestión de los cultivos, la tierra y el ganado, de modo que se reduzcan las emisiones y se incremente el secuestro de carbono en la biomasa de las plantas y en los suelos.

Cómo afecta el cambio climático a la agricultura

En muchas regiones, la producción agrícola ya se está viendo afectada negativamente por un aumento y una mayor variabilidad de las temperaturas, cambios en el nivel y la frecuencia de las precipitaciones, una mayor frecuencia de períodos sin lluvia y sequías, la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento del nivel del mar y la salinización de los terrenos de cultivo y del agua dulce. A medida que se intensifiquen los efectos del cambio climático

sobre la agricultura, será cada vez más difícil cultivar cosechas, criar animales, gestionar bosques y capturar peces en los mismos lugares y de la misma manera que antes.

Los cultivos que se siembran para la obtención de alimentos, fibra y energía requieren condiciones específicas para desarrollarse, tales como un grado óptimo de temperatura y una cantidad de agua suficiente. Hasta cierto punto, unas temperaturas más cálidas pueden beneficiar el crecimiento de determinados cultivos en algunas partes del mundo.

Sin embargo, si las temperaturas superan los niveles óptimos para el cultivo, o si no se dispone de agua o de nutrientes suficientes, probablemente se producirá una disminución del rendimiento. Un aumento en la frecuencia de los fenómenos extremos, especialmente de inundaciones y sequías, también es perjudicial para los cultivos y reduce los rendimientos. Combatir la sequía podría convertirse en un importante reto en zonas en las que se prevé un aumento de la temperatura media y una disminución de las precipitaciones. Existen numerosas malas hierbas, plagas de insectos y enfermedades que crecen en condiciones de temperaturas más cálidas, climas más húmedos y niveles más altos de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Un incremento de las temperaturas extremas, unido a una disminución de las precipitaciones, puede impedir que los cultivos lleguen a crecer.

Las olas de calor, que previsiblemente se harán más frecuentes con el cambio climático, suponen una amenaza directa para el ganado. Con el tiempo, el estrés térmico incrementará la vulnerabilidad de los animales a las enfermedades, reduciendo así su fertilidad y la producción de carne y leche. El cambio climático modificará asimismo la prevalencia de

los parásitos y enfermedades del ganado. En las zonas en las que aumenten las precipitaciones, se espera un crecimiento de patógenos dependientes de la humedad. El cambio climático amenaza asimismo la capacidad ganadera de los pastizales y la producción de piensos para los sistemas sin pastoreo.

La pesca y la acuicultura —que proporcionan al menos el 50 % de la proteína de origen animal a millones de personas en los países de ingresos bajos— se encuentran sometidas ya a múltiples presiones, entre ellas la pesca excesiva, la pérdida de hábitat y la contaminación del agua (FAO, 2012). El cambio climático acentuará aún más estas presiones. El aumento de la temperatura del agua originará probablemente la extinción de algunas especies de peces, un cambio en los rangos de hábitat de otras, así como un mayor riesgo de enfermedades a lo largo de toda la cadena de producción.

Los océanos del mundo se están volviendo más ácidos debido al aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera, lo que tiene consecuencias especialmente graves para la pesca que depende del marisco y el calamar, los manglares y los sistemas de arrecifes de coral. Una mayor frecuencia e intensidad de tormentas, huracanes y ciclones dañará la acuicultura, los manglares y la pesca costera.

Los bosques proporcionan empleo remunerado a más de 100 millones de personas y sustentan los medios de vida de gran parte de la población rural pobre del mundo. Albergan más del 80 % de la biodiversidad terrestre mundial, y proporcionan alimentos, medicamentos, combustible y servicios ecosistémicos fundamentales. El cambio climático y el aumento de la variabilidad climática tienen ambos unos efectos directos e indirectos sobre los bosques y sobre las personas que dependen de ellos, y limitan la capacidad de los bosques de proporcionar estos bienes y servicios esenciales. Si bien algunos bosques se beneficiarán de una concentración más elevada de dióxido de carbono en la atmósfera, de temperaturas más elevadas y de cambios en las precipitaciones, la mayoría experimentará la pérdida de importantes especies, una

disminución de los rendimientos y un incremento de la frecuencia e intensidad de las tormentas y otras perturbaciones (FAO, 2013).

Aunque es sumamente difícil predecir cuáles serán los efectos exactos del cambio climático en la agricultura, la mayoría de los estudios indica que estos efectos cambiarán con el tiempo y variarán de un lugar a otro. En una revisión de los estudios realizados para el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se apuntaba que, si bien las previsiones positivas y negativas de los efectos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos se contrarrestan entre sí mundialmente hasta más o menos 2030, después de esa fecha la balanza se inclina cada vez más hacia el lado negativo (Porter *et al.*, 2014, véase también el Capítulo 2).

Estos efectos variarán asimismo considerablemente según el tipo de cultivo y la región. En la **Figura 1** se muestra esta variabilidad en los rendimientos de los cereales previstos para 2050 conforme a diferentes trayectorias del calentamiento del planeta. Se presupone una trayectoria intermedia para el crecimiento económico y demográfico, así como una adaptación limitada, y no se incluye la “fertilización por CO₂”, es decir, el efecto estimulante de un aumento de los niveles de dióxido de carbono atmosférico en el crecimiento de las plantas. A medida que se alargan las temporadas de cultivo, la tendencia en latitudes más altas es que se produzcan pérdidas de rendimiento menores, o incluso aumentos de rendimiento en el caso de algunos cultivos, en comparación con lo previsto sin condiciones de cambio climático. Las pérdidas de rendimiento en las regiones de latitudes más bajas suelen ser mayores. El rendimiento del cultivo de maíz disminuiría en casi todas las regiones en la mayoría de los supuestos climáticos, siendo las pérdidas progresivamente mayores en los supuestos más extremos. Aunque los efectos en el rendimiento del cultivo de trigo son pequeños a escala mundial, en el caso de Asia meridional y el África subsahariana son considerables.



» Cómo contribuye la agricultura al cambio climático

La agricultura no solo se ve afectada por el cambio climático, sino que también contribuye directa e indirectamente, de manera importante, a la emisión de los tres principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Las emisiones anuales antropogénicas de gases de efecto invernadero, originadas, según la clasificación de los informes del IPCC, por “la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra” (AFOLU), están causadas principalmente por la deforestación, la producción ganadera y la gestión de suelos y nutrientes. Se ha calculado que representan el 21 % del total mundial de emisiones (Figura 2). Aunque esta cifra es inferior a la del 27 % registrada en la década de 1990, la reducción aparente se debe a que las emisiones han aumentado a un ritmo más rápido en otros sectores.

En la década de 1990, las emisiones procedentes de la agricultura y las derivadas de la reconversión forestal neta representaron cantidades de gases de efecto invernadero aproximadamente comparables. Sin embargo, desde el cambio de siglo, las emisiones procedentes de la reconversión forestal han disminuido, en tanto que las procedentes de la agricultura se han incrementado. La producción agrícola y pecuaria, en particular, emite importantes cantidades de metano y óxido nitroso, dos potentes gases de efecto invernadero. El metano lo produce el ganado rumiante durante la digestión, y también emana del estiércol almacenado y de residuos orgánicos. Las emisiones de óxido nitroso son un producto indirecto de los fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales tras ser aplicados a las tierras de cultivo.

Unos gases de efecto invernadero de los que no se da cuenta en la categoría AFOLU son los generados en las etapas previas y posteriores a la producción de las cadenas modernas de suministro de alimentos, que en los informes del

IPCC se clasifican como originados en otros sectores, principalmente la industria, la generación de energía y el transporte. Estos gases abarcan la producción de insumos como los fertilizantes sintéticos que, contrariamente a la producción de fertilizantes orgánicos, es un proceso que consume mucha energía; las emisiones resultantes del uso de energía fósil (por ejemplo, para hacer funcionar la maquinaria agrícola), así como las resultantes del transporte, la elaboración y la venta al por menor posteriores a la producción (Smith *et al.*, 2014). En cada fase del suministro de alimentos se añaden nuevas contribuciones a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Si se incluyeran las emisiones que origina el consumo directo e indirecto de energía por la cadena agroalimentaria, la cuota de emisiones generadas por la AFOLU respecto del total de emisiones de gases de efecto invernadero aumentaría en un tercio (FAO, 2011).

La contribución de los sistemas alimentarios al total de las emisiones de gases de efecto invernadero varía entre países y regiones, de acuerdo con la estructura de las cadenas de suministro locales. Las estimaciones del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) indican que, en los países de ingresos altos, las emisiones procedentes de las etapas previas y posteriores a la producción son iguales a las de la producción. Por el contrario, la producción agrícola sigue siendo la etapa dominante en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero en los países en desarrollo (Vermeulen, Campbell e Ingram, 2012).

Consecuencias para la seguridad alimentaria

A través de su impacto en la agricultura, el cambio climático tendrá efectos negativos sobre la seguridad alimentaria en todas sus dimensiones (Recuadro 1). Aunque la seguridad alimentaria pueda verse afectada por otras vías —por ejemplo, por fenómenos meteorológicos extremos que reduzcan los ingresos de los habitantes urbanos y, por ende, el acceso a los



RECUADRO 1

CUATRO DIMENSIONES DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 acordó la siguiente definición de seguridad alimentaria, utilizada por la FAO: “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”.

La definición abarca cuatro dimensiones:

- ▶ Disponibilidad de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, proporcionados por la producción interna o las importaciones (incluida la ayuda alimentaria).
- ▶ Acceso de las personas a recursos (denominados también derechos) suficientes a fin de adquirir los alimentos apropiados para una dieta nutritiva.
- ▶ Utilización de los alimentos mediante una dieta adecuada, agua limpia, saneamiento y asistencia médica para alcanzar un estado nutricional en el que se satisfacen todas las necesidades fisiológicas.
- ▶ Estabilidad de la disponibilidad de alimentos y del acceso a los mismos, sin importar si se producen crisis repentinas (por ejemplo, de índole económica o climática) o acontecimientos de carácter cíclico (escasez estacional de alimentos).

FUENTE: FAO, 2006.

RECUADRO 2

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA NUTRICIÓN

El cambio climático afecta a la situación nutricional y a las opciones de alimentación a través de sus repercusiones en la seguridad alimentaria, las enfermedades, la inocuidad del agua, el saneamiento, los medios de vida y la prestación de cuidados. A su vez, también se ve afectada la capacidad de las personas para adaptarse al cambio climático o mitigarlo (IFPRI, 2015).

El cambio climático amplifica el efecto de las sequías, inundaciones y tormentas y expone a un gran número de personas —especialmente a los pobres y más vulnerables— al riesgo de desnutrición a raíz de fenómenos climáticos extremos (Confalonieri *et al.*, 2007). Las pautas estacionales de la inadecuación en la disponibilidad de alimentos y el acceso a los mismos, una de las causas importantes de la desnutrición entre las comunidades rurales pobres, se ven acentuadas por el cambio climático, que también tiene repercusiones sobre la seguridad de los medios de vida y sobre la distribución de alimentos dentro de las familias, que afectan a su vez en particular a la situación nutricional de los niños y las mujeres (Wijesinha-Bettoni *et al.*, 2013).

Algunas investigaciones indican que el cambio climático podría afectar a la calidad nutricional de cultivos alimentarios fundamentales. En un

estudio realizado por Myers *et al.* (2014), se estimaba que el grano de trigo cultivado bajo los altos niveles de CO₂ previstos para 2050 tendría un 9 % menos de zinc, un 5 % menos de hierro y un 6 % menos de proteínas, mientras que las pérdidas en el caso del arroz serían del 3 %, 5 % y 8 %, respectivamente, en comparación con los rendimientos previstos en una situación sin cambio climático. El maíz se vería afectado por unas pérdidas similares de nutrientes; la soja no perdería proteínas pero contendría una cantidad inferior de zinc y hierro.

La inocuidad de los alimentos puede quedar comprometida por un aumento de patógenos transmitidos por los alimentos, así como por la contaminación o cambios químicos que aumenten la incidencia de compuestos tóxicos en los alimentos. Por ejemplo, los brotes de floraciones de algas en superficie contaminan el agua potable y los mariscos con cianotoxinas (Paerl y Huisman, 2009), mientras que el aumento de las temperaturas y de la humedad acrecientan el riesgo de contaminación por micotoxinas de los cereales y legumbres almacenados (Paterson y Lim, 2010). Además, los cambios en las pautas de las enfermedades de plantas y animales pueden conducir a una mayor utilización de productos agroquímicos potencialmente nocivos.

- » alimentos— la agricultura es una vía fundamental a través de la cual el cambio climático afecta a la seguridad alimentaria, y constituye el foco de atención del presente informe.

El cambio climático afecta a la *disponibilidad de alimentos* a través de sus efectos cada vez más adversos sobre el rendimiento de los cultivos, las poblaciones de peces y la producción y sanidad animal, especialmente en el África subsahariana y Asia meridional, donde habita la mayor parte de la población actualmente expuesta a la inseguridad alimentaria. Por otro lado, el cambio climático limita el acceso a los alimentos mediante la influencia negativa en los ingresos y medios de vida rurales. Además de una mayor volatilidad climática, se espera que haya un aumento de la intensidad y frecuencia de las catástrofes naturales relacionadas con el clima. Los pobres, entre ellos los pequeños agricultores y trabajadores agrícolas, son más vulnerables a las repercusiones de estas catástrofes. Las sequías o inundaciones graves pueden dar lugar a una reducción severa de ganancias y ocasionar una pérdida de activos que menoscabe la futura capacidad de generación de ingresos. Además, en la medida en que el suministro de alimentos se vea reducido por el cambio climático, los precios de los alimentos se elevarán. La población pobre, tanto rural como urbana, sería la que más afectada se vería, ya que el porcentaje de ingresos que destina a la alimentación es mucho mayor. También se verían afectadas las familias de pequeños agricultores, la mayoría de las cuales son compradoras netas de alimentos (Zezza *et al.*, 2008; Banco Mundial, 2008; Porter *et al.*, 2014).

Los cambios en la *utilización de los alimentos* repercutirán en la situación nutricional de las personas pobres y vulnerables. Por ejemplo, puesto que las temperaturas más altas favorecen el desarrollo de patógenos, y dado que la escasez de agua influye en su calidad y en los hábitos de higiene, los efectos del cambio climático podrían incrementar hasta en un 10 % en 2030 la carga de diarrea en algunas regiones. Una vez más, las personas más gravemente afectadas serían las que componen la población pobre y,

especialmente, la población infantil pobre (OMS, 2003). El cambio climático afectará a la situación nutricional de muchas otras formas, desde la reducción en la prestación de cuidados y el contenido de nutrientes de los cultivos de alimentos básicos, hasta un mayor riesgo de contaminación de los alimentos (Recuadro 2).

Por último, la variabilidad del clima y una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos extremos afectarán a la *estabilidad* de la disponibilidad, el acceso y la utilización de los alimentos a través de cambios en la estacionalidad, fluctuaciones más acusadas en la productividad ecosistémica, mayores riesgos de suministro y una reducción de la previsibilidad del suministro. Esto supondrá un importante problema, especialmente para los países sin litoral y los pequeños Estados insulares, que son más vulnerables tanto a las interrupciones del suministro de alimentos como al daño causado por los fenómenos extremos, incluidos los climáticos.

El cambio climático es solo uno de los muchos factores que determinan las tendencias relacionadas con la pobreza y la inseguridad alimentaria. Esas dos tendencias, así como la gravedad de los efectos del cambio climático sobre ellas, estarán determinadas en gran medida por el futuro desarrollo socioeconómico. Un estudio reciente del Banco Mundial (Hallegatte *et al.*, 2016) estimaba que, en ausencia de crecimiento económico, un fuerte impacto del cambio climático incrementaría la cifra prevista de población extremadamente pobre para 2030 en 122 millones de personas. Por el contrario, en una situación hipotética de prosperidad, el incremento sería de tan solo 16 millones. En un ejercicio similar, empleando el modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas (IMPACT), desarrollado por el IFPRI, se calculó que, en 2050, aproximadamente 50 millones más de personas podrían estar en riesgo de subalimentación a causa del cambio climático. Sin embargo, el impacto general del cambio climático en el período hasta 2050 es inferior al de los otros factores influyentes, como el crecimiento demográfico y el incremento de los ingresos (véase el Capítulo 2). ■

LA URGENCIA DE UNA ACCIÓN MUNDIAL CONCERTADA EN ESTE MOMENTO

Todas las pruebas disponibles confirman que el clima está cambiando y que es improbable que estos cambios se detengan o reviertan en el futuro inmediato. Por otro lado, no hay duda de que el cambio climático afectará a los sectores agrícolas y a la seguridad alimentaria y de que su impacto negativo será cada vez más severo a medida que el proceso se acelere. En algunos lugares especialmente vulnerables como, por ejemplo, las islas pequeñas, o en zonas afectadas por fenómenos meteorológicos y climáticos extremos de gran escala, el impacto podría ser catastrófico.

En gran parte dependerá de la velocidad del cambio climático y de la magnitud de sus efectos. En la mejor de las hipótesis, los cambios evolucionarían a un ritmo y en una magnitud que permitirían a los sectores agrícolas adaptarse con medios relativamente sencillos, al menos a medio plazo. Los descensos de productividad, de haberlos, serían relativamente leves y graduales, con pocos o ningún efecto no lineal brusco. En ese caso, el impacto sobre la seguridad alimentaria a escala mundial sería moderado.

En una hipótesis totalmente diferente, pero verosímil, se producirían —incluso a medio plazo— casos generalizados de cambios no lineales bruscos, haciendo casi imposible la adecuada adaptación de los sectores agrícolas en numerosos lugares y ocasionando drásticos descensos de la productividad. Aunque el impacto sobre la productividad no llegara a ser mundial, sí estaría al menos muy generalizado, tanto desde el punto de vista geográfico como del tamaño de las poblaciones afectadas. Las repercusiones para la seguridad alimentaria serían muy importantes. La escasez de suministros daría lugar a una elevación importante de los precios de los alimentos, mientras que la mayor variabilidad del

clima tendría como resultado un aumento de la volatilidad de dichos precios. La variabilidad del clima afectaría, asimismo, a la estabilidad de los ingresos de los hogares rurales en las zonas ya sujetas a una gran variabilidad de los rendimientos (Thornton *et al.*, 2014).

Los descensos de productividad y la pérdida de ingresos tenderían a estar concentrados en algunas de las zonas geográficas y grupos de población más vulnerables y expuestos a la inseguridad alimentaria. A largo plazo, salvo que se adopten medidas para detener y revertir el cambio climático, la producción alimentaria resultaría imposible en grandes áreas del mundo.

Por todo ello, hay que adoptar medidas urgentes para hacer frente a los posibles efectos del cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria. La incertidumbre no justifica los retrasos en la aplicación de medidas orientadas a la adaptación al cambio climático y su mitigación. La urgencia se debe a dos preocupaciones principales. Por un lado, los efectos del cambio climático son ya evidentes, aumentarán con el tiempo y podrían alcanzar dimensiones realmente importantes. Por otro, tanto los factores que influyen en el cambio climático como las respuestas a dicho cambio requieren períodos de tiempo largos. Las actuales emisiones de gases de efecto invernadero están llevando a nuestro planeta hacia un calentamiento global irreversible cuyas repercusiones se harán notar durante muchas décadas. Estos riesgos a largo plazo son la razón fundamental por la que la comunidad internacional se ha comprometido con el objetivo de estabilizar el clima de la Tierra.

Las sociedades en general deben actuar hoy de manera decisiva para *mitigar el cambio climático*, a fin de evitar el riesgo de una inseguridad alimentaria grave. No cabe descartar la posibilidad de que el cambio climático llegue a hacer inviable la alimentación de la humanidad en algún momento futuro desconocido, más o menos distante. Incluso en un horizonte de tiempo más corto, las consecuencias para la seguridad alimentaria pueden ser graves en algunos lugares. La agricultura y la actividad forestal poseen un gran potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero la »

CUADRO 1

EFFECTOS DEL CLIMA EN EL RENDIMIENTO DE DETERMINADOS CULTIVOS A NIVEL MUNDIAL Y EN LAS ZONAS TROPICALES, CON UN CALENTAMIENTO DE 1,5 °C Y 2 °C POR ENCIMA DE LOS NIVELES PREINDUSTRIALES A LO LARGO DEL SIGLO XXI

Cultivo	Región	Aumento con respecto a las temperaturas preindustriales (%)	
		1,5 °C	2,0 °C
Trigo	Mundial	2 (-6 a +17)	0 (-8 a +21)
	Tropicales	-9 (-25 a +12)	-16 (-42 a +14)
Maíz	Mundial	-1 (-26 a +8)	-6 (-38 a +2)
	Tropicales	-3 (-16 a +2)	-6 (-19 a +2)
Soja	Mundial	7 (-3 a +28)	1 (-12 a +34)
	Tropicales	6 (-3 a +23)	7 (-5 a +27)
Arroz	Mundial	7 (-17 a +24)	7 (-14 a +27)
	Tropicales	6 (0 a +20)	6 (0 a +24)

Nota: Las cifras entre paréntesis indican un intervalo probable de confianza (66 %).
FUENTE: Adaptado de Schlesner *et al.* (2016), Figura 15.

RECUADRO 3

DESTACADA PRESENCIA DE LA AGRICULTURA EN LAS ORIENTACIONES PARA LA ACCIÓN A ESCALA NACIONAL

Los objetivos de adaptación y mitigación en la agricultura, el uso de la tierra, los cambios en el uso de la tierra y las actividades forestales figuran de forma destacada en las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (CPDN) que, en el contexto del Acuerdo de París de diciembre de 2015, guiarán las actuaciones nacionales sobre el cambio climático en los próximos años. Estas abarcan no solo objetivos, sino también estrategias concretas para abordar las causas del cambio climático y responder a sus consecuencias. Un análisis de la FAO sobre las CPDN indica que, en todas las regiones, la agricultura desempeñará un papel decisivo en la consecución de los objetivos relacionados con el cambio climático para 2030. De los 188 países que presentaron CPDN, más del 90 % incluyeron la agricultura como un sector contemplado en las iniciativas de mitigación y adaptación.

En el análisis también se pone de manifiesto que se espera que los sectores agrícolas ofrezcan el mayor número de oportunidades en cuanto a sinergias entre adaptación y mitigación, así como beneficios conjuntos socioeconómicos y ambientales. Aproximadamente un tercio de todos los países otorgan reconocimiento (y, en algunos casos, prioridad) a las medidas orientadas a crear sinergias entre mitigación y adaptación en la agricultura. Casi el 30 % de los países mencionan los beneficios conjuntos sociales, económicos y ambientales, especialmente el desarrollo rural y la salud, la reducción de la pobreza y creación de empleo, y la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad. Con respecto a la igualdad de género, la agricultura se destaca como un sector que —más que ningún otro— ofrece diversas oportunidades para empoderar a las mujeres y reducir su vulnerabilidad al cambio climático.

FUENTE: FAO, 2016.

- » futura seguridad alimentaria dependerá en gran medida de la reducción de emisiones lograda en otros sectores económicos. Se necesitarán también cambios en el lado del consumo: una reducción de la demanda de productos alimenticios que conllevan una alta intensidad de emisiones y requieren una gran cantidad de recursos contribuirá a acelerar la transición hacia una agricultura sostenible y fomentará, asimismo, la mitigación del cambio climático.

Al mismo tiempo, los sectores agrícolas y las poblaciones que dependen de ellos deberán *adaptarse a los cambios climáticos actuales o previstos* de modo que puedan minimizar sus efectos nocivos o saquen provecho de las oportunidades que pudieran crear. La resiliencia ante el cambio climático debe reforzarse en los ámbitos biofísico, económico y social en todo el mundo. Hasta cierto punto, la adaptación en la agricultura será una respuesta espontánea de los agricultores, pescadores y silvicultores. Sin embargo, muchos de ellos, y especialmente los productores en pequeña escala, pueden enfrentarse tanto a una falta de opciones viables como a limitaciones para poder adoptar soluciones apropiadas. Es decisivo, por tanto, que exista un entorno propicio que facilite la adaptación.

A corto plazo, la adaptación en el plano de la unidad de producción u hogar agrícola podría bastar, siempre que sea posible. Sin embargo, la adaptación a un plazo más largo es necesaria para hacer frente a los cambios ya consolidados por los aumentos pasados y en curso de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Ello requerirá más cambios sistémicos, tales como cambios importantes en los lugares de producción de determinados productos y especies, compensados por cambios en los modelos de comercio y consumo.

Sin embargo, la adaptación por sí sola no es suficiente: la mitigación es esencial para garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo de la población mundial. Existe una diferencia fundamental entre adaptación y mitigación y los incentivos necesarios para la promoción de ambas. La adaptación es algo que todo el mundo querrá hacer por interés propio. La mitigación es

algo que hay que hacer juntos, en interés de todo el mundo. Es un bien público mundial y una responsabilidad social a la que los sectores agrícolas deben también contribuir.

La urgencia —y los beneficios— de una respuesta mundial conjunta y eficaz al cambio climático se ven puestos de relieve por la gran diferencia de las repercusiones incluso entre pequeños aumentos de temperatura. En un metanálisis reciente se ha observado que las disminuciones en la disponibilidad de agua y los incrementos en la duración de los períodos sin lluvia crecen entre los 1,5 °C y los 2 °C en distintas regiones subtropicales, especialmente el Mediterráneo, América central, el Caribe, Sudáfrica y Australia. En las regiones tropicales se prevé que la producción agrícola se vea muy afectada si la temperatura aumenta por encima de 1,5 °C (Cuadro 1), o incluso más si existen otros factores —como limitaciones de nitrógeno y fósforo o estrés térmico— que limiten los efectos positivos de la fertilización por CO₂.

En un contexto de calentamiento de 2 °C, los riesgos que plantea el calor extremo para el rendimiento de los cultivos en las regiones tropicales de África y Asia meridional y sudoriental resultan especialmente críticos, dadas las tendencias previstas en su crecimiento demográfico. Entre otros beneficios importantes de limitar los aumentos de temperatura a 1,5 °C figuran una reducción significativa en las zonas de arrecifes de coral en riesgo de grave degradación y una reducción del 30 % del crecimiento del nivel del mar (Schleussner *et al.*, 2016). De hecho, un mensaje clave del diálogo de expertos estructurado de la CMNUCC, que concluyó en 2015, fue que un aumento de la temperatura mundial¹ de 2 °C por encima de los niveles preindustriales es “un límite superior, una línea de defensa que debe defenderse estrictamente, si bien sería preferible un calentamiento menor” (CMNUCC, 2015). El IPCC presentará en 2017 las conclusiones de una

¹ Nota: La “temperatura mundial” es un promedio de todo el planeta para un año entero. La región del Ártico se calentará más rápidamente que la media mundial, y la media del calentamiento en tierra firme será mayor que en los océanos. Habrá episodios más frecuentes de altas temperaturas extremas en la mayor parte de la superficie (IPCC, 2014a).

evaluación de las diferencias entre las hipótesis de 2 °C y 1,5 °C.

El Acuerdo de París de diciembre de 2015, en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ha establecido el objetivo de contención del aumento de la temperatura media mundial a largo plazo en “muy por debajo de 2 °C” con respecto a los niveles preindustriales, y que se siga trabajando para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C, reconociendo que esto reduciría considerablemente los riesgos y efectos del cambio climático. El IPCC informa de que las hipótesis que se ajustan a la contención del aumento de la temperatura por debajo de 2 °C comprenden recortes importantes en las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero para mediados de siglo a través de grandes cambios en los sistemas energéticos y, posiblemente, en la utilización de la tierra. En las hipótesis que no exceden del límite establecido de 2 °C los niveles mundiales de gases de efecto invernadero suponen entre un 40 y un 70 % menos en 2050 que en 2010 y se acercan a cero o son inferiores en 2100 (IPCC, 2014). Si el crecimiento que es necesario lograr en la agricultura para garantizar la seguridad alimentaria mundial en el futuro se consigue con un aumento de las emisiones similar al del pasado reciente, el objetivo de mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2 °C será difícil de alcanzar (véanse también, Searchinger *et al.*, 2015; Wollenberg *et al.*, 2016).

Las decisiones que tomemos hoy determinarán el tipo de mundo en el que habitaremos dentro de 15 años y en años posteriores. Los sectores agrícolas deben responder, por consiguiente, creando resistencia a los efectos del cambio climático, contribuyendo al mismo tiempo, en la medida de lo posible, a los esfuerzos de mitigación. Las respuestas deben estar diseñadas en consonancia con los objetivos y prioridades nacionales de desarrollo de los diferentes países, y no deben en sí mismas comprometer los esfuerzos encaminados a reducir la inseguridad alimentaria. En este contexto, es importante señalar que, a diferencia de otros sectores económicos en los que las

medidas de adaptación y mitigación son generalmente independientes entre sí, en los sectores agrícolas existen sinergias —aunque también la necesidad de aceptar contrapartidas— entre los objetivos de seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. ■

FUNCIÓN Y RESPONSABILIDAD ESPECIALES DE LA AGRICULTURA

Una respuesta de la agricultura al cambio climático

La puesta en práctica de una respuesta eficaz y constante al cambio climático en la agricultura —desde el punto de vista tanto de la adaptación como de la mitigación— será mucho más difícil que en la mayoría, si no en la totalidad, de los demás sectores, debido a su dependencia de procesos biofísicos y a la enorme variedad de condiciones agroecológicas y socioeconómicas. Otro factor que complica la situación es el gran número de actores que intervienen: cientos de millones de agricultores, pescadores y poblaciones dependientes de los bosques, muchos de los cuales carecen de un buen acceso a los mercados, la información y los servicios públicos. Esta diversidad exige soluciones diferentes y a menudo sumamente específicas en función del contexto. Es probable, por ello, que los sectores agrícolas sean más lentos que otros sectores a la hora de adaptarse, y cabe esperar un grado significativo de inercia en el sistema. Esto solo hace que sea más urgente la adopción de medidas en este momento.

La vulnerabilidad de la agricultura frente al cambio climático no siempre ha recibido la atención que merece. La evaluación de los

RECUADRO 4

VISIÓN COMÚN DE LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA SOSTENIBLES

La visión común de la FAO respecto a una alimentación y agricultura sostenibles (AAS) es muy pertinente en el diseño de medidas de adaptación y mitigación relacionadas con el cambio climático. En el enfoque de la AAS, las prácticas y tecnologías agrícolas se evalúan en función de su grado de adhesión a cinco principios clave que deberían regir la transición mundial hacia la sostenibilidad:

- ▶ Mejorar la eficiencia del uso de los recursos naturales;
- ▶ Conservar, proteger y mejorar los recursos naturales;
- ▶ Mejorar y proteger los medios de vida rurales y el bienestar social;

- ▶ Aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los ecosistemas;
- ▶ Promover y mejorar la gobernanza eficaz.

Estos principios están diseñados con el fin de garantizar un enfoque uniforme y coherente para el logro de la AAS en todos los sectores y subsectores agrícolas.

El enfoque crea sinergias y reconoce las compensaciones entre las diferentes dimensiones (social, económica y ambiental) de la sostenibilidad y dentro de cada una de ellas, así como entre los distintos sectores, a través del tiempo y el espacio, en un proceso en constante evolución.

FUENTE: FAO, 2014.

efectos del cambio climático, fundamentalmente mediante el empleo de modelos económicos mundiales, ha tendido a pasar por alto las repercusiones en la agricultura debido a la decreciente contribución de esta al PIB en todo el mundo. Hoy en día, se reconoce de manera generalizada la importancia que reviste la respuesta de la agricultura al cambio climático. Esta toma de conciencia se ve reflejada claramente en las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (CPDN), presentadas por los países durante el período de preparación de la 21.^a Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), celebrada en París en 2015 (Recuadro 3). Estas CPDN se describen más a fondo en el Capítulo 5.

Asimismo, se reconoce cada vez más que la agricultura desempeña un papel especial en la mitigación del cambio climático. Las hipótesis indican que la limitación del aumento en la temperatura mundial a 2 °C solo puede lograrse mediante la reducción a cero de las

emisiones de gases de efecto invernadero de la energía, la industria y el transporte, y limitando las emisiones procedentes de la agricultura, el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra. Los sectores agrícolas pueden contribuir a la mitigación, primero, reduciendo la intensidad de sus emisiones, o la cantidad de emisiones por unidad de producto, y evitando la pérdida mayor de carbono almacenado principalmente en los bosques y el suelo. Este esfuerzo puede complementarse con medidas destinadas a reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos, y a cambiar los hábitos de consumo alimentario. Además, los sectores agrícolas tienen un potencial único para actuar como sumideros de carbono, que capturan el dióxido de carbono y secuestran el carbono en la biomasa y los suelos, por medio de la silvicultura y la restauración de tierras (véase el Capítulo 4).

Un reto clave en la formulación de respuestas al cambio climático es garantizar que no se ponga en peligro la seguridad alimentaria ni el avance

en la reducción de la pobreza, especialmente en países donde los niveles de hambre y pobreza son persistentemente altos. Esto se encuentra reconocido en el preámbulo de la CMNUCC, donde se afirma que “las respuestas al cambio climático deberían coordinarse de manera integrada con el desarrollo social y económico con miras a evitar efectos adversos sobre este último, teniendo plenamente en cuenta las necesidades prioritarias legítimas de los países en desarrollo para el logro de un crecimiento económico sostenido y la erradicación de la pobreza” (CMNUCC, 1992). De igual modo, en el preámbulo del Acuerdo de París se reconoce “la prioridad fundamental de salvaguardar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos a los efectos adversos del cambio climático” (CMNUCC, 2015).

Agricultura climáticamente inteligente

Las respuestas al cambio climático que se apliquen en los diferentes países deberán contemplarse en un contexto más amplio que comprenda el desarrollo agrícola sostenible, y reflejarán las prioridades de cada país para su consecución. El enfoque de la FAO respecto de la alimentación y la agricultura sostenibles reconoce la persecución de objetivos múltiples, por parte de los países, en las dimensiones de la sostenibilidad: económica, social, y ambiental; así como la necesidad de que estos encuentren un equilibrio de compensaciones entre los objetivos y entre las necesidades a corto y largo plazo (Recuadro 4). Estas compensaciones variarán de un país a otro, dependiendo de la dotación de recursos naturales, las características socioeconómicas, los sistemas políticos y las etapas de desarrollo. Asimismo, los países tendrán diferentes prioridades, según sus circunstancias específicas, que habrán de tenerse en cuenta a la hora de diseñar las respuestas al cambio climático.

Más específicamente, con vistas a la gestión de la agricultura para la seguridad alimentaria ante

las cambiantes circunstancias del calentamiento de la Tierra, la FAO ha elaborado el planteamiento de la agricultura climáticamente inteligente, que presentó en la Conferencia Mundial de La Haya sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático (FAO, 2010). Los principios de la agricultura climáticamente inteligente guían y sustentan implícitamente el presente informe, así como las respuestas al cambio climático previstas para los sectores de la alimentación y la agricultura.

El enfoque de la agricultura climáticamente inteligente tiene tres objetivos: i) aumento sostenible de la productividad agrícola para favorecer incrementos equitativos en los ingresos, la seguridad alimentaria y el desarrollo; ii) aumento de la capacidad de adaptación y resistencia a las crisis en diferentes planos, desde la granja hasta el plano nacional; iii) reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y aumento del secuestro de carbono en la medida de lo posible.

Puesto que las condiciones locales varían, una característica esencial de la agricultura climáticamente inteligente es determinar los efectos de las estrategias de intensificación agrícola sobre la seguridad alimentaria, la adaptación y la mitigación en lugares específicos. Esto es especialmente importante en los países en desarrollo, donde el crecimiento agrícola es generalmente una prioridad absoluta. A menudo, aunque no siempre, las prácticas que reportan grandes beneficios en términos de adaptación y seguridad alimentaria pueden dar lugar también a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero o a un aumento del secuestro de carbono. Sin embargo, la aplicación de estas prácticas sinérgicas puede implicar mayores costos, en particular, de financiación inicial. Por consiguiente, los programas relacionados con la agricultura climáticamente inteligente comprenden el fortalecimiento de las capacidades de las partes interesadas locales para ayudarlas a explotar las fuentes de financiación de la inversión agrícola y de la inversión relacionada con el clima. No todas las prácticas que se apliquen en todos los lugares generarán, podrán generar o incluso deberían generar una “triple ganancia”; pero sí deben tenerse

en cuenta los tres objetivos para alcanzar soluciones localmente aceptables que reflejen las prioridades locales o nacionales.

El punto de partida para el análisis de la agricultura climáticamente inteligente son las tecnologías y prácticas a las que los países ya han dado prioridad en sus políticas y planificación agrícolas. Se utiliza información sobre las tendencias del cambio climático recientes y previstas a corto plazo para evaluar el potencial de estas tecnologías y prácticas con respecto a la seguridad alimentaria y la adaptación climática en condiciones de cambio climático *específicas de cada lugar*, y determinar los ajustes que pueda ser necesario realizar. Entre los ejemplos de estos tipos de ajustes se incluyen la modificación de las épocas de siembra y la adopción de variedades resistentes al calor y a la sequía; el desarrollo de

nuevos cultivares; la modificación de la variedad de cultivos y ganado de la granja; la mejora de las prácticas de gestión del suelo y del agua, incluyendo la agricultura de conservación; la integración del uso de previsiones climáticas en la toma de decisiones sobre los cultivos; la ampliación del uso del riego; el aumento de la diversidad agrícola regional; y el cambio a fuentes de subsistencia no agrícolas (Asfaw *et al.*, 2014; Branca *et al.*, 2011; FAO, 2010; FAO, 2013).

Desde la introducción de la agricultura climáticamente inteligente, se ha intensificado el apoyo a nivel internacional y nacional para la adopción del enfoque. En sus CPDN, más de 30 países, muy especialmente en el África subsahariana, se refieren concretamente a la agricultura climáticamente inteligente (véase el Capítulo 5). ■

ESTRUCTURA DE ESTE INFORME

La edición de este año de la publicación *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* explora a fondo las relaciones existentes entre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria, y describe de qué manera los sectores agrícolas pueden responder eficazmente al cambio climático a través tanto de la adaptación como de la mitigación. La cadena de suministros de alimentos en su conjunto, desde el productor hasta el consumidor, se ve afectada por el cambio climático y contribuye también al mismo, a veces en mayor medida que la agricultura primaria en sí. Sin embargo, el principal foco de atención del presente informe estará centrado en los sectores primarios de la agricultura: cultivos, ganadería, pesca y actividad forestal. El resto de este informe se ha estructurado como sigue:

En el **CAPÍTULO 2** se examinan los datos empíricos sobre los actuales efectos y los efectos futuros previstos del cambio climático para los sectores agrícolas, la seguridad alimentaria y la nutrición en diferentes partes del mundo y bajo diferentes hipótesis de calentamiento del planeta. Por otro lado, se evalúa de qué modo y en qué medida la producción agrícola actual y los sistemas alimentarios están contribuyendo al cambio climático.

En el **CAPÍTULO 3** se considera el desafío especial que supone la adaptación al cambio climático para la agricultura familiar y los sistemas de producción en pequeña escala. Se señalan vías factibles para que los hogares agrícolas y otros actores dependientes de estos sistemas refuercen su resiliencia mediante estrategias de adaptación y diversificación que mejoren, asimismo, sus medios de vida y, por consiguiente, contribuyan a poner fin al hambre y la pobreza rural.

En el **CAPÍTULO 4** se analiza el modo en el que los sectores agrícolas pueden responder al cambio climático en beneficio tanto de la seguridad alimentaria como de la estabilización del clima. Las respuestas fundamentales están encaminadas a reducir la intensidad de las emisiones en la agricultura y los sistemas alimentarios, y a maximizar los beneficios conjuntos de las iniciativas de adaptación y mitigación, mediante una mejor gestión de los ciclos del carbono y el nitrógeno, una mayor eficiencia en el uso de los recursos, la conservación de los paisajes ricos en carbono, medidas para reforzar la resiliencia y —en el lado de la demanda— una reducción de las pérdidas de alimentos y una mejora de las dietas.

En el **CAPÍTULO 5** se aborda el diseño de políticas para garantizar una respuesta al cambio climático eficaz por parte de los gobiernos y las partes interesadas del sector agrícola, mientras que en el **CAPÍTULO 6** se describen las formas de movilizar financiación climática —y, más generalmente, financiación del desarrollo— para apoyar los objetivos de adaptación y mitigación en la agricultura.



GICUMBI, RWANDA
Una vista de terrazas en
las colinas.
©FAO/Giulio Napolitano



CAPÍTULO 2

CLIMA, AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: ESTUDIO DETALLADO DE SUS CONEXIONES

SIEM REAP, CAMBOYA

La gestión participativa de
recursos naturales en la región
de Tonle Sap.

©FAO/J. Thompson



**TEROKHADA,
BANGLADESH**

La inundación intencionada de campos de arroz puede incrementar su productividad y reducir la vulnerabilidad de los granjeros a las sequías, inundaciones y maremotos.
©FAO/Munir Uz Zaman



MENSAJES CLAVE

1

HASTA 2030 APROXIMADAMENTE, SE PREVÉ QUE EL CALENTAMIENTO DEL PLANETA PRODUZCA TANTO BENEFICIOS COMO PÉRDIDAS en la productividad de los cultivos, la ganadería, la pesca y la actividad forestal, dependiendo de los lugares y de las condiciones.

2

DESPUÉS DE 2030, LAS REPERCUSIONES NEGATIVAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS serán cada vez más graves en todas las regiones.

3

EN LAS REGIONES TROPICALES EN DESARROLLO, los efectos perjudiciales ya están afectando a los medios de vida y la seguridad alimentaria de los hogares y comunidades vulnerables.

4

Debido a su considerable contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero, **LA AGRICULTURA, EL USO DE LA TIERRA Y LA ACTIVIDAD FORESTAL** tienen un importante potencial de mitigación.

CLIMA, AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: ESTUDIO DETALLADO DE SUS CONEXIONES

En el presente capítulo se examinan en detalle las relaciones entre el cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria. Se debaten los efectos biofísicos del cambio climático en los sectores de la agricultura y se explica cómo estos se traducen en repercusiones socioeconómicas que tienen consecuencias para la seguridad alimentaria y la nutrición. También se estudia la manera en que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero vinculadas a los sectores agrícolas contribuyen al cambio climático. Como conclusión, los sectores de la agricultura deben, por un lado, adaptarse al cambio climático reforzando la resiliencia y, por el otro, contribuir a la mitigación de sus efectos. ■

EFFECTOS EN CASCADA DEL CLIMA SOBRE LAS PERSONAS

En el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se confirman las principales conclusiones de sus informes anteriores en relación con la evolución del clima del mundo, los cambios previstos —como los aumentos de la temperatura, la variabilidad de las lluvias y los fenómenos meteorológicos extremos— y los efectos biofísicos más importantes del calentamiento del planeta, como el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la menor extensión de los glaciares, la degradación de los ecosistemas, los mayores riesgos de incendio y el recrudecimiento de las plagas de insectos. Además de facilitar la comprensión de los posibles cambios en las precipitaciones, el informe aprovecha las mejoras en cuanto a la

elaboración de modelos y la recopilación de datos para hacer mejores previsiones a medio plazo. En consecuencia, los efectos en cascada del cambio climático pueden ahora atribuirse a lo largo de cadenas probatorias que comprenden desde el clima físico, pasando por los sistemas intermedios, hasta las personas (Kirtman *et al.*, 2014).

El cambio climático afecta profundamente a las condiciones en las que se llevan a cabo las actividades agrícolas. En todas las regiones del mundo, las plantas, los animales y los ecosistemas se han adaptado a las condiciones climáticas imperantes. A medida que cambien estas condiciones, se verán afectados de formas que serán difíciles de predecir con precisión. En varios estudios se documentan los efectos biofísicos de los cambios previstos que influyen específicamente en los ecosistemas agrícolas (Recuadro 5). Las repercusiones son diversas e incluyen la disminución del rendimiento y el aumento de su variabilidad, el desplazamiento de los cultivos, y la pérdida de biodiversidad agrícola y servicios ecosistémicos. Se prevé que la mayoría de las repercusiones del cambio climático en la agricultura, aunque no todas, sean negativas. Todos los sectores de la agricultura —cultivos, ganadería, pesca y actividad forestal— se verán afectados de diversas maneras.

El cambio climático ya afecta a los sectores de la agricultura en muchas partes del mundo, y sus repercusiones aumentarán en los próximos años y decenios. Una gran cantidad de pruebas apunta a la prevalencia de consecuencias negativas: muchos sistemas agrícolas son cada vez menos productivos y algunas especies de plantas y animales están desapareciendo. Estos cambios perjudicarán directamente a la producción agrícola, lo que tendrá repercusiones económicas y sociales y, por último, consecuencias para la seguridad alimentaria (Figura 3).

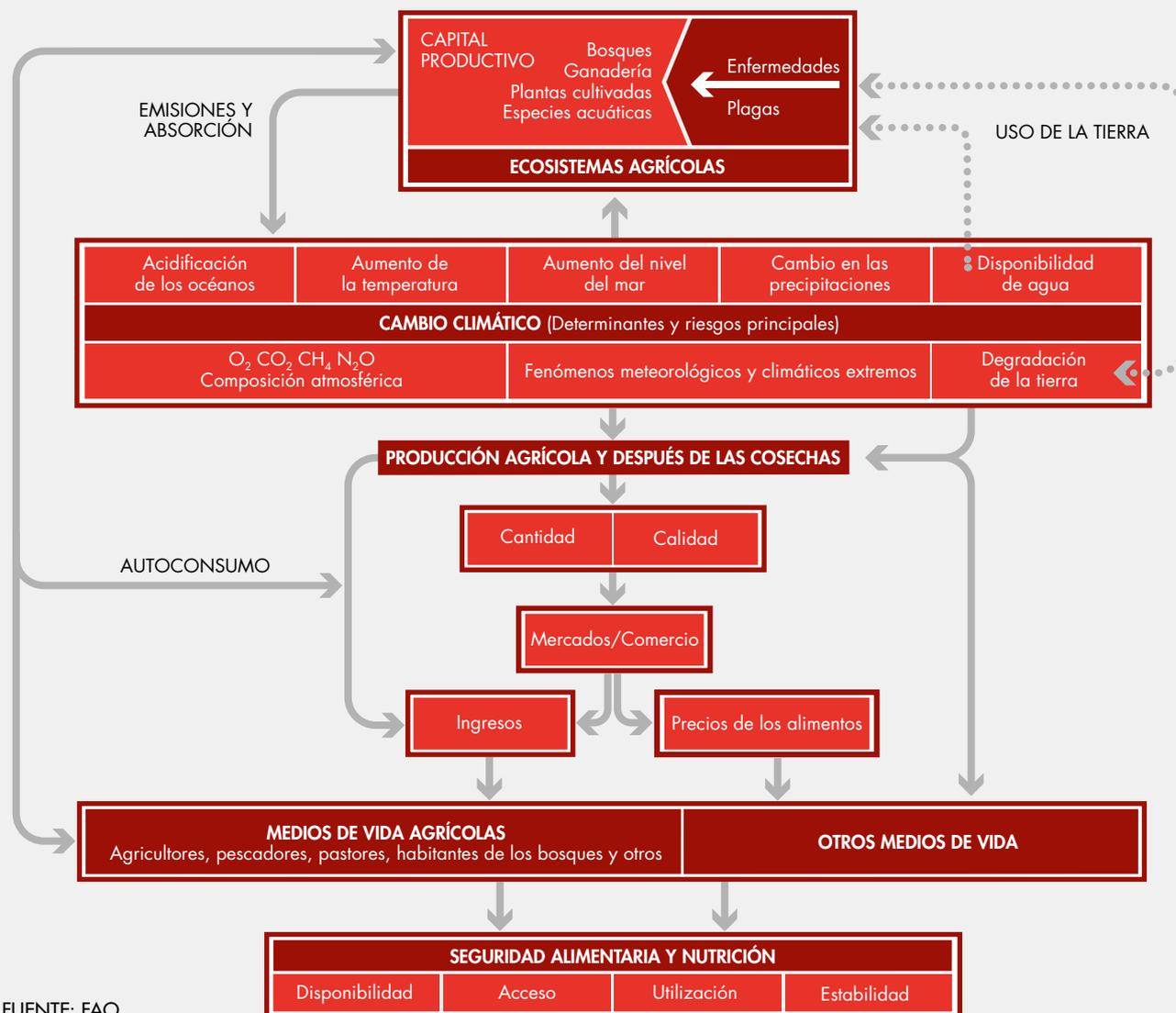
RESUMEN DE LAS REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA

- ▶ Aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos como olas de calor, sequías e inundaciones, lo que conduce a una pérdida de infraestructura agrícola y medios de vida.
- ▶ Disminución de los recursos de agua dulce, lo que da lugar a una escasez de agua en zonas cultivables.
- ▶ Aumento del nivel del mar e inundaciones costeras, lo que comporta la salinización de la tierra y el agua y riesgos para la pesca y la acuicultura.
- ▶ Problemas relacionados con la higiene del agua y los alimentos y con el saneamiento.
- ▶ Cambios en los flujos de agua que afectan a la pesca y la acuicultura continentales.
- ▶ Aumento de la temperatura y escasez de agua que repercuten en la fisiología y productividad vegetal y animal.
- ▶ Efectos beneficiosos en la producción de cultivos a través de la "fertilización" por dióxido de carbono (CO₂).
- ▶ Efectos perjudiciales de las concentraciones elevadas de ozono troposférico en los rendimientos de los cultivos.
- ▶ Cambios en las enfermedades de las plantas, el Daños en los sectores forestal, ganadero, pesquero y acuícola.
- ▶ Acidificación de los océanos, lo que provoca la extinción de especies de peces.

FUENTES: Adaptado de Tirado *et al.* (2010) y actualizado utilizando Porter *et al.* (2014), GANESAN (2012) e IPCC (2014).

FIGURA 3

VÍAS DE IMPACTO: DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA



FUENTE: FAO.

Las repercusiones se transmitirán a través de distintos canales y afectarán a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: acceso, disponibilidad, utilización y estabilidad. En cada etapa de esta cadena de transmisión, la gravedad de las consecuencias vendrá determinada por la propia perturbación y por la vulnerabilidad del sistema o el grupo de población que se encuentre bajo presión (FAO, 2016a). ■

REPERCUSIONES EN LA AGRICULTURA

El cambio climático afecta a los sectores agrarios de muchas maneras, que varían de una región a otra (Cuadro 2). Por ejemplo, incrementa la variabilidad de la temperatura y las precipitaciones, reduce la previsibilidad de las pautas meteorológicas estacionales y aumenta la frecuencia y la intensidad de fenómenos meteorológicos graves como inundaciones, ciclones y huracanes. Se prevé que algunas regiones sufran sequías y escasez de agua prolongadas. El derretimiento generalizado de los glaciares y la cubierta de nieve de las principales cordilleras, en particular en Asia, afectará al volumen y el ciclo de los flujos de agua y, en última instancia, reducirá la disponibilidad de agua para irrigación en las cuencas inferiores. El aumento de las temperaturas provoca cambios en la ubicación y la incidencia de los brotes de plagas y enfermedades. Incluso un ligero calentamiento disminuirá la producción en regiones de latitudes bajas. El aumento de la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, como el fenómeno de oscilación austral/El Niño, tendrá repercusiones cada vez mayores en las pautas meteorológicas y la producción alimentaria (Recuadro 6).

Cultivos

Probablemente las repercusiones del cambio climático en los rendimientos de los principales cultivos sea el tema relacionado con la seguridad alimentaria sobre el que se dispone de más estudios. Entre la amplia bibliografía acerca de las

repercusiones en la producción observadas y previstas se incluyen más de dos decenios de trabajos realizados desde la evaluación mundial de Rosenzweig y Parry (1994) de los posibles efectos del cambio climático sobre el suministro mundial de alimentos; otros estudios fundamentales son Parry, Rosenzweig y Livermore (2005), Cline (2007), Banco Mundial (2010) y Rosenzweig *et al.* (2014). La mayoría de trabajos se limita a los principales cultivos, y se sabe mucho menos sobre los efectos del cambio climático en muchos otros cultivos importantes.

Los efectos observados de anteriores tendencias climáticas sobre la producción de cultivos son evidentes en varias regiones del mundo (Porter *et al.*, 2014), y son más habituales las repercusiones negativas que las positivas. Existen pruebas de que el cambio climático ya ha afectado negativamente a los rendimientos del trigo y el maíz. Estimaciones citadas frecuentemente muestran que durante el período comprendido entre 1980 y 2008 hubo un descenso del 5,5 % en la producción de trigo y del 3,8 % en la de maíz a escala mundial, en comparación con los rendimientos que se habrían obtenido si el clima se hubiera mantenido estable (Lobell, Schlenker y Costa-Roberts, 2011).

Los efectos futuros que tendrá el cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos son muy difíciles de predecir de forma exacta y dependerán de muchos parámetros. Entre estos pueden mencionarse los físicos, como la temperatura, los regímenes pluviométricos y la fertilización por CO₂; los cambios en los ecosistemas agrícolas (por ejemplo, a través de la pérdida de los polinizadores y la mayor incidencia de plagas y enfermedades); y las respuestas de adaptación por parte de los sistemas humanos. Generalmente, se tiene un buen conocimiento de las consecuencias de los cambios en la temperatura hasta llegar a la temperatura óptima para el desarrollo de los cultivos; sin embargo, en el caso de valores superiores a estos se tiene mucha menos información. Resultados recientes han confirmado los efectos perjudiciales de una concentración elevada de ozono troposférico en los rendimientos: en 2000 se calcularon pérdidas en la producción de soja, trigo y maíz que iban del 8,5 % al 14 %, del

3,9 % al 15 %, y del 2,2 % al 5,5 %, respectivamente (Porter *et al.*, 2014). Es difícil evaluar otros posibles efectos del cambio climático en el funcionamiento de los ecosistemas —como el equilibrio entre los cultivos y las plagas, y las repercusiones de los polinizadores—, por lo que no suelen tenerse en cuenta en los modelos empleados para la formulación de previsiones de los rendimientos de los cultivos. Dentro de determinados límites, un clima cambiante podría tener repercusiones tanto positivas como negativas sobre los cultivos. De hecho, los aumentos de las temperaturas y los niveles de CO₂ en la atmósfera pueden ser beneficiosos para algunos cultivos en ciertos lugares. Los rendimientos del trigo y la soja, por ejemplo, podrían aumentar gracias a mayores concentraciones de CO₂ con temperaturas óptimas. No obstante, si bien las previsiones de los rendimientos futuros varían en función del escenario, el modelo y la escala temporal utilizados, existe coherencia en la previsión de las principales tendencias del cambio: los rendimientos sufren más en regiones tropicales que en latitudes más altas y las repercusiones son más graves si el calentamiento es mayor (Porter *et al.*, 2014).

Es importante señalar que en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC se presentan nuevas pruebas de la disminución prevista de los rendimientos de los cultivos en zonas que ya sufren inseguridad alimentaria. Se exponen las previsiones de estimación de los cambios en el rendimiento de los cultivos debido al cambio climático en el siglo XXI (Figura 4). Los datos utilizados comprenden resultados de 91 estudios con 1.722 estimaciones de cambios en los rendimientos de los cultivos por Challinor *et al.*, 2014. Existen amplias diferencias entre los distintos estudios por lo que hace al marco temporal, la cobertura de cultivos, los modelos de cultivos y climáticos, y los niveles de emisiones. En algunos estudios se incluyen los efectos de las medidas de adaptación y en otros no. Las escalas y la cobertura geográfica también difieren: algunas estimaciones hacen referencia a localidades, mientras que otras son de ámbito nacional, regional o mundial.

A pesar de la heterogeneidad de los estudios, sus previsiones a largo plazo apuntan a una clara

prevalencia de resultados negativos. Muestran que a medio plazo —es decir, hasta 2030 aproximadamente— los efectos positivos y negativos sobre los rendimientos podrían compensarse a escala mundial. El equilibrio después de esta fecha sería cada vez más negativo con la aceleración del cambio climático. Los datos también indican que las repercusiones previstas del cambio climático sobre los rendimientos del maíz, el trigo y el arroz en la segunda mitad del siglo XXI son con mayor frecuencia negativas en las regiones tropicales que en las regiones templadas. Sin embargo, también en muchos lugares de las regiones templadas pueden disminuir los rendimientos de los cultivos (Porter *et al.*, 2014 y Challinor *et al.*, 2014).

Un análisis más detallado de los mismos datos, realizado por la FAO para el presente informe, revela tendencias totalmente diferentes para los países en desarrollo y desarrollados. En el caso de los países en desarrollo, la mayoría de las estimaciones sobre las repercusiones en el rendimiento de los cultivos son negativas, y el porcentaje de estimaciones negativas aumenta a medida que las previsiones del estudio son a más largo plazo (Figura 5). En comparación con los países en desarrollo, las estimaciones correspondientes a los países desarrollados muestran una proporción mucho mayor de potenciales cambios positivos (Figura 6)².

En el reciente estudio consolidado llevado a cabo en el marco del Proyecto de Intercomparación y Mejoramiento de Modelos de Agricultura (AgMIP) y el Proyecto de Intercomparación del Modelo de Impacto

Continúa en página 32 »

² En los conjuntos de datos analizados se dispone de más estimaciones sobre los países en desarrollo que sobre los desarrollados. Entre las regiones en desarrollo, la mayor cantidad de estimaciones corresponde a lugares del África subsahariana, seguida del Asia oriental y el Pacífico y del Asia meridional. En el caso de ubicaciones en América Latina y el Caribe, norte de África y Asia occidental, se facilita una proporción menor de estimaciones. En cuanto a los cultivos, existen más estimaciones sobre los rendimientos del maíz o el trigo, seguidos de los del arroz y la soja. Para la mayoría de los grupos de países, el número de previsiones relativas al período 2090–2109 es muy limitado: solo cinco para los países desarrollados y 16 para los países en desarrollo; las 16 previsiones de los países en desarrollo hacen referencia al África subsahariana y todas sugieren disminuciones en los rendimientos de los cultivos de más del 10 %. No obstante, estos datos se han extraído de solo dos estudios.

CUADRO 2

ALGUNOS POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, POR REGIONES



CULTIVOS Y GANADERÍA

- ▶ Los rendimientos de los principales cultivos disminuyen ligeramente a mediados de siglo y más acusadamente para 2100
 - ▶ El clima favorece la producción de fruta en la región de los Grandes Lagos, mientras que el estrés térmico del final de la campaña compromete los rendimientos de la soja en los EE.UU.
 - ▶ El descenso de las precipitaciones limita la disponibilidad de agua a medida que aumenta la demanda de riego
 - ▶ El estrés térmico y la menor calidad de forrajes disminuyen la producción de leche y el aumento de peso en el vacuno
- ▶ En las zonas templadas aumenta la productividad de la soja, el trigo y los pastos
 - ▶ La mayor sequedad de los suelos y el estrés térmico reducen la productividad en las regiones tropicales y subtropicales
 - ▶ Mayor salinización y desertificación en las zonas áridas de Chile y Brasil
 - ▶ La agricultura de secano en las zonas semiáridas se enfrenta a mayores pérdidas de cultivos
- ▶ Las regiones polares y templadas se benefician de los cambios
 - ▶ Los beneficios iniciales en países de latitud media pasan a ser negativos con el aumento de las temperaturas
 - ▶ La variabilidad de la producción de trigo inducida por el clima aumenta en la Europa meridional y central
 - ▶ Las altas temperaturas y la humedad aumentan el riesgo de mortalidad del ganado

PESCA Y ACUICULTURA

- ▶ Muchas especies de aguas cálidas y frías se trasladan a latitudes más elevadas
 - ▶ Las aguas dulces del Ártico experimentan el mayor calentamiento y la mayoría de los efectos negativos
 - ▶ Las aguas más cálidas y la menor calidad del agua incrementan los riesgos de enfermedades para los cetáceos del Atlántico Norte y los arrecifes tropicales de coral
- ▶ Disminuye la producción primaria en el Pacífico tropical y algunas especies se trasladan hacia el sur
 - ▶ La mayor frecuencia de las tormentas, los huracanes y los ciclones perjudica a la acuicultura y la pesca del Caribe
 - ▶ Cambios en la fisiología de las especies de peces de agua dulce, hundimiento de los sistemas de los arrecifes de coral
- ▶ El calentamiento desplaza algunas poblaciones de peces hacia el norte o a aguas más profundas
 - ▶ Las especies tropicales alteran los ecosistemas costeros en los mares semicerrados de la Europa meridional
 - ▶ La acuicultura se ve afectada por la subida del nivel del mar, la acidificación y los aumentos de temperatura

ACTIVIDAD FORESTAL

- ▶ Aumentan los daños ocasionados por las plagas forestales de pino con el aumento de las temperaturas en primavera
 - ▶ Los veranos más cálidos aumentan hasta un 30 % el riesgo de incendios forestales
 - ▶ Los inviernos más cálidos fomentan la proliferación de los barrenillos, responsables de la desaparición de los bosques
- ▶ Los bosques tropicales se ven más afectados por los cambios en la disponibilidad de agua y la fertilización con CO₂ que por los cambios de temperatura
 - ▶ En Amazonia, mayor riesgo de incendios frecuentes, pérdida de bosques y "sabanización"
 - ▶ En América Central, el 40 % de las especies de manglares está amenazado de extinción
- ▶ En la Europa septentrional y atlántica, el aumento de las temperaturas y de los niveles de CO₂ en la atmósfera aumenta el crecimiento de los bosques y la producción de madera
 - ▶ Los arbustos reemplazan progresivamente a los árboles en la Europa meridional
 - ▶ La mayor incidencia de incendios forestales da lugar a un aumento considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero

FUENTES: Elaborado a partir de IPCC (2007, 2014) y FAO (2011, 2016c).



**ÁFRICA
SUBSAHARIANA**



**CERCAÑO ORIENTE
Y NORTE DE ÁFRICA**



ASIA



OCEANÍA

- ▶ Los efectos generales sobre el rendimiento de los cereales, especialmente del maíz, son negativos en toda la región
- ▶ Aumenta la incidencia de años extremadamente secos y húmedos
- ▶ Gran parte del África austral es más seca, pero las precipitaciones aumentan en África oriental y occidental
- ▶ La degradación de los pastizales y la sequía en el Sahel reducen la productividad del forraje
- ▶ El aumento de las temperaturas amenaza la producción de trigo en la región de norte de África y los rendimientos del maíz en toda la región
- ▶ Se produce un descenso general en la disponibilidad de agua, pero se da un ligero incremento en el Sudán y el sur de Egipto
- ▶ En las latitudes intermedias, el aumento de las temperaturas da lugar a pastos más ricos y a un aumento de la producción ganadera
- ▶ Los inviernos más cálidos benefician a la ganadería, pero el estrés térmico del verano tiene efectos negativos
- ▶ Las zonas agrícolas se desplazan hacia el norte a medida que se dispone de menos agua dulce en Asia meridional, oriental y sudoriental
- ▶ Las temperaturas más altas durante las fases críticas de crecimiento causan una disminución en los rendimientos del arroz en gran parte del continente
- ▶ Aumenta considerablemente la demanda de agua de riego en zonas áridas y semiáridas
- ▶ El estrés térmico limita el aumento en el número de cabezas de ganado
- ▶ En Nueva Zelanda los rendimientos del trigo aumentan ligeramente, pero la producción animal decrece al llegar la década de 2030
- ▶ En Australia, la degradación del suelo, la escasez de agua y las malezas reducen la productividad de los pastos
- ▶ En las islas del Pacífico, los agricultores se enfrentan a sequías más prolongadas, pero también a precipitaciones más fuertes
- ▶ Las temperaturas más altas aumentan las necesidades de agua de la caña de azúcar

- ▶ La subida del nivel del mar amenaza las zonas costeras, especialmente en África occidental
- ▶ Para 2050, el descenso de la producción pesquera en África occidental reduce el empleo en el sector en un 50 %
- ▶ La pesca y la acuicultura de África oriental se ven afectadas por el calentamiento, la falta de oxígeno, la acidificación y los patógenos
- ▶ Los cambios a lo largo de las costas y los deltas (p. ej. la muerte de los arrecifes de coral) tienen repercusiones en la productividad
- ▶ Los recursos hídricos utilizables en muchas cuencas del Mediterráneo y el Cercano Oriente disminuyen
- ▶ El calentamiento impulsa la productividad en el Mar de Omán
- ▶ El potencial de captura disminuye hasta un 50 % en algunas partes del Mediterráneo y el Mar Rojo
- ▶ Las inundaciones costeras afectan gravemente a la pesca de captura y la acuicultura en los grandes deltas fluviales
- ▶ Descenso general de la producción de la pesca costera y mayor riesgo de fenómenos extremos en los sistemas acuáticos
- ▶ Redistribución de la pesca de captura marina con disminución en los trópicos
- ▶ La acuicultura de agua dulce se enfrenta a grandes riesgos de escasez de agua dulce
- ▶ Para 2050, el peso corporal de los peces marinos disminuye hasta un 24 %
- ▶ Los cambios en la temperatura del agua y las corrientes aumentan la variedad de algunas especies pelágicas y reducen la de otras
- ▶ Los cambios en la temperatura y la química del agua afectan en gran medida a la pesca y la acuicultura
- ▶ La disminución de nutrientes reduce las poblaciones de krill a lo largo de la costa oriental de Australia
- ▶ Los Pequeños estados insulares, muy expuestos y muy dependientes de la pesca, padecen en mayor medida

- ▶ La deforestación, la degradación y los incendios forestales afectan a los bosques en general
- ▶ Las pérdidas de bosques reducen la flora silvestre, la carne de caza y otros productos forestales no madereros
- ▶ La escasez de agua afecta al crecimiento de los bosques en mayor medida que las temperaturas más altas
- ▶ El agotamiento de la humedad del suelo reduce la productividad de las principales especies forestales, aumenta los riesgos de incendio y altera las pautas de plagas y enfermedades
- ▶ En el Cercano Oriente, la disminución de las lluvias de verano conduce a una grave escasez de agua que afecta al crecimiento de los bosques
- ▶ Los bosques boreales y la vegetación alpina de la meseta tibetana se desplazan hacia el norte
- ▶ Muchas especies forestales se enfrentan a la extinción debido a los efectos combinados del cambio climático y la fragmentación de los hábitats
- ▶ Aumento general de la frecuencia y el alcance de los incendios forestales y del riesgo de especies invasivas, plagas y enfermedades
- ▶ Los aumentos de la productividad debidos a la fertilización con CO₂ se ven compensados por los efectos del aumento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones
- ▶ En el Pacífico, los fenómenos meteorológicos extremos ocasionan daños a los manglares

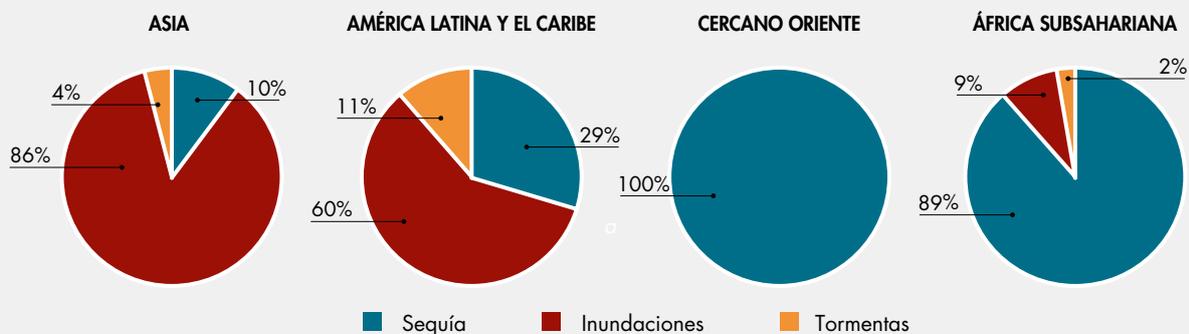
RECUADRO 6

REPERCUSIONES DE LOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

El fenómeno de oscilación austral/El Niño es un aumento de las temperaturas de la superficie del Océano Pacífico tropical que se produce aproximadamente cada dos a siete años y dura de seis a 24 meses. Algunas de sus repercusiones pueden ser aumentos enormes de las lluvias, ciclones tropicales, sequías, incendios forestales, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos en todo el mundo. El actual fenómeno de El Niño ha sido uno de los más intensos y extendidos de los últimos 100 años. Ha perjudicado a la producción agropecuaria y a los medios de vida agrícolas de todo el planeta, lo que

ha puesto en peligro la seguridad alimentaria y la nutrición de 60 millones de personas (FAO, 2016b). Los fenómenos meteorológicos extremos revisten suma importancia para la agricultura. En un estudio de la FAO se estimó que, entre 2003 y 2013, alrededor del 25 % de las repercusiones económicas totales de las catástrofes relacionadas con el clima en los países en desarrollo se hizo sentir en la agricultura; considerando solo las sequías, la proporción aumenta hasta el 84 % (FAO, 2015). Los tipos de peligro varían considerablemente de una región a otra (véase la Figura).

PÉRDIDAS DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS Y GANADO DESPUÉS DE CATÁSTROFES A MEDIA O GRAN ESCALA RELACIONADAS CON EL CLIMA, POR TIPO DE PELIGRO, 2003-13

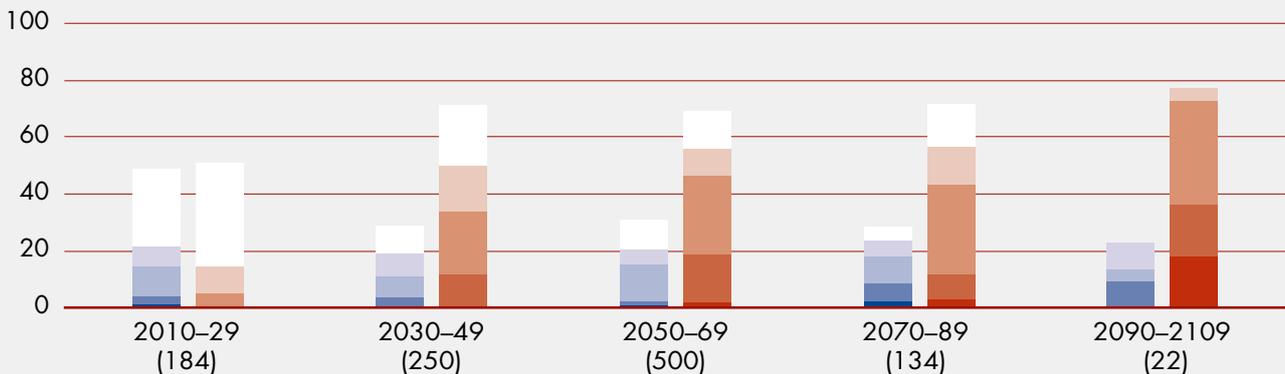


FUENTE: FAO, 2015.

FIGURA 4

CAMBIOS PREVISTOS EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS EN TODO EL MUNDO EN RAZÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

PORCENTAJE DE LAS PREVISIONES DE RENDIMIENTO (n = 1 090)

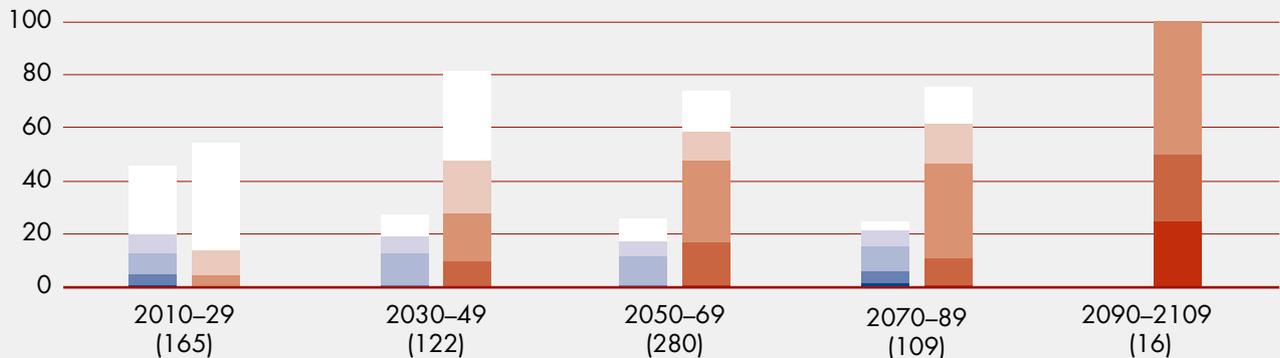


MAGNITUD DE LOS CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS:

- Positivo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%
- Negativo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%

Nota: El número de las estimaciones de cambio en el rendimiento de los cultivos se indica entre paréntesis.

FUENTES: Los datos son los mismos que los utilizados en Porter *et al.* (2014) y Challinor *et al.* (2014). Véanse los detalles en el Cuadro A.1 del Anexo. Una versión actualizada de los datos se puede consultar en CGIAR, CCAFS y Universidad de Leeds (2016).

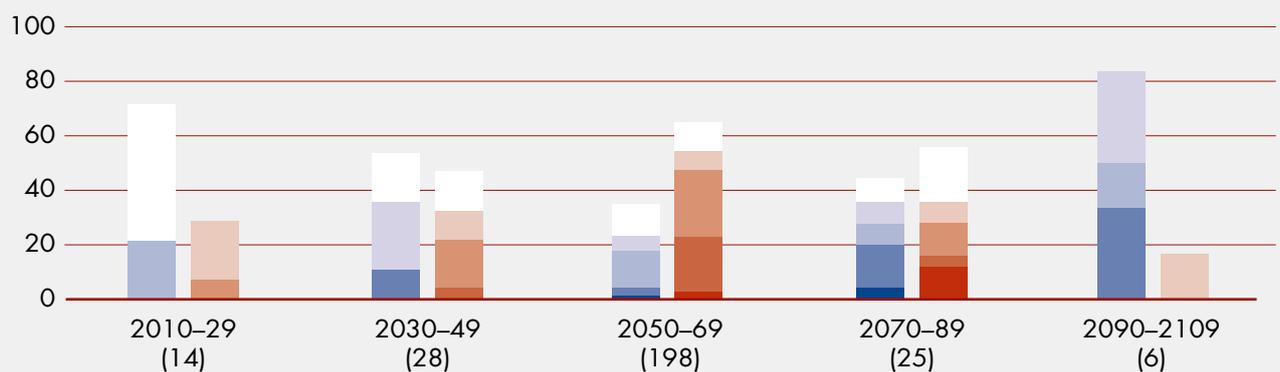
FIGURA 5**CAMBIOS PREVISTOS EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS EN LAS REGIONES EN DESARROLLO EN RAZÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**PREVISIONES DE PORCENTAJE DE RENDIMIENTO ($n = 692$)**MAGNITUD DE LOS CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS:**

Positivo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%

Negativo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%

Notas: El número de las estimaciones de cambio en el rendimiento de los cultivos se indica entre paréntesis. Las regiones en desarrollo comprenden todas las observaciones en las regiones en desarrollo de África, América Latina, Oceanía y toda Asia excepto Asia central. Véanse los detalles en el Cuadro A.1 del Anexo.

FUENTES: Véase la Figura 4.

FIGURA 6**CAMBIOS PREVISTOS EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS EN LAS REGIONES DESARROLLADAS EN RAZÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**PREVISIONES DE PORCENTAJE DE RENDIMIENTO ($n = 271$)**MAGNITUD DE LOS CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS:**

Positivo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%

Negativo 0-5% 5-10% 10-25% 25-50% 50-100%

Notas: El número de las estimaciones de cambio en el rendimiento de los cultivos se indica entre paréntesis. Las regiones desarrolladas comprenden todas las observaciones en las regiones desarrolladas como Europa, América del Norte y Oceanía. Véanse los detalles en el Cuadro A.1 del Anexo.

FUENTES: Véase la Figura 4.

» Viene de la página 27

Intersectorial (ISI-MIP) se presentan otras estimaciones de las repercusiones del cambio climático en los rendimientos de los cultivos. Ambos apuntan a efectos considerables a largo plazo, en comparación con un mundo sin cambio climático y en ausencia de mitigación del cambio climático³. Las repercusiones en los rendimientos para el año 2100 en situaciones hipotéticas de un clima con altas emisiones son disminuciones que varían del 20 % al 45 % para el maíz, del 5 % al 50 % para el trigo, del 20 % al 30 % para el arroz, y del 30 % al 60 % para la soja (Rosenzweig *et al.*, 2013). Suponiendo una eficacia plena de la fertilización por CO₂, los efectos del cambio climático sobre los rendimientos se reducen a un intervalo comprendido entre el -10 % y el -35 % para el maíz, el +5 % y el -15 % para el trigo, el -5 % y el -20 % para el arroz, y el 0 % y el -30 % para la soja. Si se tienen explícitamente en cuenta los límites en el acceso al nitrógeno, los cultivos se benefician menos de la fertilización por CO₂ y los efectos climáticos negativos se amplifican (Müller y Elliott, 2015).

La ganadería

El cambio climático perjudica la producción ganadera de muchas maneras, tanto directas como indirectas (Cuadro 2). Las repercusiones más importantes afectan a la productividad, salud y biodiversidad de los animales, a la calidad y cantidad del suministro de piensos y la capacidad de carga de los pastizales. La creciente variabilidad de las lluvias provoca escasez de agua potable, el aumento de la incidencia de las plagas y enfermedades del ganado, y cambios en su distribución y transmisión. También afecta a las especies que componen los pastos, los rendimientos de los mismos y la calidad del forraje.

³ El Proyecto de Intercomparación y Mejoramiento de Modelos de Agricultura es un marco en el que se establecen vínculos entre el clima, los cultivos, la ganadería y la economía. Se proporcionan análisis a escalas que van de los análisis sobre el terreno a los de ámbito regional y se recogen simulaciones con pruebas controladas de la sensibilidad climática e hipótesis relativas al cambio climático. Los protocolos del Proyecto AgMIP han ayudado a reducir la incertidumbre y a entender por qué existen diferencias en los resultados de la elaboración de modelos y las previsiones de los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria.

La subida de las temperaturas provoca estrés calórico en los animales, lo que tiene una serie de repercusiones negativas: reducción del consumo de piensos y de la productividad, disminución de las tasas de reproducción y mayores tasas de mortalidad. El estrés calórico también reduce la resistencia de los animales a los patógenos, parásitos y vectores (Thornton *et al.*, 2009; Niang *et al.*, 2014). Múltiples factores estresantes afectan considerablemente a la producción, la reproducción y el estado inmunitario de los animales. En estudios realizados en la India se descubrió que una combinación de las presiones relacionadas con el clima que sufren las ovejas —por ejemplo, el calor excesivo y la menor ingestión de elementos nutritivos— tuvo repercusiones graves en los mecanismos biológicos de resistencia del animal (Sejian *et al.*, 2012).

Los efectos del aumento de las temperaturas pueden reducirse en las unidades de producción intensiva de ganado vacuno, porcino y aves de corral a través del control del clima (Thornton *et al.*, 2009), siempre que se disponga de la estabulación y la energía apropiadas. Sin embargo, las condiciones más secas previstas en los amplios pastizales del África austral aumentarían la escasez de agua y, en Botswana, elevarían un 23 % para 2050 los costos del bombeo de agua de pozos entubados. En el Cercano Oriente, es muy probable que se agraven el empeoramiento de la calidad del forraje, la erosión del suelo y la escasez de agua en los pastizales semiáridos (Turrall, Burke y Faurès, 2011).

También están documentadas las repercusiones del cambio climático en la sanidad animal, en especial por lo que hace a las enfermedades transmitidas por vectores, en cuyo caso las crecientes temperaturas favorecen la supervivencia invernal de vectores y patógenos. En Europa es probable que el calentamiento del planeta aumente la actividad del falso piojo de la oveja, así como el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las garrapatas, en los meses de otoño e invierno (Gray *et al.*, 2009). Los brotes de fiebre del Valle del Rift en el África oriental están relacionados con el aumento de las lluvias y las inundaciones como consecuencia del

fenómeno de oscilación austral/El Niño (Lancelot, de La Rocque y Chevalier, 2008; Rosenthal, 2009; Porter *et al.*, 2014).

Pesca y acuicultura

El cambio climático, la variabilidad del clima y los fenómenos meteorológicos extremos agravan las amenazas a la sostenibilidad de la pesca de captura y la acuicultura en los ambientes marino y de aguas dulces (Cuadro 2). La pesca en pequeña escala de las regiones tropicales, menos desarrolladas y económicamente pobres, es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático (Porter *et al.*, 2014). Es probable que los sistemas de pesca y acuicultura sufran mayores repercusiones en aspectos como la temperatura del agua, el déficit de oxígeno, la subida del nivel del mar, el descenso del pH y cambios en las pautas de productividad.

Diversas especies de peces ya están migrando hacia los polos. Los modelos basados en las variaciones previstas en las condiciones ambientales, los tipos de hábitat y la producción primaria de fitoplancton pronostican una redistribución a gran escala del potencial de captura de la pesca marina mundial, que aumentará en promedio de un 30 % a un 70 % en las regiones situadas en altas latitudes y caerá hasta en un 40 % en los trópicos (Cheung *et al.*, 2010). La producción de la pesca y la acuicultura continentales se ve amenazada por los cambios en la precipitación y en la ordenación de los recursos pesqueros, el aumento del estrés sobre los recursos de agua dulce, y la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos (Brander, 2007; Porter *et al.*, 2014).

Los sistemas de arrecifes de coral, que son el sustento de una de cada cuatro especies marinas, estarán expuestos a un mayor riesgo debido a la doble presión de las crecientes temperaturas y la acidificación de los océanos. Las fluctuaciones en la temperatura de la superficie del mar provocaron un descoloramiento y una mortalidad masivos de los corales alrededor de las Islas Fénix de Kiribati en 2002 y 2003, lo que dio lugar a una disminución de la cubierta de coral de aproximadamente el

60 % (Alling *et al.*, 2007; Obura y Mangubhai, 2011). En octubre de 2015, la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos declaró el tercer fenómeno mundial de descoloramiento de los arrecifes de coral; los dos anteriores tuvieron lugar en 1998 y 2010. Estas perturbaciones mundiales, derivadas del cambio climático y sumadas a fenómenos como El Niño, son las amenazas de mayor magnitud y predominancia a las que se enfrentan los arrecifes de coral de todo el mundo (NOAA, 2015).

La actividad forestal

El cambio climático y la variabilidad del clima ponen en peligro la provisión de una serie de bienes y servicios ambientales fundamentales procedentes de los bosques (Cuadro 2), entre los cuales se incluyen el abastecimiento hídrico limpio y fiable, la protección contra desprendimientos, erosión y degradación de la tierra, la provisión de hábitats de animales acuáticos o terrestres o su mejora, el suministro de una serie de productos madereros y no madereros para el uso doméstico o la venta, y la generación de empleo.

De estudios recientes se desprende que, en una amplia variedad de sistemas forestales, la subida de las temperaturas y las variaciones en la precipitación están aumentando la mortalidad de los árboles a través del estrés ocasionado por el calor y por la sequía y los brotes de plagas (Allen *et al.*, 2010). En muchas zonas de bosque boreal se ha observado una disminución de la productividad de la biomasa que se ha atribuido a la sequía inducida por el calentamiento (Williams *et al.*, 2013). El calentamiento y la sequía, sumados a la disminución de la productividad, la alteración por insectos y la correspondiente mortalidad de los árboles, también favorecen el aumento de los incendios (Settele *et al.*, 2014).

Hasta hace poco, la tendencia general en el caso de los bosques de zonas templadas ha sido un aumento de la tasa de crecimiento, como consecuencia de una combinación de la

mayor duración de las temporadas de crecimiento, concentraciones de CO₂ atmosférico y deposiciones de nitrógeno más elevadas, y la ordenación forestal (Ciais *et al.*, 2008). Los modelos prevén que, para la mayoría de las especies, el espacio con posibilidad de un clima adecuado se desplazará hacia latitudes y altitudes superiores a un ritmo más rápido que la migración natural.

En el caso de los bosques tropicales, son una incertidumbre clave las consecuencias de los efectos directos del CO₂ sobre la fotosíntesis y la transpiración. En los bosques tropicales húmedos existen muchas especies que son vulnerables a la mortalidad causada por la sequía y los incendios. Además, hay indicios de que en muchos bosques, como los del Amazonas, están aumentando la frecuencia y gravedad de los incendios forestales debido a una combinación del cambio del uso de la tierra y la sequía. El cambio climático, la deforestación, la fragmentación, los incendios y la presión humana ponen a prácticamente todos los bosques tropicales secos en peligro de sustitución o degradación (Miles *et al.*, 2006). En el Asia sudoriental, la mayor variabilidad interanual de los incendios forestales como consecuencia de las sequías provocadas por El Niño aumenta los riesgos para la salud, así como la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos (Marlier *et al.*, 2013). ■

EFFECTOS EN LOS INGRESOS Y LOS MEDIOS DE VIDA

Los efectos del cambio climático sobre la producción y la productividad de los sectores de la agricultura se traducirán en repercusiones económicas y sociales casi siempre negativas, lo que afectará a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria. El cambio climático puede reducir los ingresos tanto de los hogares

como a escala nacional. Habida cuenta de la alta dependencia de la agricultura de cientos de millones de personas pobres y expuestas a la inseguridad alimentaria de zonas rurales, las posibles consecuencias para los ingresos agrícolas —con implicaciones que afectarán a todos los sectores de la economía en países de ingresos bajos que dependen fuertemente de la agricultura— son motivo de gran preocupación. El cambio climático, al agudizar la pobreza, tendría graves repercusiones negativas en la seguridad alimentaria.

Hay mucha incertidumbre respecto de la evolución futura del cambio climático, sus repercusiones concretas y las posibles respuestas. Las consecuencias para el medio ambiente y la sociedad dependen no solo de la respuesta del sistema Tierra a los cambios en la composición de la atmósfera, sino también de las fuerzas que impulsan estos cambios y de las respuestas de las personas, por ejemplo, los cambios en la tecnología, la economía y el estilo de vida.

Para evaluar las repercusiones del cambio climático en la agricultura es necesario el uso integrado de modelos relativos al clima, los cultivos y la economía a fin de tomar en consideración la reacción a las condiciones cambiantes en el sector, como las decisiones en materia de ordenación, las opciones en el uso de la tierra, el comercio y los precios a escala internacional, y los consumidores. De ahí que la comunidad de investigación sobre el clima haya formulado durante los últimos dos decenios conjuntos de hipótesis con las que describir las futuras trayectorias posibles y representar muchas de las principales fuerzas impulsoras importantes para servir de fundamento a las políticas en materia de cambio climático.

Se han empleado algunas de estas hipótesis para analizar los efectos del cambio climático en los ecosistemas agrícolas, los sectores de la agricultura, las tendencias socioeconómicas y, en última instancia, la seguridad alimentaria. Con el fin de garantizar un análisis más acertado y coherente del clima futuro y sus repercusiones, en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC se adoptó un conjunto de trayectorias de



PROYECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: LAS RCP Y LAS SSP

Las trayectorias de concentración representativas (RCP) son cuatro trayectorias hipotéticas de la concentración de los gases de efecto invernadero durante el siglo XXI (Moss *et al.*, 2008) que adoptó el IPCC para su Quinto Informe de Evaluación. Las RCP representan una amplia variedad de posibles cambios en las futuras emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero*:

RCP 2.6 – las emisiones alcanzan el valor máximo entre 2010 y 2020 y a continuación disminuyen considerablemente.

RCP 4.5 – las emisiones alcanzan el valor máximo hacia el año 2040 y a continuación disminuyen.

RCP 6.0 – las emisiones alcanzan el valor máximo hacia el año 2080 y a continuación disminuyen.

RCP 8.5 – las emisiones siguen aumentando durante todo el siglo XXI.

La RCP 2.6 se corresponde con el objetivo de mantener el calentamiento del planeta por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales. Las situaciones hipotéticas en que no se llevan a cabo actividades adicionales para mitigar las emisiones dan lugar a trayectorias comprendidas entre la RCP 6.0 y la RCP 8.5.

Las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) describen tendencias alternativas plausibles en la evolución de la sociedad y los ecosistemas a lo largo del siglo XXI. Las SSP se vienen utilizando junto con las RCP para analizar el cambio climático en función de su relación con factores como el crecimiento de la población mundial, el desarrollo económico y el progreso tecnológico. Se basan en hipótesis de posibles futuros en los que se presentan distintas dificultades en materia de adaptación y mitigación (O'Neill *et al.*, 2014; Van der Mensbrugghe, 2015):

SSP1: Sostenibilidad. El desarrollo sostenible continúa a gran velocidad, las desigualdades se reducen y el avance tecnológico es rápido y ecológicamente inocuo, con inclusión de fuentes energéticas con menores emisiones de carbono y una alta productividad de la tierra.

SSP2: Si todo sigue igual (a mitad de camino).

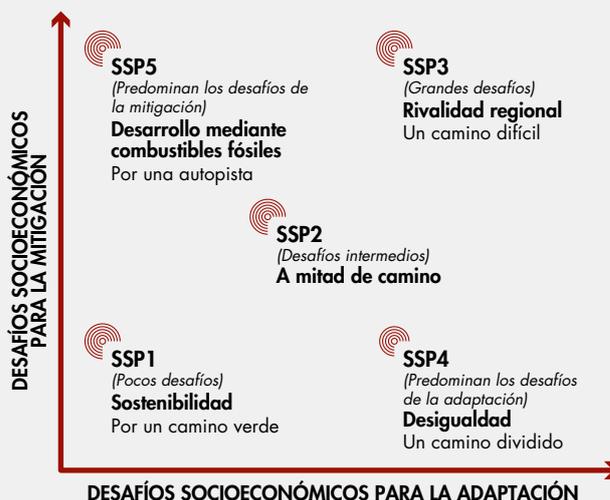
La población alcanza su máximo en 2070, el crecimiento del PIB es moderado, y la desigualdad se reduce a un ritmo constante; los porcentajes del PIB del África subsahariana y el Asia meridional aumentan significativamente.

SSP3: Rivalidad regional. La población crece rápidamente, el crecimiento económico es moderado y el avance tecnológico en el sector energético, lento. Las grandes desigualdades provocan una reducción de los flujos comerciales, lo que hace que muchas partes del mundo sean vulnerables y tengan poca capacidad de adaptación.

SSP4: Desigualdad. El rápido desarrollo de tecnologías energéticas con bajas emisiones de carbono en las principales regiones de emisión de gases de efecto invernadero conduce a una capacidad de mitigación relativamente alta, si bien en otras regiones el desarrollo es lento, la desigualdad grande y la capacidad de adaptación limitada.

SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles. Elevado crecimiento del PIB utilizando tecnologías energéticas convencionales, asociado a la continuidad de altas emisiones. Sin embargo, dado que el crecimiento es relativamente equitativo, el mundo tiene una mayor capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático.

CINCO VÍAS SOCIOECONÓMICAS COMUNES



Nota: SSP = Sigla en inglés de "trayectoria socioeconómica compartida" (shared socio-economic pathway).

FUENTE: O'Neill *et al.*, 2015.

* Los nombres de las RCP se corresponden con el posible intervalo de valores de forzamiento radiativo en el año 2100, en relación con los valores preindustriales (+2,6, +4,5, +6,0, y +8,5 W/m²). Los valores de forzamiento radiativo son la diferencia entre la energía de la luz solar absorbida por la Tierra y la energía emitida por esta nuevamente al espacio.

- » concentración representativas (RCP), que constituyen escenarios climáticos hipotéticos basados en la magnitud de las emisiones anuales mundiales de gases de efecto invernadero. El IPCC también ayudó a catalizar la elaboración de trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP), que describen futuros alternativos de desarrollo, a fin de utilizarlas junto con las RCP para analizar la reacción entre el cambio climático y los factores socioeconómicos (Recuadro 7).

Nelson *et al.* (2014a) han diseñado un protocolo común para comparar los resultados de un conjunto de nueve modelos relativos al clima, los cultivos y la economía en el marco de la hipótesis RCP 8.5 (las emisiones anuales mundiales de gases de efecto invernadero siguen aumentando durante todo el siglo XXI), sin tener en cuenta la fertilización por CO₂ de los cultivos. Los autores comparan los efectos de la perturbación exógena del cambio climático en los rendimientos de cuatro conjuntos de cultivos (cereales secundarios, semillas oleaginosas, trigo y arroz) que representan alrededor del 70 % de la superficie cosechada de todo el mundo. En promedio, la repercusión biofísica de la perturbación del cambio climático sobre los rendimientos es una disminución del 17 %. En los modelos económicos se transfiere la repercusión de la perturbación a las variables de respuesta. Los productores responden a las subidas de precio derivadas de la perturbación, por un lado, intensificando las prácticas de gestión, lo que da lugar a una disminución final media del 11 % en el rendimiento, y, por otro lado, ampliando el área cultivada un 11 % de media.

La suma de la disminución en el rendimiento y el aumento de la superficie tiene como resultado una reducción media de la producción de solo el 2 %. El consumo baja ligeramente: en promedio un 3 %. Las variaciones en las cuotas de mercado se compensan entre las regiones, pero la proporción del comercio mundial en la producción mundial aumenta en un 1 % de media. Los precios medios al productor suben un 20 %. La orientación de las respuestas es común a todos los modelos, pero su magnitud varía considerablemente en los distintos modelos, cultivos y regiones. Si bien la disminución media

del consumo es relativamente pequeña, es probable que las subidas de precio causadas por el carácter inelástico de la demanda mundial aumenten los costos de los alimentos de manera significativa para las personas pobres.

La función fundamental de la agricultura de apoyo a los medios de vida de la mayoría de las personas pobres del mundo, así como su especial vulnerabilidad al cambio climático, quedó confirmada en un estudio llevado a cabo por el Banco Mundial, en el que se comparó la hipótesis más pesimista y la más optimista con una hipótesis sin cambio climático (Hallegatte *et al.*, 2015). En una situación de fuertes repercusiones del cambio climático, un rápido crecimiento de la población y una economía estancada, aumentarían en 122 millones las personas que vivirían en condiciones de extrema pobreza para 2030 (Cuadro 3). Con el mismo grado de repercusiones del cambio climático, pero con un acceso universal a los servicios básicos, una menor desigualdad y una pobreza extrema que afecte a menos del 3 % de la población mundial, se prevé que el número de pobres aumente en solo 16 millones (Rozenberg y Hallegatte, 2015). En el caso más pesimista, la mayor parte del aumento previsto del número de pobres se da en África (43 millones) y en el Asia meridional (62 millones). La disminución de los ingresos en el sector agrícola explica la mayor parte del aumento de la pobreza como resultado del cambio climático. Esto se debe a que las reducciones más severas de la producción alimentaria y las mayores subidas de los precios de los alimentos tienen lugar en África y la India, que representan un alto porcentaje de las personas pobres del mundo. El segundo factor más importante del aumento de la pobreza son las repercusiones en la salud, seguidas de las consecuencias de la subida de las temperaturas en la productividad de la mano de obra.

En los estudios llevados a cabo recientemente por la FAO sobre la adaptación a los cambios climáticos en los sistemas agrícolas en pequeña escala en el África subsahariana se muestra cómo los períodos secos, el comienzo tardío de las lluvias y las altas temperaturas afectan a los ingresos en el ámbito de las



CUADRO 3
NÚMERO DE PERSONAS QUE VIVEN EN CONDICIONES DE POBREZA EXTREMA EN 2030 CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO, EN DIFERENTES SITUACIONES CLIMÁTICAS Y SOCIOECONÓMICAS

		Hipótesis de cambio climático				
		Sin cambio climático	Pocos efectos		Grandes efectos	
		Número de personas en la pobreza extrema	Número adicional de personas en la pobreza extrema debido al cambio climático			
Hipótesis socio-económica	Prosperidad	142 millones	+3 millones		+16 millones	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
			+3 millones	+6 millones	+16 millones	+25 millones
	Pobreza	900 millones	+35 millones		+122 millones	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
			-25 millones	+97 millones	+33 millones	+165 millones

Notas: En los principales resultados se utilizan las dos hipótesis representativas de la prosperidad y la pobreza. Los rangos se basan en las 60 hipótesis alternativas para cada categoría. Las RCP y las SSC se explican en el Recuadro 7.
FUENTE: Adaptado de Rozenberg y Hallegatte (2015).

CUADRO 4
CAMBIOS EN LOS INGRESOS AGRÍCOLAS ASOCIADOS CON EL AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS EN DETERMINADAS ZONAS DE AMÉRICA LATINA

Cobertura geográfica	Referencia	Aumentos de temperatura (°C)	Cambio en los ingresos
		(°C)	(%)
Argentina	Lozanoff y Cap (2006)	2,0 a 3,0	-20 a -50
Brasil	Sanghi y Mendelsohn (2008)	1,0 a 3,5	-1,3 a -38,5
México	Mendelsohn, Arellano y Christensen (2010)	2,3 a 5,1	-42,6 a -54,1
	Seo y Mendelsohn (2007)	1,9, 3,3 y 5	-20, -38 y -64 (explotaciones agrícolas en pequeña escala) -8, -28 y -42 (grandes explotaciones agrícolas)
América del Sur	Seo y Mendelsohn (2008)	1,9, 3,3 y 5 para 2020	2,3 a -14,8
		1,9, 3,3 y 5 para 2060	-8,6 a -23,5
		1,9, 3,3 y 5 para 2100	-8,4 a -53
	Seo (2011)	1,2, 2,0 y 2,6	17 a -36 (riego privado) -12 a -25 (riego privado) -17 a -29 (cultivo de secano)

FUENTE: Adaptado de Bárcena *et al.* (2014).

» explotaciones agrícolas⁴. En todos los casos, las perturbaciones climáticas redujeron notablemente la productividad o el valor de la cosecha y, a su vez, restringieron el acceso a los alimentos. Las perturbaciones afectan al capital físico, cuando los activos quedan destruidos —por ejemplo, debido a la muerte del ganado— o cuando los agricultores se ven obligados a vender el capital productivo, como el ganado bovino, para superar la crisis de ingresos. Asimismo, merman la capacidad de los agricultores de invertir, lo que tiene consecuencias negativas para la seguridad alimentaria futura.

Bárcena *et al.* (2014) resumieron los resultados de una serie de estudios sobre las repercusiones previstas del cambio climático en los ingresos agrícolas en América del Sur. Si bien hay una gran variación entre los modelos y las hipótesis, se ha concluido que las repercusiones previstas son generalmente negativas en una amplia variedad de lugares. En el Cuadro 4 se presentan algunos resultados de los países de América del Sur así como de la región en su conjunto.

A escala nacional, la disminución de la producción como consecuencia del cambio climático puede provocar un aumento de los precios de los alimentos y los piensos, lo que perjudicaría la situación socioeconómica de toda la población y su seguridad alimentaria. Estas repercusiones son particularmente decisivas en los países en los que gran parte del presupuesto de los hogares se gasta en alimentos. Pueden venir acompañadas de importantes efectos macroeconómicos en los lugares en los que la agricultura realiza una contribución considerable al PIB o al empleo nacionales.

Lam *et al.* (2012) elaboraron modelos de las implicaciones económicas y sociales de las variaciones inducidas por el cambio climático en la disponibilidad de especies de la pesca marina en 14 países del África occidental para 2050. Utilizando la hipótesis de intervalo de emisiones altas A1B del

Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (IE-EEE), prevé una disminución del valor del pescado desembarcado del 21 % y una pérdida anual total de 311 millones de dólares estadounidenses en comparación con los valores del año 2000, así como una pérdida de empleos relacionados con la pesca de casi el 50 %, siendo Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona y Togo los países que sufrirían las consecuencias más graves.

La mayoría de previsiones de las repercusiones del cambio climático en el precio de los alimentos apunta a aumentos, si bien la magnitud y los lugares varían considerablemente según los modelos y las hipótesis climáticas. En un estudio en el que se unieron escenarios relativos al crecimiento de la población y de los ingresos y escenarios del cambio climático se examinaron las posibles repercusiones en 15 combinaciones diferentes. En una situación hipotética optimista de bajo crecimiento demográfico y elevado crecimiento de los ingresos y empleando los resultados medios de los escenarios relativos al cambio climático, se trazaron incrementos medios previstos de los precios para 2050, en comparación con los valores de 2010, del 87 % para el maíz, el 31 % en el caso del arroz y el 44 % para el trigo (Nelson *et al.*, 2010). Otra posible consecuencia del cambio climático es la volatilidad de los precios de los alimentos (Porter *et al.*, 2014), si bien el alcance de la volatilidad se ve en gran medida influenciado por las políticas nacionales, como las prohibiciones de las exportaciones y otras medidas comerciales restrictivas que exacerban las fluctuaciones de los precios en los mercados internacionales.

Se prevé que el aumento del comercio tenga un papel importante en la adaptación a las variaciones en las modalidades de cultivo y de producción alimentaria derivadas del cambio climático (Nelson *et al.*, 2010; Chomo y De Young, 2015). Se aborda la función de adaptación del comercio en un estudio llevado a cabo por Valenzuela y Anderson (2011), en el que se concluye que el cambio climático podría provocar una disminución sustancial de la tasa de autosuficiencia alimentaria de los países en desarrollo de alrededor del 12 % para 2050. Si bien el comercio puede contribuir a la

⁴ Véase en relación con Etiopía: Asfaw, Coromaldi y Lipper (2015a y b); el Níger: Asfaw, DiBattista y Lipper (2015); Malawi: Asfaw, Maggio y Lipper (2015); República Unida de Tanzania: Arslan, Belotti y Lipper (2016); Zambia: Arslan *et al.* (2015).

adaptación al cambio climático y al cambio de las modalidades internacionales de producción, en última instancia solo podrán acceder a los mercados mundiales los países y segmentos de la población con suficiente poder adquisitivo. De ahí que el crecimiento económico inclusivo sea una condición previa imprescindible para lograr una seguridad alimentaria estable.

El cambio climático también puede provocar cambios en los modelos de inversión que darían lugar a reducciones de la productividad y la resiliencia a largo plazo de los sistemas agrícolas a escala de los hogares y a escala nacional. La incertidumbre desincentiva la inversión en la producción agrícola, lo que podría contrarrestar los beneficios de los productores agrícolas derivados de la subida de los precios. Este es sobre todo el caso de los pequeños agricultores con un acceso limitado o inexistente al crédito y los seguros. Una mayor exposición a los riesgos, en ausencia de mercados de seguros que funcionen correctamente, puede conducir a las situaciones siguientes: un mayor hincapié en cultivos de subsistencia de bajo riesgo y escaso beneficio, menos posibilidades de utilizar los insumos adquiridos, como los fertilizantes, y de poner en práctica nuevas tecnologías y la reducción de los niveles de inversión (Antle y Crissman, 1990; Dercon y Christiaensen, 2011; Fafchamps, 1992; Feder, Just y Zilberman, 1985; Heltberg y Tarp, 2002; Kassie *et al.* 2008; Roe y Graham-Tomasi, 1986; Sadoulet y de Janvry, 1995; Skees, Hazell y Miranda, 1999). Todas estas respuestas generalmente dan lugar a una disminución de los beneficios, tanto actuales como futuros, de la explotación agrícola (Hurley, 2010; Rosenzweig y Binswanger, 1993). ■

MÁS MILLONES EN RIESGO DE PADECER HAMBRE

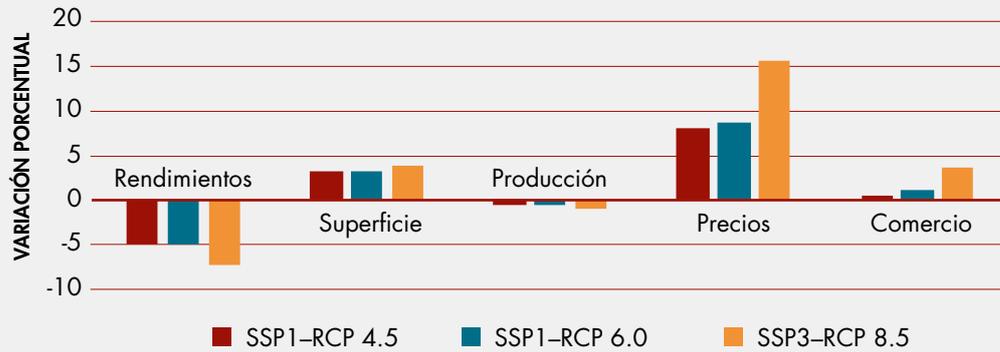
Si bien el cambio climático plantea amenazas concretas a la seguridad alimentaria futura, sus posibles repercusiones variarán según la región,

el país y el lugar, y afectarán a distintos grupos de población en función de su vulnerabilidad. Las futuras tendencias de la seguridad alimentaria también se verán influidas por las condiciones socioeconómicas generales, que, a su vez, afectarán a la vulnerabilidad de países y poblaciones de todo el mundo.

En el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC se estimó que, dependiendo del escenario relativo al cambio climático y de la trayectoria del desarrollo socioeconómico, entre 34 millones y 600 millones más de personas podrían padecer hambre para 2080 (Yohe *et al.*, 2007; Parry, Rosenzweig y Livermore, 2004). Arnell *et al.* (2001) previeron que, sin cambio climático, 312 millones de personas en todo el mundo estarían en riesgo de padecer hambre en la década de 2050, y 300 millones de personas en la década de 2080. En una situación en que no se mitigara el cambio climático, estas cifras aumentarían hasta los 321 millones en la década de 2050 y los 391 millones de personas en la de 2080. Entre las regiones en desarrollo, el Asia meridional y África serían las más expuestas a un aumento del riesgo de padecer hambre como resultado del cambio climático. La amplia gama de estimaciones sobre el número de personas en riesgo de padecer hambre debido al cambio climático apunta a incertidumbres relativas a algunos de los procesos, tanto biofísicos como socioeconómicos. Sin embargo, las cifras indican que no se debería subestimar la repercusión.

Al analizar las posibles consecuencias futuras del cambio climático en la seguridad alimentaria, es importante tener en cuenta que la alimentación y la agricultura se verán afectadas por otros motores del cambio, como el crecimiento de la población y los ingresos. Esto se ilustra en un análisis de los efectos del cambio climático basado en 15 situaciones hipotéticas —una combinación de tres escenarios relacionados con el desarrollo económico y cinco relativos al cambio climático—, en el que se concluyó que hasta 2050 el crecimiento económico influirá en la seguridad alimentaria mundial en mucho mayor grado que el cambio climático, aunque el cambio climático agrava las consecuencias negativas (Nelson *et al.*, 2009).

Continúa en página 42 »

FIGURA 7**REPERCUSIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL RENDIMIENTO, LA SUPERFICIE, LA PRODUCCIÓN, LOS PRECIOS Y EL COMERCIO DE LOS CULTIVOS EN 2050 A NIVEL MUNDIAL**

Notas: Los cultivos incluidos son los cereales secundarios, el arroz, el trigo, las semillas oleaginosas y el azúcar. Las RCP y las SSP se explican en el Recuadro 7.

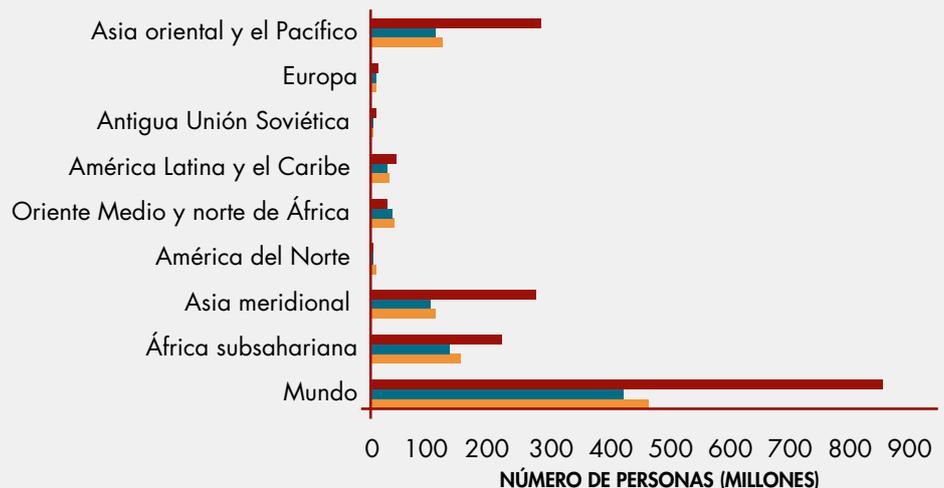
FUENTE: Wiebe *et al.*, 2015.

FIGURA 8**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA POBLACIÓN EXPUESTA AL RIESGO DE PADECER HAMBRE EN 2050, POR REGIONES**

- 2010
- 2050–Sin CC
- 2050–CC

Notas: Resultados del modelo IMPACT en caso de SSP2 y RCP 8,5. Las RCP y las SSP se explican en el Recuadro 7. La población expuesta al riesgo de padecer hambre se estima como una función de la disponibilidad de energía alimentaria con respecto a las necesidades de la misma.

FUENTE: Wiebe *et al.*, 2015.

**FIGURA 9****POBLACIÓN EN RIESGO DE PADECER HAMBRE, CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO**

Notas: El rango del cambio climático (CC) está representado por las RCP 2,6; 4,5; 6,0 y 8,5; en los resultados de la simulación se presupone una trayectoria socioeconómica compartida intermedia (SSP2). Las RCP y las SSP se explican en el Recuadro 7.

FUENTE: Simulaciones realizadas utilizando el modelo IMPACT del IFPRI, citado en De Pinto, Thomas y Wiebe (2016).

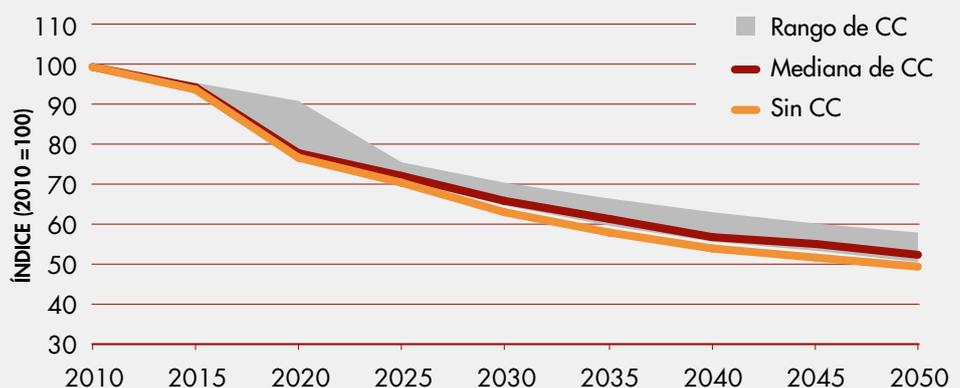
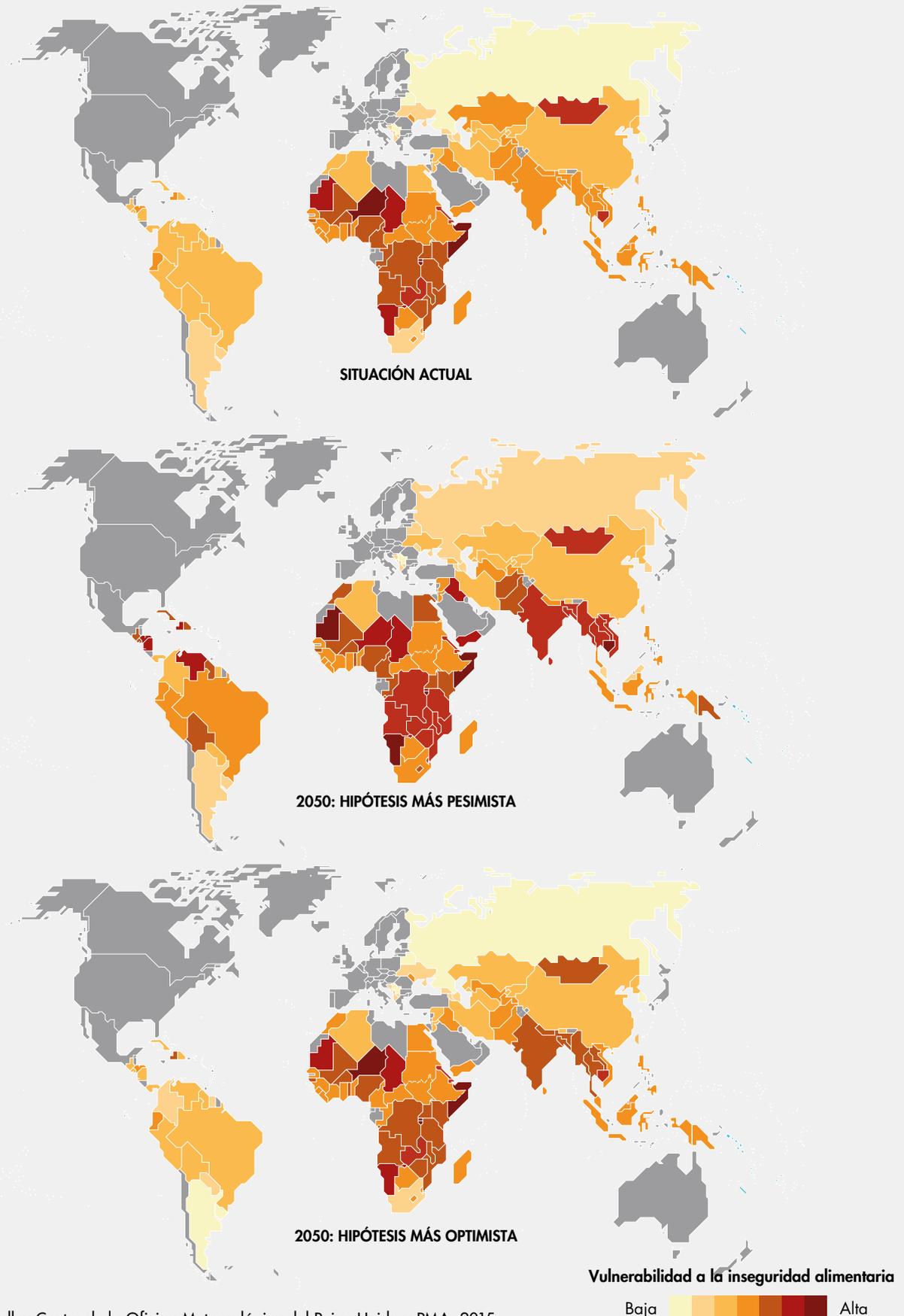


FIGURA 10

INSEGURIDAD ALIMENTARIA Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO: SITUACIÓN ACTUAL E HIPÓTESIS MÁS PESIMISTA Y MÁS OPTIMISTA



FUENTE: Hadley Centre de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y PMA, 2015.

» Viene de la página 39

El Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) y otros grupos de elaboración de modelos económicos mundiales, colaborando en el contexto del Proyecto de Intercomparación y Mejoramiento de Modelos de Agricultura y sobre la base del trabajo anterior de Nelson *et al.* (2014b), emplearon diferentes combinaciones de RCP y SSP para explorar los posibles efectos del cambio climático —en conjunción con otros cambios socioeconómicos— en la producción, los rendimientos, la superficie cultivada, los precios y el comercio de los principales cultivos (Wiebe *et al.*, 2015).

De los resultados se desprende que para 2050, en relación con un mundo sin cambio climático, los rendimientos medios mundiales de los cultivos disminuirán entre un 5 % y un 7 %, dependiendo de los supuestos sobre las tasas de cambio socioeconómico y climático, mientras que la superficie cosechada aumentará alrededor de un 4 % (Figura 7). Las repercusiones del cambio climático en la producción total serán relativamente pequeñas. Sin embargo, tanto la superficie cosechada como los precios de los alimentos básicos aumentarán a un ritmo aproximadamente dos veces superior al previsto en ausencia de cambio climático, lo que podría tener consecuencias importantes en el medio ambiente y la seguridad alimentaria.

Las repercusiones variarán según el cultivo y la región, así como el ritmo del cambio climático. En latitudes más altas, las pérdidas en los rendimientos serán menores, e incluso se producirán algunos beneficios al alargarse las temporadas de crecimiento. Las pérdidas serán mayores en las regiones de latitudes inferiores. Los rendimientos del maíz disminuyen en la mayoría de las regiones en casi todos los supuestos. Las repercusiones en el trigo son reducidas en el plano mundial, ya que las pérdidas del Asia meridional y el África subsahariana se ven compensadas por los aumentos de otros lugares (véase la Figura 1).

En un análisis conexo, el IFPRI concluyó que, de no haber cambio climático durante ese período, la mayoría de regiones experimentarían una reducción del número de personas en riesgo de

padecer hambre entre 2010 y 2050. Sin embargo, el cambio climático contrarrestará parte de estos beneficios. Los resultados del modelo IMPACT del IFPRI indican que, para el año 2050, en un escenario de altas emisiones (RCP 8.5), más de 40 millones más de personas podrían encontrarse en riesgo de subalimentación en comparación con una situación sin cambio climático. Si bien el aumento derivado del cambio climático es menor que la reducción mundial prevista del número de personas subalimentadas, gracias al crecimiento y desarrollo económicos, se trata de un valor significativo. También es probable que sea una estimación conservadora, ya que se basa en la hipótesis relativa al crecimiento económico en el supuesto de que no cambien las condiciones actuales (SSP2), y no tiene en cuenta las repercusiones de los fenómenos extremos, el aumento del nivel del mar, el derretimiento de los glaciares, las alteraciones en el comportamiento de las plagas y enfermedades, y otros factores que se prevé que cambien debido al clima, especialmente después de 2050.

En el marco del escenario RCP 8.5 de altas emisiones, la mayor parte de la menor reducción prevista del número de personas en riesgo de padecer hambre se encuentra en el África subsahariana (Figura 8). La pérdida se concentra en dicha región, en parte porque otras regiones se benefician de alguna producción en zonas de latitudes más elevadas, y en parte también porque los ingresos y la seguridad alimentaria de otras regiones dependen menos de la agricultura.

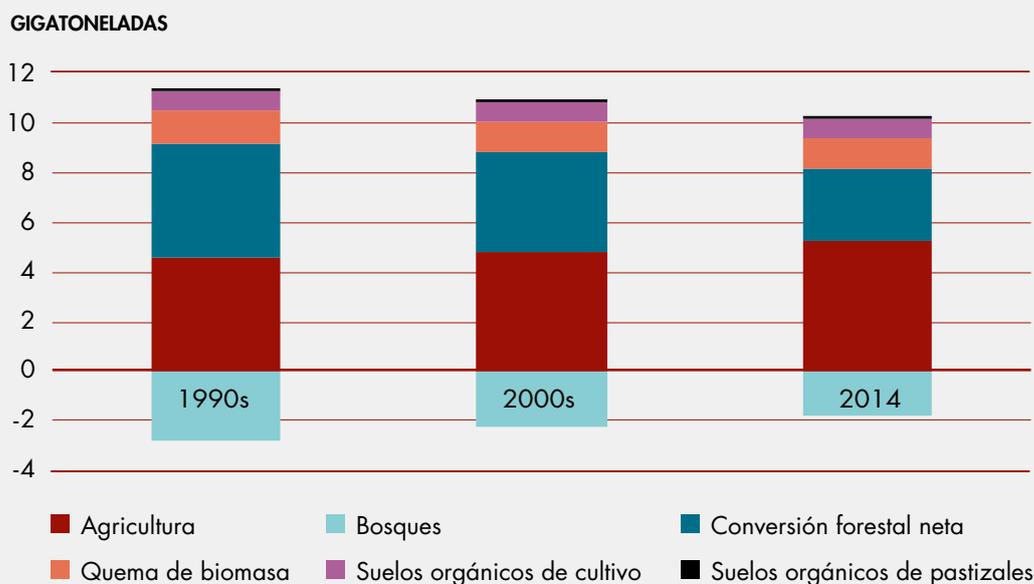
Sin embargo, hay que recordar que el cambio climático no es el único factor impulsor de las tendencias futuras en la pobreza y la inseguridad alimentaria. En la Figura 9 se muestra cómo se prevé que el cambio climático afecte al riesgo mundial de padecer hambre a lo largo del tiempo, según diversas repercusiones del cambio climático y el escenario socioeconómico intermedio (SSP2). La tendencia a la baja en el número de personas subalimentadas con o sin cambio climático indica que los efectos totales del cambio climático durante el período hasta 2050 son menores que los del resto de factores incluidos

Continúa en página 45 »

CUADRO 5
EMISIONES Y ABSORCIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO POR TODOS LOS SECTORES Y POR LA AGRICULTURA, LA ACTIVIDAD FORESTAL Y EL USO DE LA TIERRA (ASOUT) EN 2010

	Todos los sectores	ASOUT	ASOUT		Contribución de ASOUT como proporción del total	Proporción de las emisiones de gases en el total de ASOUT
			Agricultura	Actividad forestal y uso de la tierra		
Gigatoneladas de CO ₂ equivalente						(%)
Emisiones						
Dióxido de carbono (CO ₂)	38,0	5,2		5,2	13,6	48,7
Metano (CH ₄)	7,5	3,2	2,9	0,3	42,3	29,7
Óxido nítrico (N ₂ O)	3,1	2,3	2,2	0,1	75,0	21,6
Otros	0,8				0	0
Total de emisiones	49,4	10,6	5,1	5,5	21,5	100
Absorciones (sumideros)						
Dióxido de carbono (CO ₂)		-2,6		-2,6		

FUENTE: FAO, de próxima publicación.

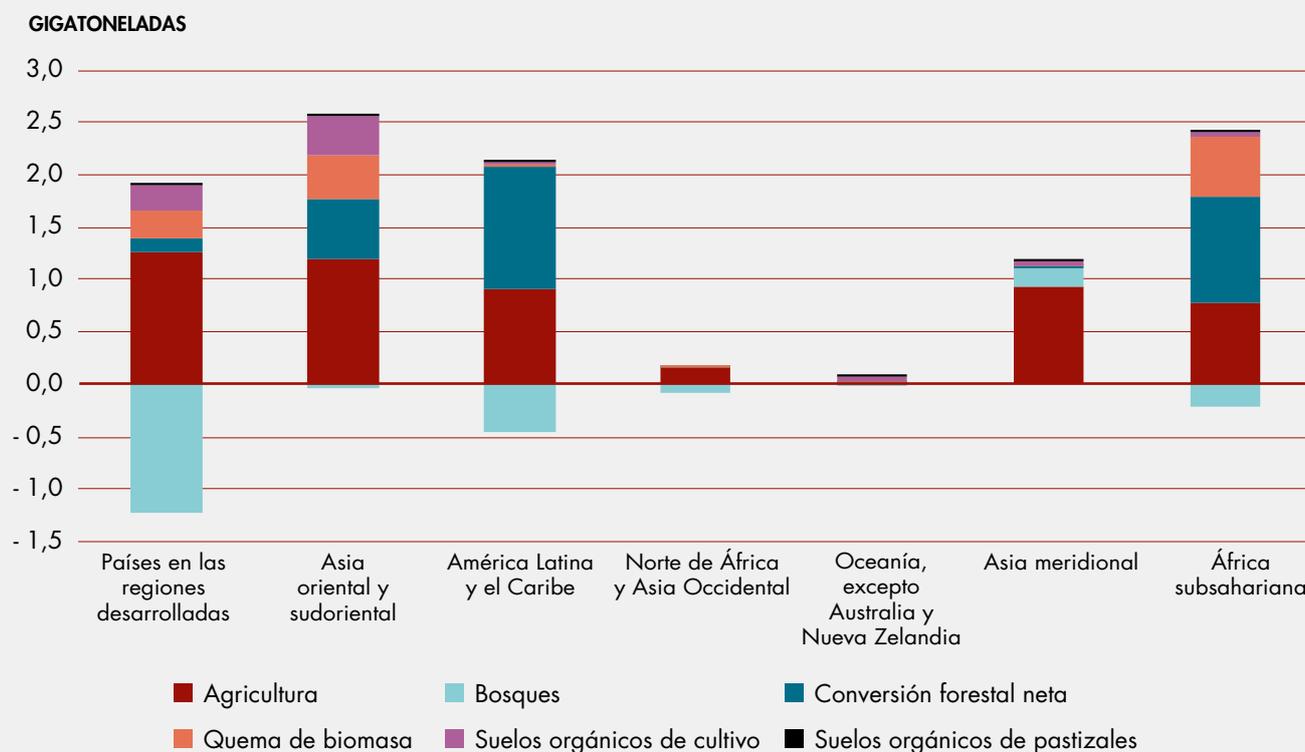
FIGURA 11
PROMEDIO ANUAL DE EMISIONES NETAS/ABSORCIÓN DE SECTORES ASOUT EN CO₂ EQUIVALENTE


Nota: Véanse las notas en los cuadros del Anexo para consultar las definiciones.

FUENTE: FAO, 2016d. Véanse los detalles en el Cuadro A.2 del Anexo.

FIGURA 12

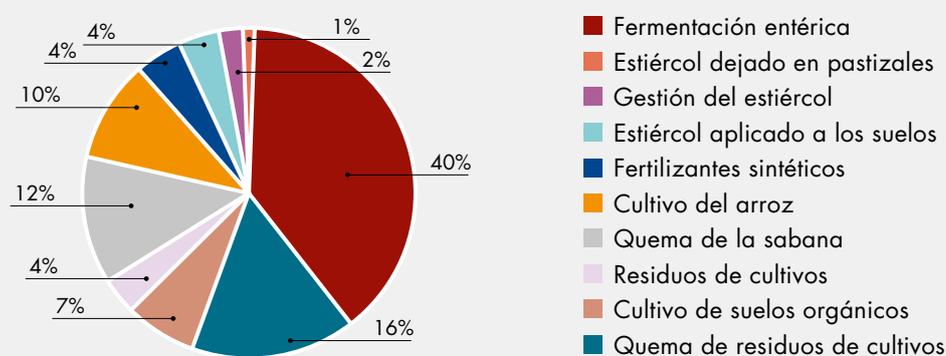
EMISIONES NETAS/ABSORCIÓN DE SECTORES ASOUT EN CO₂ EQUIVALENTE EN 2014, POR REGIONES



FUENTE: FAO, 2016d. Véanse los detalles en el Cuadro A.2 del Anexo.

FIGURA 13

PROPORCIÓN DE LAS EMISIONES AGRÍCOLAS EN CO₂ EQUIVALENTE EN 2014, POR ORIGEN Y A NIVEL MUNDIAL



Nota: Véanse las notas en los cuadros del Anexo para consultar las definiciones de las fuentes.

FUENTE: FAO, 2016d. Véase el Cuadro A.3 del Anexo.

TRES FUENTES PRINCIPALES DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA AGRICULTURA EN 2014, POR REGIONES

Clasificación	Países en las regiones desarrolladas	Asia oriental y sudoriental	América Latina y el Caribe	Norte de África y Asia Occidental	Oceanía, excepto Australia y Nueva Zelandia	Asia meridional	África subsahariana
1	Fermentación entérica (37 %)	Cultivo del arroz (26 %)	Fermentación entérica (58 %)	Fermentación entérica (39 %)	Cultivo de suelos orgánicos (59 %)	Fermentación entérica (46 %)	Fermentación entérica (40 %)
2	Fertilizantes sintéticos (17 %)	Fermentación entérica (24 %)	Estiércol dejado en pastizales (23 %)	Estiércol dejado en pastizales (32 %)	Fermentación entérica (14 %)	Cultivo del arroz (15 %)	Estiércol dejado en pastizales (28 %)
3	Gestión del estiércol (12 %)	Fertilizantes sintéticos (17 %)	Fertilizantes sintéticos (6 %)	Fertilizantes sintéticos (18 %)	Gestión del estiércol (14 %)	Fertilizantes sintéticos (15 %)	Quema de la sabana (21 %)

FUENTE: FAO, 2016d.

» Viene de la página 42

en el escenario socioeconómico, en particular el crecimiento de los ingresos. En una situación sin cambio climático, se prevé que en la mayoría de las regiones disminuya el número de personas en riesgo de padecer hambre. Estos avances se ven en parte frenados por el cambio climático, sobre todo en el África subsahariana.

La vulnerabilidad de las poblaciones del África subsahariana, así como de partes del Asia meridional, a la inseguridad alimentaria derivada del cambio climático también se desprende de las proyecciones del Programa Mundial de Alimentos y el Centro Hadley de la Met Office (Reino Unido). Su trabajo conjunto se atiene en gran medida a los métodos utilizados por Krishnamurthy, Lewis y Choularton (2014), definiendo la vulnerabilidad mediante un índice compuesto basado en medidas de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación. Se formularon previsiones de los futuros niveles de vulnerabilidad para dos períodos de tiempo: 2050 y 2080. Se examinaron tres hipótesis relativas al cambio climático: bajas emisiones (RCP 2.6), emisiones medias (RCP 4.5) y altas emisiones (RCP 8.5). Las previsiones de cada escenario se realizaron utilizando 12 modelos diferentes del clima, cuyo resultado medio se tomó como el valor de los respectivos indicadores de la sequía y las inundaciones. Se tuvieron en cuenta situaciones hipotéticas sin adaptación, así como con un nivel bajo y alto de adaptación.

En la Figura 10 se muestra la vulnerabilidad actual y en 2050 en el marco de dos escenarios diferentes: el más pesimista, con emisiones altas (RCP 8.5) y sin adaptación, y el más optimista, con emisiones bajas (RCP 2.6) y altos niveles de adaptación. Los casos con mayor

nivel de vulnerabilidad se dan en zonas del África subsahariana y el Asia meridional y sudoriental, donde es probable que millones de personas sufran mayor riesgo de inseguridad alimentaria como consecuencia del cambio climático para la década de 2050. El aumento de la vulnerabilidad es enorme en la hipótesis más pesimista. Por el contrario, en el caso más optimista, esta se reduce en gran medida y, de hecho, en algunos países alcanza niveles inferiores a los actuales. ■

LA FUNCIÓN DE LOS SECTORES AGRÍCOLAS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

Según las estimaciones de la FAO (Cuadro 5), las emisiones procedentes de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra fueron de 10,6 gigatoneladas (Gt) de equivalente de dióxido de carbono en el año 2014. El sector emite tres tipos de gases de efecto invernadero antropógenos: dióxido de carbono (CO₂), el hidrocarburo metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Las principales fuentes de tales emisiones son la deforestación, la fermentación entérica en el ganado, el estiércol que queda en los campos, los fertilizantes químicos aplicados y las prácticas de cultivo del arroz. La deforestación y la erosión del suelo también han reducido la capacidad del sector para absorber (es decir, captar) el dióxido de carbono de la atmósfera. El dióxido de carbono y el metano suponen el 49 % y el 30 %,

respectivamente, de las emisiones generadas por la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra. Esto representa el 14 % de las emisiones antropógenas totales de dióxido de carbono y el 42 % de todas las emisiones de metano.

La proporción de óxido nitroso en las emisiones totales procedentes de este sector es pequeña, pero representa hasta el 75 % de las emisiones antropógenas mundiales del gas.

La agricultura representa la proporción más elevada de emisiones procedentes del sector ASOUT, seguida de la conversión neta de tierras forestales. Desde la década de 1990, las emisiones derivadas de la conversión de los bosques han disminuido mientras que las agrícolas han aumentado (Figura 11). Los suelos orgánicos (es decir, los que tienen una alta concentración de materia orgánica, como las turberas) y la quema de biomasa (por ejemplo, los incendios de sabanas) suponen cantidades relativamente más pequeñas de emisiones. Los bosques también mitigan el cambio climático al absorber los gases de efecto invernadero de la atmósfera mediante el crecimiento forestal, como se observa en los valores negativos. Sin embargo, la contribución de los bosques a la captación de carbono ha caído de las 2,8 Gt anuales de la década de 1990 a una media de 2,3 Gt en la década de 2000 y a 1,8 Gt en 2014.

Los niveles y las fuentes de las emisiones procedentes de la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra difieren enormemente entre regiones (Figura 12). Las emisiones derivadas de la conversión neta de los bosques representan la mayor proporción de emisiones de gases de efecto invernadero en la región de América Latina y el Caribe y en el África subsahariana, pero no son tan significativas en otras regiones.

La contribución de los sumideros forestales es importante en países de regiones desarrolladas así como en América Latina y el Caribe, si bien en otros lugares no lo es tanto. Las emisiones agrícolas constituyen un porcentaje importante de las emisiones totales de la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra en todas las regiones y representan más de la mitad de las emisiones en todas las regiones a excepción del África subsahariana y América Latina y el Caribe, donde la conversión neta de los bosques es la

principal fuente de emisiones. En los últimos dos decenios se han registrado distintas pautas de las emisiones a escala regional. Por ejemplo, se ha producido una fuerte reducción de la contribución positiva de los sumideros forestales en el Asia sudoriental, oriental y meridional, mientras que en Europa se ha dado la situación contraria. En otras regiones se registran tendencias más estables (FAO, 2016d).

De las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero específicas de la agricultura, la contribución más importante a escala mundial —que asciende al 40 % en equivalente de CO₂— procede de la fermentación entérica de los rumiantes, que es la principal fuente de las emisiones de metano (Figura 13); le sigue, por lo que se refiere a la magnitud de las emisiones, el estiércol que queda en los pastizales (16 %), el uso de fertilizantes sintéticos (12 %) y el cultivo de arroz (10 %).

La fermentación entérica es la mayor fuente de las emisiones procedentes de la agricultura en todas las regiones a excepción de Oceanía y el Asia oriental y sudoriental: la proporción de las emisiones totales varía desde el 58 % en América Latina y el Caribe hasta el 37 % en países de regiones desarrolladas (Cuadro 6).

La importancia de otras fuentes de emisiones varía a escala regional. El cultivo de arroz es la fuente más importante de las emisiones agrícolas en el Asia oriental y sudoriental con un 26 %, mientras que en Oceanía, el cultivo de suelos orgánicos genera el 59 % de las emisiones agrícolas. La segunda fuente principal es el estiércol que queda en los pastizales en el África subsahariana, el África septentrional y el Asia occidental, así como en América Latina y el Caribe, mientras que en el Asia meridional es el cultivo del arroz y en países de regiones desarrolladas son los fertilizantes sintéticos.

La agricultura debe contribuir a la mitigación si se pretende mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2 °C (Wollenberg *et al.*, 2016). Es necesario reconocer, sin embargo, que la fuente de aproximadamente el 75 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero es el combustible fósil utilizado en la

producción de energía, mientras que solo el 21 % está relacionado con los sectores agrarios. Sería posible reducir las emisiones del sector energético, incluso eliminarlas, a través de una mayor eficiencia en el uso de energía y una transición a fuentes renovables. Si eso llegara a suceder, las emisiones generadas por la agricultura representarían una parte cada vez mayor de las emisiones totales por tres motivos: 1) porque disminuirían las emisiones de otros sectores; 2) porque la producción alimentaria está aumentando y, con ella, la tendencia hacia mayores emisiones; 3) porque reducir las emisiones de la agricultura es mucho más difícil debido a la enorme diversidad de sus sectores y a los complejos procesos biofísicos que tienen lugar.

Los sectores de la agricultura pueden contribuir a la mitigación del cambio climático disociando los aumentos de las emisiones y los de la producción.

Sin embargo, también son los únicos con la capacidad de almacenar el carbono. Con la tecnología actual, uno de los principales medios de extraer el CO₂ de la atmósfera es a través de la actividad forestal y la rehabilitación de la tierra degradada. Transformar esta posibilidad teórica en un sumidero efectivo depende de condiciones biofísicas, así como de las opciones técnicas disponibles y de instituciones y políticas apropiadas. Las emisiones procedentes de la agricultura, así como los sumideros, forman parte de los ciclos mundiales del carbono y del nitrógeno. Para optimizar el potencial de mitigación de los sectores de la agricultura es necesario, por tanto, entender estos ciclos y el modo en que las actividades agrícolas interactúan con los mismos. Si bien no todas, algunas de las opciones para intensificar la mitigación también conllevan beneficios secundarios relacionados con la adaptación (véase el Capítulo 4). ■

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se han determinado los posibles efectos del cambio climático en la agricultura, el desarrollo socioeconómico y, en última instancia, la seguridad alimentaria. Algunas de las principales repercusiones en la agricultura son el aumento de la incidencia de la sequía y los fenómenos meteorológicos extremos, la mayor intensidad de las presiones de plagas y enfermedades y la pérdida de biodiversidad. Las previsiones a largo plazo apuntan a consecuencias negativas en la producción alimentaria que serán cada vez más graves después de 2030. Es más probable que disminuyan los rendimientos de los cultivos y la productividad pecuaria, pesquera y forestal en las regiones tropicales en desarrollo que en los países desarrollados templados.

A medida que se agrava la repercusión del cambio climático en la producción y la productividad agrícola, se espera un incremento tanto en los precios internacionales de los alimentos como en el número de personas en riesgo de inseguridad

alimentaria. Si bien el desarrollo socioeconómico y tecnológico influirá en mayor medida que el cambio climático en las tendencias de la seguridad alimentaria hasta 2050, no deberían subestimarse los efectos del cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria, especialmente en el plano regional (los efectos socioeconómicos en cadena se dejarán sentir en mayor medida por las poblaciones de ingresos bajos de las zonas rurales y por los países muy dependientes de la agricultura).

En el siguiente capítulo se examinan las formas en que los sectores de la agricultura pueden adaptarse a los cambios actuales o previstos, de modo tal que se reduzcan al máximo las consecuencias perjudiciales y se aprovechen las oportunidades, prestando especial atención a los pequeños agricultores y a los sistemas de producción en pequeña escala. En el Capítulo 4 se abordarán el potencial de mitigación del cambio climático y los posibles beneficios secundarios de las medidas de adaptación y mitigación.



CAPÍTULO 3

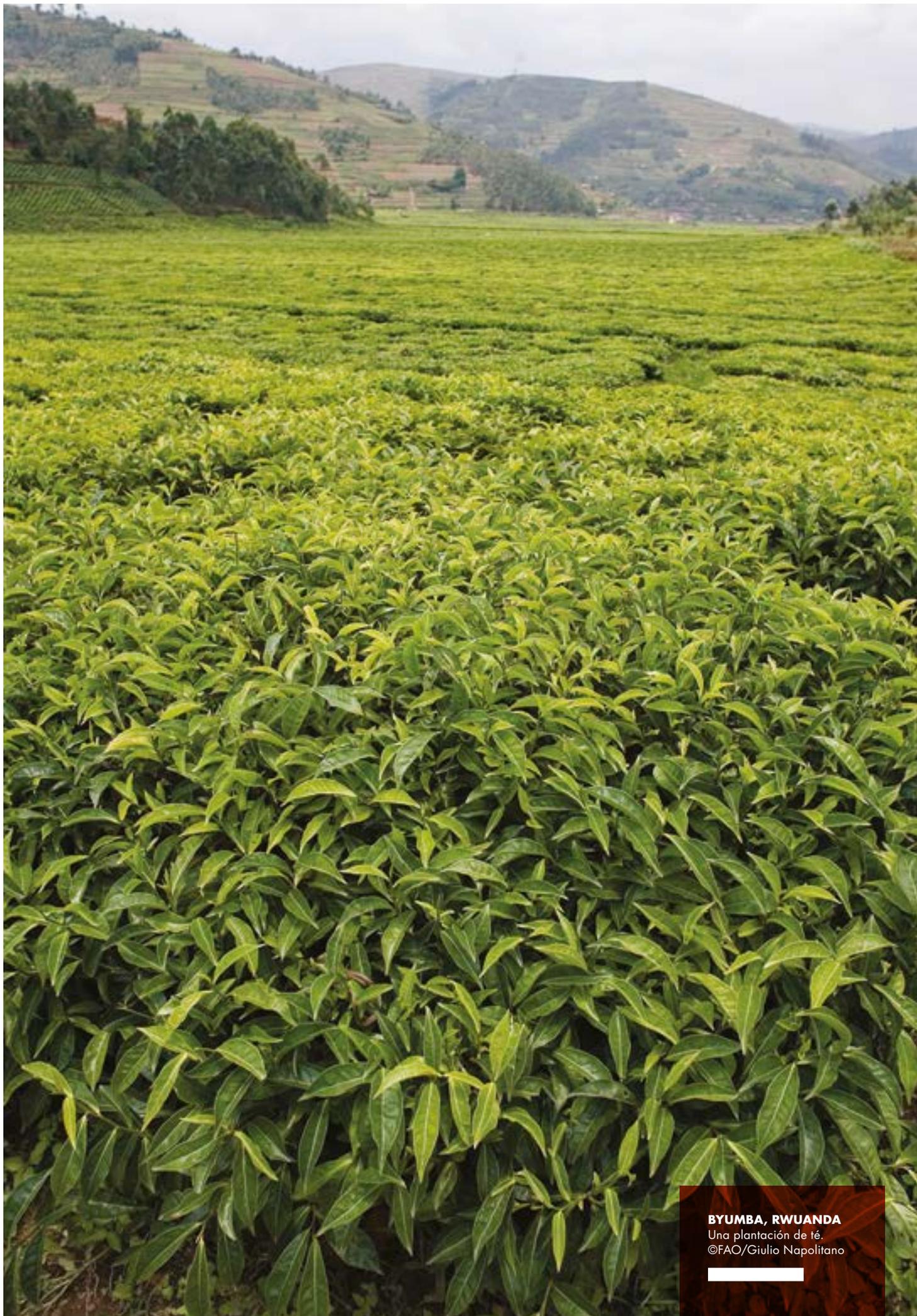
LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA EN PEQUEÑA ESCALA

RUGEZI, RWANDA

Una granjera sembrando semillas.

©FAO/Giulio Napolitano

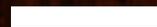




BYUMBA, RWANDA

Una plantación de té.

©FAO/Giulio Napolitano



MENSAJES CLAVE

1 NO ES POSIBLE ERRADICAR LA POBREZA MUNDIAL SIN FORTALECER la resiliencia de la agricultura en pequeña escala ante los efectos del cambio climático.

2 LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN PEQUEÑA ESCALA PUEDEN ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO por medio de la adopción de prácticas climáticamente inteligentes, de la diversificación de la producción agrícola en las granjas y de la diversificación hacia ingresos y empleo fuera de las explotaciones agrícolas.

3 LA ORDENACIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES será fundamental para la adaptación al cambio climático y la garantía de la seguridad alimentaria.

4 SE REQUIEREN MEJORAS EN INFRAESTRUCTURAS, EXTENSIÓN, INFORMACIÓN SOBRE EL CLIMA, ACCESO AL MERCADO, CRÉDITOS Y PREVISIÓN SOCIAL para facilitar la adaptación y diversificación de los medios de vida de los pequeños agricultores.

5 LOS COSTOS DE LA INACCIÓN SON MUY SUPERIORES A LOS COSTOS DE LAS INTERVENCIONES que permitirían a los agricultores, pescadores, ganaderos y trabajadores forestales responder con eficacia ante el cambio climático.

LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA EN PEQUEÑA ESCALA

La mayor parte de la población pobre y hambrienta del mundo está compuesta por pobladores rurales que obtienen de la agricultura modos de vida precarios. En 2010, unos 900 millones, de la cifra estimada de 1.200 millones de personas extremadamente pobres, vivían en zonas rurales. Alrededor de 750 millones de estas trabajaban en la agricultura, generalmente como pequeños agricultores familiares (Olinto *et al.*, 2013). Si bien 200 millones de pobres rurales tal vez emigren hacia pueblos y ciudades en los próximos 15 años, la mayoría permanecerá en el campo. Se prevé que, durante ese período, la población rural de las regiones menos desarrolladas aumentará ligeramente (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2015) y, según las estimaciones, 700 millones de habitantes rurales estarán en condiciones de pobreza. Sin una acción concertada para mejorar los medios de subsistencia rurales, será imposible erradicar la pobreza de aquí a 2030.

El gran número de familias dedicadas a la agricultura en pequeña escala en todo el mundo justifica que se haga hincapié específicamente en la amenaza que significa el cambio climático para sus medios de vida y la urgente necesidad de transformar esos medios de vida a través de vías sostenibles. En este capítulo se exploran las principales vulnerabilidades de los sistemas agrícolas en pequeña escala ante los riesgos derivados del cambio climático y se evalúan las opciones para reducir al mínimo las vulnerabilidades por medio de estrategias sostenibles de intensificación, diversificación y gestión del riesgo. Tras evaluar los datos empíricos disponibles del costo de la adaptación, se llega a la conclusión de que los costos de la inacción superan ampliamente el costo de las intervenciones que ayudarían a que los sistemas agrícolas en pequeña escala sean resilientes, sostenibles y más prósperos. ■

REFLEXIONAR SOBRE CÓMO SALIR DE LA POBREZA

Eliminar la pobreza rural resulta esencial para erradicar el hambre y la pobreza en todo el mundo. En los últimos decenios, la reducción de la pobreza en un amplio abanico de países y condiciones se ha relacionado con el crecimiento del valor de la producción agrícola, un aumento de la migración del campo a las ciudades y un alejamiento de las economías muy dependientes de la agricultura hacia fuentes de ingresos y empleos más diversificadas. En todos los países donde se ha observado una reducción rápida de la pobreza, el crecimiento de la productividad de la mano de obra agrícola y, en consecuencia, de los salarios rurales, ha sido una característica destacada (Timmer, 2014). Rwanda y Etiopía, por ejemplo, han logrado un crecimiento de la productividad muy importante y, por consiguiente, grandes reducciones en la pobreza rural.

No obstante, las oportunidades y dificultades que presenta el incremento de la productividad agrícola hoy en día son muy diferentes de las del pasado. El crecimiento de los mercados de alimentos y productos agrícolas crea oportunidades para los pequeños agricultores, pero algunas veces también genera obstáculos que conducen a su exclusión. El aumento de la participación del sector privado en el desarrollo y la difusión de tecnología agrícola ha abierto nuevas oportunidades, pero también ha cambiado las condiciones en que se accede a dichas tecnologías.

Las poblaciones rurales de todo el mundo, que enfrentan restricciones y oportunidades

CUADRO 7

EFECTO DE LAS PERTURBACIONES CLIMÁTICAS EN LA PRODUCCIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA

	Etiopía	Malawi	Níger	Uganda	República Unida de Tanzanía	Zambia
Promedio de precipitaciones	++	+++	+++	+	+	+++
Variabilidad de las precipitaciones	-	NF	---	NS	-	NS
Promedio de la temperatura máxima	---	---	--	--	+	-
Variabilidad de la temperatura máxima	---	NF	--	--	NS	NF
Total de períodos de sequía	NF	---	NF	NF	NF	NF

Notas: NS = no significativo; ND = no disponible; + = importantes efectos positivos en los rendimientos; - = importantes efectos negativos en los rendimientos. Uno, dos o tres signos "+" o "-" hacen referencia a la importancia con un grado de confianza, respectivamente, del 10, 5 ó 1 %. Los resultados de Malawi, la República Unida de Tanzania y Zambia solo se refieren a los efectos en la productividad del maíz.

FUENTES: Asfaw *et al.*, 2016a; Asfaw, Maggio y Lipper, 2016; Asfaw, Di Battista y Lipper, 2016; Asfaw, Coromaldi y Lipper, 2016; Arslan *et al.*, 2015; FAO, 2016b, 2016c.

diferentes, tienen ante sí diferentes caminos posibles para salir de la pobreza (Wiggins, 2016). Aquellos que tienen vínculos adecuados con los mercados en rápida expansión tienen un conjunto de oportunidades diferentes de aquellos que se encuentran en zonas más remotas. La demografía también es un factor importante. En África subsahariana, la población agrícola futura será joven, y tendrá parcelas más pequeñas para su explotación. En partes de Asia, es probable que la población sea de más edad y que el tamaño de las explotaciones sea mayor. En algunos casos, se deberán consolidar las tierras agrícolas para facilitar el acceso a las cadenas de mercado de alto valor (Masters *et al.*, 2013). Otras vías posibles son la diversificación hacia fuentes de ingresos no agrícolas por medio de la migración de algunos de los miembros del hogar, o el abandono total de la agricultura y la migración unidireccional a las ciudades (Wiggins, 2016). Para los pequeños agricultores, la viabilidad de cualquiera de estas estrategias depende de su ubicación y del nivel de desarrollo económico de los sectores no agrícolas y agrícolas.

Se prevé que el cambio climático tendrá efectos principalmente negativos en la producción alimentaria y agrícola en gran parte del mundo en desarrollo. Por lo tanto, el éxito de los esfuerzos para desarrollar las economías rurales y erradicar la pobreza rural también dependerá

esencialmente de que se fomente la resiliencia ante el cambio climático en los sistemas agrícolas —especialmente en aquellos gestionados por pequeños agricultores— y de la adopción generalizada de prácticas de gestión de la tierra, los recursos hídricos, la pesca y la actividad forestal que sean sostenibles desde el punto de vista ambiental, social y económico. ■

PRINCIPALES VULNERABILIDADES ANTE LOS RIESGOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se considera que los pequeños productores agrícolas de los países en desarrollo son altamente vulnerables ante el cambio climático y que un aumento de la resiliencia les favorecería de forma muy positiva. Según la definición dada por el IPCC, la vulnerabilidad es el nivel al que un sistema natural o social es susceptible de resistir los daños de efectos del cambio climático, y es función de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación del sistema (IPCC, 2001).

En el Capítulo 2 se presenta una síntesis de la índole de los riesgos derivados del cambio climático para los sistemas agrícolas a nivel mundial. En términos generales, el grado de *exposición* a los riesgos es diverso y varía con el paso del tiempo. Para la mayoría de los países en desarrollo, los efectos del cambio climático en la productividad de los cultivos y el ganado tienden a ser adversos y a ir en aumento. Los episodios meteorológicos localizados y las plagas y enfermedades emergentes ya están comprometiendo la estabilidad de la producción de cultivos, lo que destaca la urgente necesidad de adoptar respuestas de gestión adaptable (FAO, 2016a).

En estudios recientes de la FAO sobre los efectos de las perturbaciones climáticas en la agricultura en pequeña escala en África subsahariana (que se resumen en el Cuadro 7), se determinó que, en la mayoría de los casos, los rendimientos aumentan de manera significativa con más precipitaciones, pero sufren cuando las precipitaciones son inferiores al promedio y más variables. Del mismo modo, las temperaturas superiores al promedio reducen en gran medida la productividad. Sin embargo, las anomalías meteorológicas específicas afectan a los rendimientos en algunos países, pero no en otros. Saber qué variables meteorológicas limitan los rendimientos es el primer paso para hacer frente a dichas limitaciones, y no hay una sola receta que se aplique a todos los países. La variabilidad de las precipitaciones es sumamente importante en Malawi y Níger, pero no así en Uganda y Zambia. Si bien las precipitaciones y temperaturas medias parecen ser importantes en un conjunto más amplio de países, la variabilidad puede ser un factor limitante clave en algunas regiones, aunque no esté relacionado con un fenómeno extremo.

Las consecuencias de la exposición a los peligros climáticos dependen de la *sensibilidad*; es decir, el grado en que un sistema agroecológico o socioeconómico responde, tanto positiva como negativamente, a un cambio determinado. La escasez y degradación crecientes de los recursos naturales aumenta la sensibilidad de la agricultura en pequeña escala a los peligros

climáticos, dado que los recursos degradados tienen menos capacidad para mantener la productividad en condiciones de estrés climático (FAO, 2012). Por ejemplo, si bien hay agua suficiente para satisfacer la demanda de alimentos a nivel mundial, un número cada vez mayor de regiones enfrenta una creciente escasez de agua, lo que afectará a los medios de vida, la seguridad alimentaria y las actividades económicas en entornos tanto rurales como urbanos (FAO, 2011a; FAO y Consejo Mundial del Agua, 2015). Una mayor degradación de la calidad y cantidad de agua debido al cambio climático reduce el suministro de agua para la producción de alimentos, y afecta a la disponibilidad, estabilidad y utilización de los alimentos y el acceso a estos, especialmente en los trópicos áridos y semiáridos y en los megadeltas de Asia y África (Bates *et al.*, 2008). La racionalización del uso del agua en la agricultura facilitará en gran medida la adaptación al cambio climático en los sistemas de producción en pequeña escala.

Las mujeres rurales son especialmente sensibles a los peligros climáticos, debido a las responsabilidades familiares determinadas por el género (tales como recolectar leña y agua) y su creciente volumen de trabajo agrícola a causa de la emigración de los hombres (véase, por ejemplo, Jost *et al.*, 2015; Agwu y Okhimamwe, 2009; Goh, 2012; Wright y Chandani, 2014). El incremento de la incidencia de las sequías y la escasez de agua añade tareas a su trabajo, lo que afecta tanto la productividad agrícola como el bienestar del hogar (PNUD, 2010). Véase también el Recuadro 8.

La capacidad limitada de los pequeños productores para gestionar los riesgos es otra fuente de sensibilidad ante los peligros climáticos. Durante los fenómenos extremos, adoptan estrategias precautorias —tales como vender el ganado— que pueden protegerlos de pérdidas catastróficas, pero socavan las posibilidades de subsistencia a largo plazo y pueden dejarlos atrapados en la pobreza crónica (Carter y Barrett, 2006; Dercon, 1996; Dercon y Christiaensen, 2007; Fafchamps, 2003; Morduch, 1994; Kebede, 1992; Simtowe, 2006).



RECUADRO 8**LAS MUJERES RURALES SE ENCUENTRAN ENTRE LOS GRUPOS MÁS VULNERABLES**

Las mujeres rurales representan un cuarto de la población del mundo. Suponen en promedio el 43 % de la fuerza laboral agrícola en los países en desarrollo. En Asia meridional, más de dos de cada tres mujeres que tienen empleo trabajan en la agricultura (FAO, 2011). A nivel mundial, y con pocas excepciones, en relación con todos los indicadores de género y desarrollo para los que existen datos, las mujeres rurales se encuentran en peor situación que los hombres rurales y las mujeres de las ciudades, y la pobreza, la exclusión y los efectos del cambio climático les afectan de manera desproporcionada (Naciones Unidas, 2010).

Las pequeñas agricultoras están mucho más expuestas que los hombres a los riesgos del cambio climático, y existen muchas razones que explican que la productividad de las mujeres agricultoras sea inferior a la de los hombres: tienen menos dotación de recursos y derechos,

acceso más limitado a información y servicios y menos movilidad (FAO, 2007; Nelson, 2011). La especificidad de género del derecho a los recursos significa que las mujeres tienden a depender más de recursos y tecnologías que son sensibles a los peligros climáticos (Dankelman, 2008; Huynh y Resurrección, 2014; Nelson y Stathers, 2009, Nelson 2011). La naturaleza e intensidad de la pobreza y la vulnerabilidad ante los riesgos también están relacionadas con el género (Holmes y Jones, 2009).

A fin de garantizar que las intervenciones destinadas a aumentar la productividad y reducir los riesgos relacionados con el cambio climático sean eficaces y sostenibles, es importante abordar las desigualdades entre los sexos y la discriminación en el acceso a los recursos productivos, los servicios y las oportunidades de empleo, de tal manera que los hombres y las mujeres puedan beneficiarse por igual.

RECUADRO 9**LA DIVERSIDAD GENÉTICA MEJORA LA RESILIENCIA**

La FAO ha publicado las *Directrices voluntarias en apoyo de la integración de la diversidad genética en la planificación nacional para la adaptación al cambio climático*. La diversidad genética, si se conserva de manera apropiada y utiliza en programas de mejoramiento, puede ofrecer variedades de cultivos más tolerantes al incremento de la aridez, las heladas, las inundaciones y la salinidad del suelo, y razas ganaderas que sean tanto muy productivas como tolerantes a los entornos de producción adversos. Las políticas que prevén las necesidades futuras y planifican la gestión de los recursos genéticos como una reserva y herramienta decisiva pueden ayudar a construir sistemas de producción agrícola resilientes. Se requieren mayores esfuerzos para conservar y apoyar el uso sostenible de las variedades

vegetales y las razas de ganado y para recolectar y conservar las variedades silvestres de cultivos alimentarios importantes. El mantenimiento de la diversidad genética en las granjas permite lograr una evolución paralela a los cambios ambientales, mientras que los bancos de genes regionales y mundiales ofrecen colecciones de reserva de material genético a las que se puede acudir para apoyar las medidas de adaptación al cambio climático. Considerando que todos los países dependen de la diversidad genética de otros países y regiones, la cooperación y el intercambio a nivel internacional resultan esenciales. El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura permite a los investigadores y fitomejoradores el acceso a recursos genéticos de otros países.

FUENTE: FAO, 2015a.

- » Las incertidumbres relacionadas con el clima y la aversión al riesgo también afectan a los mercados financieros y las cadenas de suministro rurales en formas que reducen aún más las oportunidades y profundizan las trampas de pobreza en las explotaciones agrícolas (Barrett y Swallow, 2006; Kelly Adesina y Gordon, 2003; Poulton, Kydd y Dorward, 2006).

En la agricultura en pequeña escala, la *capacidad de adaptación*, o la capacidad para identificar y aplicar medidas eficaces en respuesta a circunstancias cambiantes, se ve limitada por obstáculos para la adopción de tecnologías y prácticas mejoradas e inteligentes en función del clima. Por ejemplo, la falta de acceso al crédito para la inversión afecta en particular a los hogares más pobres, que habitualmente no pueden presentar garantías para préstamos, y a las mujeres productoras, que a menudo no tienen títulos formales sobre los bienes. Entre otros obstáculos, pueden mencionarse la seguridad en la tenencia de la tierra, un acceso muy limitado a información, asesoramiento de extensión y mercados, falta de redes de seguridad que protejan a los medios de vida de las crisis y un sesgo de género en todas las instituciones mencionadas.

La mayoría de las intervenciones requeridas para mejorar la capacidad de los pequeños agricultores a fin de adaptarse al cambio climático son las mismas que se requieren para el desarrollo rural general, pero con un mayor enfoque sobre los riesgos climáticos. Por ejemplo, los paquetes de extensión deben tomar en cuenta proyecciones de cambio climático específicas en función de la ubicación; las inversiones en la cría de variedades de cultivos y razas animales mejoradas deberían considerar no solo el alto rendimiento sino la resistencia a las crisis previstas en lugares específicos (Recuadro 9). También se requieren inversiones urgentes en riego y otros elementos de infraestructura de gestión del agua. Estas cuestiones se tratan con mayor detalle en las secciones siguientes. ■

HACIA LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LOS MEDIOS DE VIDA

La vulnerabilidad de los pequeños productores ante el cambio climático se suma a las dificultades más generales que enfrentan para aumentar su productividad y mejorar sus medios de subsistencia. Como consecuencia, las respuestas destinadas a reducir la vulnerabilidad deben ir unidas a políticas diseñadas para extender el desarrollo agrícola y rural. Un enfoque de esta índole crea las condiciones que ayudan a reducir la exposición y la sensibilidad ante las perturbaciones meteorológicas, fomentando al mismo tiempo la capacidad de adaptación en formas que puedan proporcionar nuevas oportunidades para mejorar los medios de vida rurales y la seguridad alimentaria.

Los medios de vida resilientes requieren condiciones tales como unos ingresos adecuados y seguridad alimentaria, que permiten a las personas soportar los riesgos climáticos a los que están expuestas, recuperarse después de que ocurran y adaptarse a ellos. Dado que las circunstancias y las oportunidades de los pequeños productores son muy variadas en diferentes lugares, las vías para la adaptación y el fomento de la resiliencia deben diseñarse específicamente para cada contexto, tomando en cuenta el grado de exposición a las perturbaciones climáticas, así como la capacidad de adaptación. En esta sección se identifican las principales características de las posibles vías para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático en los sistemas en pequeña escala y las poblaciones que dependen de ellos. Se abordan dos dimensiones: las formas de aumentar la resiliencia de los sistemas de producción agrícola y los modos de mejorar la resiliencia de los medios de vida de las poblaciones vulnerables.

La innovación es la clave para la adaptación del sistema de producción

Abordar los nuevos desafíos planteados por el cambio climático requerirá innovaciones en los sistemas de cultivo. La innovación se produce cuando se adoptan, tanto a nivel individual como colectivo, nuevas ideas, tecnologías o procesos que, cuando tienen éxito, se difunden a través de las comunidades y sociedades. El proceso es complejo, intervienen muchos actores, y no puede funcionar por sí solo. Recibe su impulso de un *sistema de innovación eficaz*. Un sistema de innovación agrícola comprende el entorno general económico e institucional propicio requerido por todos los agricultores.

Otros componentes clave son la investigación y los servicios de asesoramiento y organizaciones de productores agrícolas eficaces. La innovación, a menudo, se basa en conocimientos y sistemas tradicionales locales, que se adaptan en combinación con nuevas fuentes de conocimientos procedentes de sistemas formales de investigación (FAO, 2014a).

Entre las innovaciones que fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas en pequeña escala al cambio climático se encuentran la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos a través de la intensificación sostenible de la producción y la adopción de sistemas de producción agroecológica. La mejora de la gestión de los recursos hídricos es otra esfera en la cual la innovación puede ser eficaz para afrontar los efectos del cambio climático. Todos estos enfoques mejoran la gestión del carbono y el nitrógeno (véase más abajo y el Capítulo 4).

Las biotecnologías, tanto las de menor como las de mayor complejidad, pueden ayudar a los pequeños productores en particular a ser más resistentes y adaptarse mejor al cambio climático. Aunque las subsecciones que siguen se centran sobre todo en la innovación a través de las prácticas de gestión, algunas prácticas pueden depender de los resultados de la biotecnología, tales como las semillas mejoradas.

La intensificación sostenible

La intensificación sostenible aumenta la productividad, disminuye los costos de producción e incrementa el nivel y la estabilidad de los rendimientos de la producción, al mismo tiempo que conserva los recursos naturales, reduce los efectos negativos en el medio ambiente y mejora el flujo de los servicios ecosistémicos (FAO, 2011b). La índole de las estrategias de intensificación sostenible varía según los diferentes tipos de sistemas de producción y lugares. No obstante, uno de los principios esenciales es aumentar la eficiencia en el uso de los recursos.

El enfoque de la FAO para la intensificación sostenible de la producción agrícola es el modelo "Ahorrar para crecer". "Ahorrar para crecer" promueve una agricultura productiva que conserva y mejora los recursos naturales. Se vale de un enfoque ecosistémico basado en las contribuciones de la naturaleza al crecimiento de los cultivos, como la materia orgánica del suelo, la regulación del flujo de agua, la polinización y la depredación natural de las plagas. Aplica insumos externos apropiados en el momento oportuno y en la cantidad adecuada a variedades mejoradas de cultivos que son resistentes al cambio climático y utiliza nutrientes, agua e insumos externos con mayor eficiencia. Aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, recortar el uso de combustibles fósiles y reducir la degradación ambiental directa son componentes clave del enfoque, que permiten a los agricultores ahorrar dinero y previenen los efectos negativos del uso excesivo de determinados insumos. Este enfoque se ha extendido a otros sectores de la agricultura.

Por medio de una gestión más adecuada de los ciclos del carbono y el nitrógeno (véase a continuación), la intensificación agrícola sostenible también fomenta una mayor resiliencia ante los efectos del cambio climático y contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Burney *et al.*, 2010; Wollenberg *et al.*, 2016).

Agroecología

Según el GANESAN (2016), la agroecología aplica conceptos y principios ecológicos a los

sistemas agrícolas. A través de su atención a las interacciones entre las plantas, los animales, los seres humanos y el medio ambiente, fomenta el desarrollo agrícola sostenible, lo que a su vez garantiza la seguridad alimentaria y la nutrición. La agroecología va más allá de la eficiencia en el uso de insumos y su sustitución mediante: el aprovechamiento de los procesos ecológicos fundamentales, tales como la depredación natural de las plagas y el reciclaje de la biomasa y los nutrientes; la mejora de las interacciones y sinergias biológicas beneficiosas entre los componentes de la biodiversidad agrícola; y la optimización del uso de los recursos. Los principios de la agroecología, tal como la definen Nicholls, Altieri y Vázquez (2016), son de particular importancia para la adaptación al cambio climático, ya que tienen por objeto:

- ▶ mejorar el reciclaje de biomasa, con miras a optimizar la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de los elementos nutritivos;
- ▶ fortalecer el “sistema inmunológico” de los sistemas agrícolas a través de la mejora de la biodiversidad funcional, por ejemplo, mediante la creación de los hábitats para los enemigos naturales de las plagas;
- ▶ proporcionar las condiciones del suelo más favorables para el crecimiento de las plantas, en particular mediante la gestión de la materia orgánica y el aumento de la actividad biológica del suelo;
- ▶ reducir al mínimo las pérdidas de la energía, agua, nutrientes y recursos genéticos mediante la mejora de la conservación y regeneración de los recursos de suelos y aguas y de la biodiversidad agrícola;
- ▶ diversificar las especies y los recursos genéticos en el agroecosistema en el tiempo y el espacio, a nivel del campo y el territorio;
- ▶ aumentar las interacciones y las sinergias biológicas entre los componentes de la biodiversidad agrícola, fomentando de este modo los principales procesos y servicios ecológicos.

La agroecología se basa en conocimientos locales y tradicionales de los agricultores a fin de crear soluciones basadas en sus necesidades.

Swiderska (2011) llegó, por ejemplo, a la conclusión de que el acceso a variedades de cultivos tradicionales diversas era esencial para la adaptación al cambio climático y la supervivencia entre los agricultores pobres en China, Bolivia y Kenya. En China, los agricultores que cultivaron cuatro diferentes combinaciones de variedades de arroz sufrieron una incidencia de enfermedades un 44 % menor y obtuvieron rendimientos un 89 % mayores en comparación con los campos de una sola variedad, y sin la necesidad de utilizar fungicidas 2000) (Zhu *et al.*, 2000).

La diversificación agroecológica contribuye a la estabilidad del rendimiento en un contexto de variabilidad climática. Los policultivos presentan una mayor estabilidad del rendimiento y sufren menos caídas de la productividad que los monocultivos durante una sequía (Altieri *et al.*, 2015).

La gestión eficiente del agua

Dado que el cambio climático altera los patrones de precipitaciones y disponibilidad de agua, la capacidad para enfrentar la escasez o los excedentes de agua resultará fundamental en los esfuerzos para mejorar la productividad de manera sostenible. Las zonas que tienen mayores probabilidades de lograr mejoras en la productividad del agua son aquellas con una alta incidencia de pobreza, tales como muchas partes de África subsahariana, Asia meridional y América Latina, así como las zonas donde se compete intensamente por el agua, como la cuenca del Indo y el río Amarillo (GANESAN, 2015).

El aumento de la eficiencia en el uso del agua en los sistemas agrícolas sujetos al cambio climático puede requerir medidas en terrenos, tales como políticas, inversiones y gestión del agua, así como cambios institucionales y técnicos aplicados a diferentes escalas: en el campo y en las granjas, en los sistemas de riego, en las cuencas hidrográficas o los acuíferos, en las cuencas fluviales y a nivel nacional (FAO, 2013a). Como un primer paso hacia la adaptación a los efectos del cambio climático a más largo plazo, se debe incorporar información acerca de la variabilidad climática actual en la gestión del agua (Sadoff y Muller, 2007; Bates *et al.*, 2008 según se cita en Pinca, 2016).



RECUADRO 10**BENEFICIOS DEL AHORRO DE AGUA EN CHINA**

La llanura de Huang-Huai-Hai, de China, es esencial para la economía agrícola del país y la seguridad alimentaria nacional. La productividad se ve amenazada por cambios climáticos, tales como un importante aumento general de las temperaturas y niveles decrecientes de humedad y precipitaciones en el último medio siglo (Yang *et al.*, 2013; Hijioka *et al.*, 2014). En cinco de las provincias de la región, un proyecto financiado por el Banco Mundial ha promovido tecnologías de ahorro de agua y otras prácticas mejoradas —como el uso de variedades de cultivos resistentes a las sequías—, con la meta de mejorar la gestión del agua en unas 500.000 hectáreas de tierras agrícolas. Las instalaciones de riego construidas como parte del proyecto fueron transferidas a 1.000 asociaciones de usuarios del agua,

que se formaron con el apoyo del gobierno y participan en todas las decisiones relacionadas con la gestión del agua. Las asociaciones también actúan a modo de plataformas de capacitación en nuevas técnicas de gestión del agua.

El proyecto ayudó a establecer 220 asociaciones y cooperativas de agricultores, y emprendió diversas actividades de investigación, experimentación y demostración. Se centró en medidas de adaptación y tecnologías para el ahorro de agua, que fueron llevadas posteriormente a la práctica por los agricultores. Alrededor de 1,3 millones de familias de agricultores obtuvieron beneficios, que se concretaron en menores costos de riego, menor agotamiento del agua subterránea y mayor productividad del agua.

FUENTE: Adaptación de FAO y Banco Mundial (2011).

CUADRO 8**EFFECTOS EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS BAJO DIFERENTES EFECTOS CLIMÁTICOS EN ZAMBIA**

	Rendimientos más altos	Rendimientos más bajos	Menor probabilidad de pérdida de rendimiento
Condiciones climáticas medias	Cultivo rotativo de legumbres	Rotación de cultivos	Fertilizante inorgánico
	Fertilizante inorgánico		Semilla mejorada
	Semilla mejorada		Acceso oportuno a fertilizantes
Mayor variabilidad de las precipitaciones	Rotación de cultivos	Fertilizante inorgánico	Rotación de cultivos
	Acceso oportuno a fertilizantes		
Inicio tardío de las precipitaciones	Semilla mejorada	Fertilizante inorgánico	Fertilizante inorgánico
	Acceso oportuno a fertilizantes		
Aumento de la temperatura estacional	Acceso oportuno a fertilizantes	Semilla mejorada	Semilla mejorada

FUENTE: Basado en arslan *et al.* (2015), Cuadros 6, 7 y 8.

CUADRO 9**DIFERENCIAS EN EL USO DE NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA EN PEQUEÑA ESCALA EN ASIA ORIENTAL Y ÁFRICA SUBSAHARIANA**

	Asia oriental	África subsahariana
Promedio de nitrógeno aplicado en la producción agrícola de cereales (kg/ha)	155,0	9,0
Rendimiento medio de los cultivos de cereales (t/ha)	4,8	1,1
Factor de productividad parcial del nitrógeno (kg grano/kg N)	31,0	122,0
Equilibrio de nutrientes parcial (kg N en el grano/kg N aplicado)	0,5	1,8

FUENTE: Basado en Fixen *et al.* (2015), Cuadro 3.

- » En los sistemas de secano, que representan el 95 % de las tierras agrícolas de África subsahariana, una mejor gestión del agua de lluvia y la humedad del suelo resulta clave para aumentar la productividad y reducir las pérdidas de rendimiento durante las épocas secas y los períodos de precipitaciones variables. El riego complementario, en el que se utilizan técnicas como captación de agua o recursos hídricos subterráneos de poca profundidad, es una estrategia importante, pero infrutilizada, para mejorar la productividad del agua en la agricultura de secano (GANESAN, 2015; Oweis, 2014).

En los sistemas de regadío, puede promoverse la eficiencia en el uso del agua por medio de cambios institucionales, tales como la creación de asociaciones de usuarios del agua y mejoras de infraestructura, como revestimiento de canales, redes de drenaje más eficientes y reutilización de aguas residuales. Las tecnologías de riego que hacen un uso eficiente del agua, como los góteros, y un mantenimiento mejor de la infraestructura de riego, combinadas con una capacitación apropiada para reforzar los conocimientos técnicos de los agricultores, pueden resultar eficaces para abordar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua y la seguridad alimentaria (Recuadro 10).

No obstante, algunas tecnologías que mejoran la eficiencia en el uso del agua, como ocurre con el riego por goteo, requieren energía. En sentido más amplio, a menudo existen compensaciones y posibles sinergias en el uso del agua, la energía y las tierras para la producción de alimentos.

El enfoque basado en el nexo entre agua, energía y alimentación es un concepto útil para la planificación del uso de estos recursos en las cadenas agroalimentarias (FAO, 2014b).

Opciones de gestión del carbono y el nitrógeno

Los ciclos de carbono y nitrógeno de la tierra se ven afectados por el tipo de suelo y las prácticas de gestión de nutrientes y del agua que adoptan los agricultores, por la extensión de las prácticas de agroforestería y por la expansión de la agricultura hacia tierras no agrícolas (véase también el Capítulo 4). Los pequeños productores, en particular, pueden obtener beneficios de las prácticas que ayudan a

restaurar la productividad de los suelos en zonas donde las prácticas de ordenación de la tierra no sostenibles han agotado el carbono orgánico del suelo, su fertilidad natural y calidad, ocasionando una reducción de la productividad y un aumento de la vulnerabilidad ante los peligros climáticos, tales como sequías, inundaciones y condiciones que favorecen las plagas y las enfermedades (Stocking, 2003; Lal, 2004; Cassman, 1999; FAO, 2007).

En las tierras de cultivo, los niveles de carbono orgánico del suelo y el nitrógeno del suelo disponible para las plantas se pueden mejorar por medio de la adopción de prácticas tales como la agroforestería, los barbechos mejorados, los abonos verdes, los cultivos de cobertura que fijan el nitrógeno, la gestión integrada de nutrientes, la perturbación mínima del suelo y la retención de residuos de los cultivos. En las tierras de pastoreo, la ordenación mejorada de los pastos, la reducción o eliminación de los incendios y la introducción de plantas forrajeras o legumbres mejoradas son medios importantes para mejorar la gestión del carbono. Los sistemas de producción mixtos mejoran la resiliencia y revierten la degradación del suelo controlando la erosión, suministrando residuos con alto contenido de nitrógeno y aumentando la materia orgánica del suelo. Por ejemplo, los sistemas de producción mixtos, tolerantes a la sequía, que se han puesto en práctica en Etiopía y la República Unida de Tanzania, incluyen especies de legumbres polivalentes, tales como el guandul (*Cajanus cajan*) y *Faidherbia albida*, un árbol autóctono leguminoso que fija el nitrógeno y provee vainas comestibles para el ganado y hojas que se utilizan como fertilizante orgánico. Una producción más alta de legumbres ayuda a diversificar las dietas y suministra proteínas adicionales durante períodos de inseguridad alimentaria estacional.

Las condiciones climáticas específicas del contexto influirán en las decisiones de los pequeños agricultores acerca de qué opciones de gestión del carbono y el nitrógeno son más eficaces para mejorar sus medios de vida. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes minerales puede generar rendimientos superiores »

RECUADRO 11

SISTEMAS DE ACUICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE EN VIET NAM

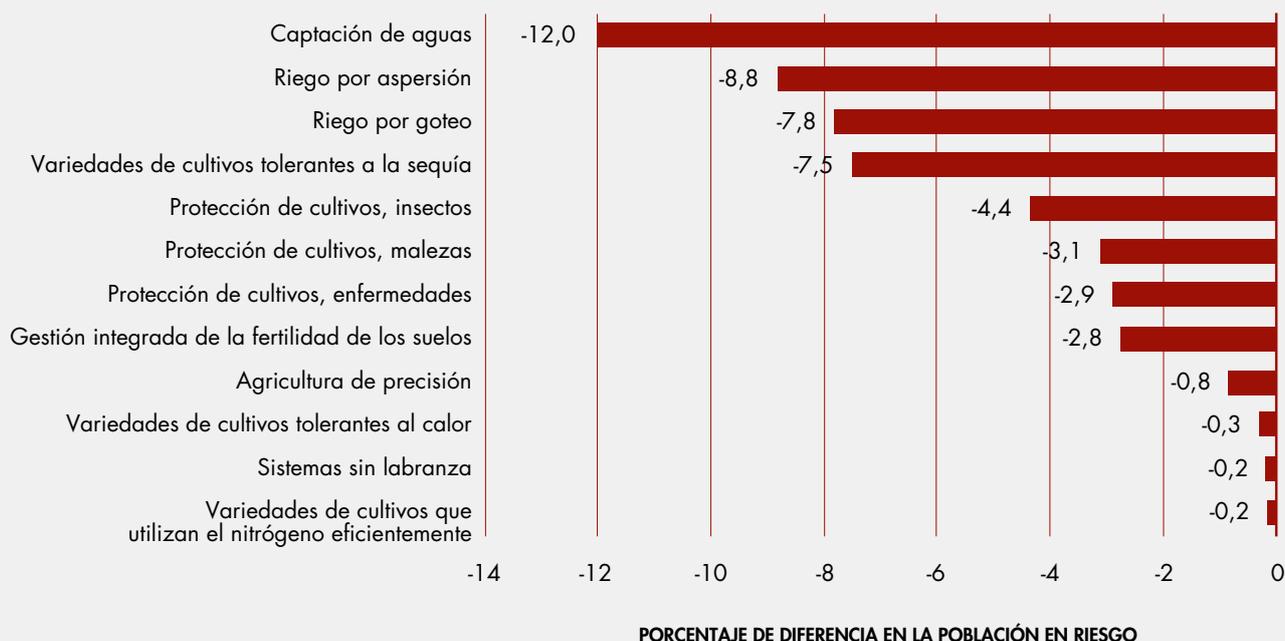
Se requieren medidas tanto de adaptación al cambio climático como de mitigación de este para proteger la producción de acuicultura costera de la región de la costa central septentrional de Viet Nam. Una opción viable es desarrollar prácticas de acuicultura climáticamente inteligente que integran la tilapia monosexo en sistemas de maricultura tradicionales. Los resultados de los ensayos realizados en la provincia de Thanh Hoa muestran que la incorporación de la tilapia es una estrategia de adaptación adecuada, que aborda los tres objetivos de la agricultura climáticamente inteligente: aumentar la productividad de forma sostenible, incrementar la capacidad de adaptación y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este enfoque permitió lograr una mayor eficiencia de la producción y aumentos del 14 % al 43 % en los ingresos de los hogares. La cartera de

productos diversificada también impulsó la resiliencia del sistema. Por medio del uso de fuentes de piensos naturales y excedentes de nutrientes en los estanques de tilapias, los productores pudieron reducir la necesidad de utilizar pienso en gránulos, lo que a su vez ayudó a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. La promoción y ampliación de la acuicultura climáticamente inteligente requiere incentivos de políticas, reglamentaciones y marcos institucionales sólidos. Dado que la introducción de la tilapia aumenta la productividad general, se requieren esfuerzos para ampliar los mercados, especialmente los de exportación, para el pescado. Los obstáculos para la adopción, como son la baja calidad y el alto costo de los piensos, pueden resolverse conectando a los grupos de agricultores con los proveedores de piensos y semillas.

FUENTE: Trinh, Tran y Cao, 2016.

FIGURA 14

CAMBIO EN 2050 DEL NÚMERO DE PERSONAS EN RIESGO DE PADECER HAMBRE CON RESPECTO AL ESCENARIO DE REFERENCIA, TRAS LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS MEJORADAS



FUENTE: Rosegrant *et al.* (2014), basado en simulaciones con el modelo IMPACT del IFPRI.

- » en condiciones climáticas medias, pero también rendimientos inferiores en condiciones de alta variabilidad de precipitaciones o inicio tardío de estas. La rotación de cultivos, por otro lado, puede producir rendimientos inferiores en condiciones climáticas medias, pero rendimientos superiores y una menor probabilidad de pérdida de rendimiento en condiciones de alta variabilidad de precipitaciones (Cuadro 8).

Las mejoras en el uso de fertilizantes nitrogenados resultan esenciales para la sostenibilidad de muchos sistemas agrícolas en pequeña escala. Los indicadores de uso de fertilizantes nitrogenados (Cuadro 9) muestran que las tasas de aplicación son mucho más elevadas en Asia oriental, pero que la cantidad adicional de producción que se obtiene de la aportación de fertilizantes es bastante más alta en África subsahariana. También es mucho más alto el equilibrio de nutrientes parcial: en África subsahariana, con los cultivos cosechados se extraen más nutrientes que los que se aplican por medio de fertilizantes o estiércol, lo que indica un agotamiento no sostenible de los nutrientes del suelo. Por el contrario, en Asia oriental se da el caso opuesto.

Resulta claro que el uso excesivo de fertilizantes minerales es problemático en Asia oriental, donde el exceso de aporte no ofrece ningún beneficio. Por el contrario, está causando daños ambientales graves, en forma de contaminación del agua subterránea y superficial y emisiones de gases de efecto invernadero. En Asia oriental, por lo tanto, reducir el uso de fertilizantes minerales y garantizar que se aplique la cantidad correcta en el momento y el lugar adecuados son partes importantes de la intensificación sostenible.

En África subsahariana, por otra parte, aumentar el uso de fertilizantes minerales hasta alcanzar las cantidades adecuadas tiene considerables posibilidades de impulsar los rendimientos de los cultivos de los pequeños productores. Sin embargo, considerando las condiciones generales de deficiencia de los suelos en gran parte de la región, los pequeños agricultores necesitan apoyo para mejorar la calidad y los servicios ecosistémicos del suelo,

como un complemento de la aplicación de fertilizantes con buenos criterios.

Mejorar la gestión del carbono y el nitrógeno también es importante para los sistemas pesqueros y forestales. En el Recuadro 11 se presenta un ejemplo de Viet Nam, donde se introdujeron medidas de gestión del carbono como parte de un sistema de acuicultura climáticamente inteligente.

Beneficios para la seguridad alimentaria derivados de las prácticas de producción mejoradas

Por medio de la introducción de prácticas agrícolas mejoradas pueden lograrse importantes mejoras en la seguridad alimentaria. Las simulaciones realizadas utilizando el modelo IMPACT del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) muestran que la adopción de variedades de cultivos tolerantes al calor da lugar al mayor aumento de rendimiento mundial previsto para el maíz en 2050. Las variedades que utilizan el nitrógeno más eficientemente producen el aumento de rendimiento mundial más elevado para el arroz, mientras que el cultivo sin labranza es la mejor opción para el trigo (Rosegrant *et al.*, 2014; De Pinto, Thomas y Wiebe, 2016).

La adopción de estas tecnologías tendría importantes efectos positivos en la seguridad alimentaria, ya que aumentaría la disponibilidad de energía alimentaria, mejoraría los ingresos de los pequeños agricultores y disminuiría los precios de los alimentos. El número de personas en riesgo de padecer subalimentación en los países en desarrollo se reduciría un 12 % en 2050 (lo que equivale a casi 124 millones de personas)⁵ si se utilizaran ampliamente variedades de cultivos que utilizan el nitrógeno eficientemente, un 9 % (o 91 millones de personas) si se aplicase más ampliamente el cultivo sin labranza, y un 8 % (80 millones de personas) si se adoptasen variedades de cultivos »

5 Los escenarios de referencia del modelo IMPACT del IFPRI que se utilizaron para estas estimaciones proyectan que habrá alrededor de 1.000 millones de personas subalimentadas para 2050, lo que explica por qué un efecto del 12 % debido a la introducción de variedades de cultivos que utilizan el nitrógeno eficientemente equivaldría a una reducción de 124 millones en el número de personas en riesgo de padecer hambre.

RIESGO CLIMÁTICO, DIVERSIFICACIÓN Y BIENESTAR DE LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN MALAWI Y ZAMBIA

Malawi y Zambia se encuentran entre los 15 países más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático (Wheeler, 2011), especialmente en la agricultura, el sector da empleo a una proporción importante de la población, que depende principalmente de la producción de subsistencia de secano y es, por lo tanto, vulnerable a diferentes perturbaciones.

¿En qué medida es la diversificación una estrategia eficaz de adaptación al cambio climático para estos países? En estudios recientes de la FAO se documentaron varios tipos de diversificación en el sector agrícola (diversificación hacia diferentes cultivos, ganado y actividades relacionadas con los recursos naturales o el trabajo en otras granjas), así como en sectores no agrícolas, por medio de actividades tales como el trabajo asalariado, el trabajo por cuenta propia, transferencias y alquileres. Los estudios determinaron que las tasas de diversificación de cultivos, mano de obra e ingresos en Malawi y de diversificación del ganado en Zambia son más altas donde la variabilidad climática es mayor, lo que indica que la exposición al riesgo climático induce diferentes tipos de diversificación. En Zambia (véase la Figura), los patrones de diversificación varían: los hogares diversifican más sus cultivos en las zonas con mayores promedios de precipitaciones estacionales a plazo largo; la diversificación de la ganadería es mayor en las zonas donde hay mayor variación a largo plazo en las

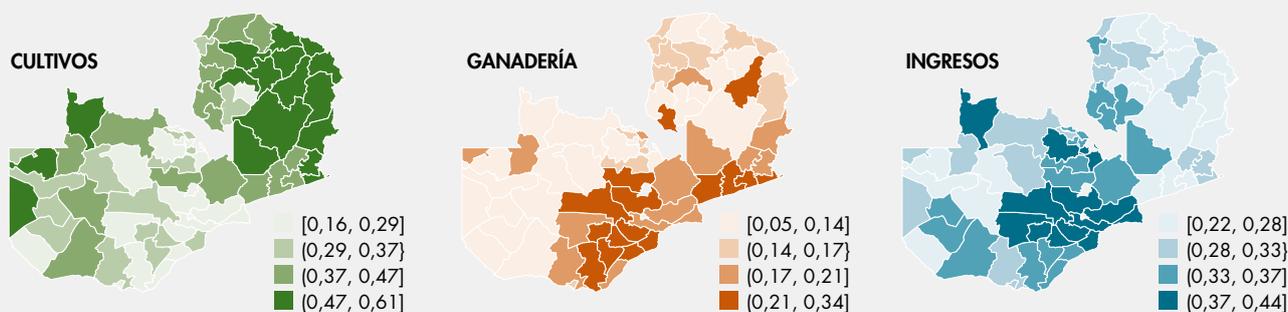
precipitaciones; y la diversificación de los ingresos no muestra una clara tendencia relacionada con las variables meteorológicas.

En general, el acceso a la extensión condujo a una mayor diversificación de los cultivos, la mano de obra y los ingresos en ambos países. Los hogares que recibieron subvenciones a los fertilizantes en Malawi tenían más probabilidades de tener cultivos e ingresos diversificados, mientras que en Zambia dichos hogares tenían niveles inferiores de diversificación de ingresos. Esto subraya la importancia de comprender, al diseñar políticas para la diversificación, cómo interactúan las instituciones locales con los incentivos a la diversificación.

Con la excepción de la diversificación de los cultivos en Zambia, cada tipo de diversificación está relacionado con un consumo o un ingreso per capita más elevado en ambos países. En Malawi, la diversificación de los ingresos reduce la variabilidad en los niveles de consumo de los hogares agrícolas, un importante indicador de seguridad alimentaria. En Zambia, se determinó que los hogares que aplican cualquiera de los tres tipos de diversificación tienen menos probabilidades de caer por debajo del umbral de pobreza. Las conclusiones combinadas sobre diversificación e ingresos sugieren los puntos de partida de las políticas destinadas a mejorar las instituciones que facilitan los tipos de diversificación necesarios a fin de fomentar la resiliencia ante las perturbaciones.

ÍNDICES DE DIVERSIFICACIÓN EN LA ZAMBIA RURAL, POR DISTRITO

GINI-SIMPSON ÍNDICES 2015



FUENTES: Basado en FAO (2015b) y Arslan *et al.* (2016b).

- » tolerantes al calor o la agricultura de precisión (Figura 14).

Los resultados presuponen la introducción autónoma de las prácticas indicadas, y que las prácticas se adaptan a los contextos socioeconómicos y agroecológicos donde se prevé que se producirá la adopción. En el enfoque de agricultura climáticamente inteligente, se desarrolla una base de datos empíricos para determinar las prácticas que se adaptan realmente al contexto local. Estas no se determinan *a priori*, sino que se basan en un proceso de recolección de datos empíricos y diálogo. No hay una lista normalizada de prácticas de agricultura climáticamente inteligente que se pueda aplicar universalmente: en algunos casos, la agricultura sin labranza ofrece realmente beneficios de adaptación importantes, mientras que no los ofrece en otros (Arslan *et al.*, 2015). También es importante reconocer que existe un amplio abanico de combinaciones de prácticas que los agricultores pueden adoptar según sus necesidades específicas.

En muchos contextos, resulta razonable combinar el conjunto de prácticas mejoradas “apilándolas” una sobre otras en el mismo orden que las actividades de producción de cultivos (es decir, primero las mejoras en preparación de las tierras, siembra y gestión del cultivo, seguidas por el riego y demás). Las proyecciones de los modelos indican que los beneficios para la seguridad alimentaria son mayores —hasta tres veces mayores de los que pueden obtenerse del uso mejorado del nitrógeno por sí solo— cuando se adopta un conjunto combinado de prácticas mejoradas, en comparación con los beneficios de una sola práctica (Rosegrant *et al.*, 2014).

Cuatro estrategias para aumentar la resiliencia de los medios de vida

Diversificación

La diversificación es un importante medio de adaptación al cambio climático porque ayuda a

distribuir el riesgo de que la variabilidad climática dañe los medios de vida. En primer lugar, debe hacerse una distinción entre la diversificación agrícola y la diversificación de los *medios de vida* (Thornton y Lipper, 2014). La diversificación agrícola consiste en añadir variedades de plantas y especies, o razas de animales, a las granjas o comunidades agrícolas. Puede incluir diversificación del territorio, intercalando diferentes cultivos y sistemas de cultivo en el espacio y el tiempo. La diversificación de los medios de vida consiste en la participación de los hogares agrícolas en múltiples actividades agrícolas y no agrícolas como, por ejemplo, combinar actividades en las granjas con trabajo agrícola estacional en otros lugares, tener un empleo en la ciudad, procesar productos agrícolas o abrir un comercio. La diversificación tanto agrícola como de los medios de vida es una manera de gestionar el riesgo climático.

Dado que las perturbaciones climáticas afectan a las diferentes actividades en las granjas y fuera de estas de maneras diferentes, la diversificación tiene posibilidades de reducir el efecto de las perturbaciones en los ingresos y de ofrecer una variedad más amplia de opciones para gestionar los riesgos futuros. Cuando se combina con medidas de mitigación del riesgo, tales como seguros de cosecha o protección social, la diversificación puede generar ingresos más elevados y ayudar a acelerar la reducción de la pobreza. Sin embargo, si los agricultores se diversifican hacia actividades de baja productividad, puede en realidad reducir los ingresos medios, forzar a los hogares a vender activos en el caso de producirse perturbaciones y desencadenar un círculo vicioso de mayor vulnerabilidad y exposición al riesgo (Dercon, 1996). El alcance de la diversificación de los cultivos como un medio para mitigar los riesgos climáticos puede verse limitado en aquellos lugares donde los riesgos afectan por igual a diferentes variedades de cultivos (Barrett, Reardon y Webb 2001). No obstante, la diversificación de los cultivos puede ser una opción válida en aquellos lugares donde las condiciones agrícolas no son tan marginales que limitan la diversificación ni suficientemente

óptimas para un solo cultivo de alto rendimiento (Kandulu *et al.*, 2012).

Cuando hacen frente a la variabilidad climática, los hogares agrícolas aplican diferentes estrategias de diversificación, según la índole de su exposición y el desempeño de las instituciones. Por ejemplo, cuando las precipitaciones son más variables, los agricultores buscan fuentes alternativas de ingresos y empleo en Malawi, pero se diversifican hacia la ganadería en Zambia (Recuadro 12). En aquellos lugares donde los riesgos meteorológicos son altos, muchos hogares de África subsahariana prefieren los sistemas mixtos de cultivo y ganado, y utilizan el ganado como un activo para suavizar las fluctuaciones de ingresos (Herrero *et al.*, 2010 y 2013; Baudron *et al.*, 2013). Los sistemas agrícolas mixtos suministran, por medio de enmiendas con estiércol, alrededor del 15 % de los insumos de nitrógeno que se utilizan en la producción de cultivos, lo que reduce los costos de los insumos y logra una intensidad de emisiones sustancialmente menor que la de muchos sistemas de pastoreo (Liu *et al.*, 2010; Herrero *et al.*, 2013). Además, las granjas diversificadas pueden desempeñar un papel importante para mantener y aumentar la provisión de servicios ecosistémicos, que a su vez ayuda a mejorar la resiliencia general (Ricketts, 2001; Kremen y Miles, 2012).

El apoyo a la gestión de riesgos

Los programas de protección social, que son una herramienta esencial para mitigar la pobreza, también pueden cumplir una función importante a fin de ayudar a los pequeños productores a gestionar los riesgos en situaciones de cambio climático. La protección social toma diversas formas, desde transferencias en efectivo hasta programas de comidas escolares y obras públicas. Las subvenciones a los insumos agrícolas también cumplen una función de protección social, ya que ayudan a reducir la vulnerabilidad de los pequeños productores ante la volatilidad de los precios. Datos empíricos de América Latina y África subsahariana ponen de manifiesto los claros beneficios que ofrece la protección social en cuanto a seguridad alimentaria, desarrollo del capital humano y

capacidad económica y productiva, incluso entre los más pobres y más marginados.

Al asegurar la previsibilidad y la regularidad, los instrumentos de protección social permiten a los hogares gestionar más acertadamente los riesgos y realizar actividades agrícolas y de subsistencia más rentables. Cuando se dirigen a las mujeres, no solo las empoderan, sino que también mejoran el bienestar general del hogar debido a las prioridades de las mujeres en lo relacionado con la seguridad alimentaria y nutricional y el bienestar de los hijos. Los programas de protección social también tienen un efecto importante en las decisiones de inversión agrícola de los hogares rurales y, por lo tanto, tienen un efecto positivo de más largo plazo en el acceso a los alimentos (FAO, 2015b).

En Zambia, los hogares de las zonas que recibieron precipitaciones inferiores al promedio tuvieron niveles menores de aporte calórico diario así como gastos inferiores en alimentos y productos no alimentarios. Este efecto fue muy pronunciado en los hogares más pobres. Gracias a un programa de transferencias en efectivo dirigido a 20.000 hogares en condiciones de miseria extrema, estos padecieron mucho menos a causa de las perturbaciones meteorológicas. No obstante, si bien la participación en el programa de subvenciones en efectivo ayudó a mitigar los efectos de las perturbaciones climáticas en la seguridad alimentaria, esta no resultó suficiente para superarlos por completo. Por lo tanto, resulta importante garantizar que los programas de protección social estén en consonancia con otras formas de gestión del riesgo climático, tales como la reducción del riesgo de desastres (Asfaw *et al.*, 2016b).

Los programas de protección social existentes rara vez toman en cuenta el riesgo climático. A fin de solventar esta laguna, varios interesados del ámbito humanitario y del ámbito del desarrollo, incluida la FAO, están ayudando a los gobiernos nacionales a establecer sistemas de protección social basados en el conocimiento de los riesgos y que ofrezcan capacidad de respuesta ante las perturbaciones, que brindan apoyo con

antelación a una crisis, sobre la base de criterios económicos y relacionados con el riesgo climático (PNUMA, 2016; Winder Rossi *et al.*, 2016). Los sistemas de protección social, si se vinculan eficazmente con sistemas de alerta temprana y cuentan con la información de parámetros agrícolas, de seguridad alimentaria y nutricionales, también se pueden utilizar para planificar una respuesta oportuna ante las emergencias (FAO, 2016a).

El enfoque descrito anteriormente puede aplicarse por medio de la ampliación de las intervenciones que proporcionan dinero en efectivo y activos productivos de ciclo breve, acompañados por capacitación técnica. En aquellos lugares donde los mercados funcionan y la moneda es estable, las transferencias en efectivo presentan ventajas tales como eficacia en función de los costos, repercusión y flexibilidad, y dan más opciones a los hogares beneficiarios. No obstante, en 2015, las transferencias monetarias en efectivo y los cupones representaron solo el 6 % de la ayuda humanitaria (ODI, 2015). Para mejorar las posibilidades que ofrecen las intervenciones basadas en el efectivo, es necesario integrar este recurso en la planificación de la preparación y de contingencia, fortalecer las asociaciones con el sector privado, usar pagos electrónicos y transferencias digitales y, cuando sea posible, apalancar las transferencias de efectivo para crear estructuras de asistencia social a mediano y largo plazo que se puedan utilizar en emergencias recurrentes.

Los puntos de entrada y los vínculos operativos entre las políticas de protección social y aquellas relacionadas con el cambio climático son múltiples. Se pueden diseñar *programas de obras* públicas, incluidas redes de seguridad productiva, que contribuyan simultáneamente a aumentar los ingresos de los hogares, involucrar a las comunidades en la agricultura climáticamente inteligente y generar “empleos verdes” en esferas tales como gestión de desechos, reforestación y conservación del suelo (Asfaw y Lipper, 2016). En varios países, se están probando los seguros indexados, que pagan beneficios basados en índices tales como

precipitaciones, rendimientos medios de superficie y condiciones de vegetación medidos por satélites, como una herramienta de mitigación de riesgos. Cuando un índice supera un umbral predeterminado, los agricultores reciben un desembolso rápido, que en algunos casos se entrega a través de teléfonos móviles. Sin embargo, los seguros indexados no ofrecen en sí mismos una solución completa para el riesgo relacionado con el clima. Por ejemplo, el plan de seguro de cosechas contra las inclemencias del tiempo de la India puede haber conducido a los participantes a cambiar hacia sistemas de producción agrícolas más rentables pero de mayor riesgo, debido a las primas subvencionadas (Cole *et al.*, 2013). La aceptación de los seguros indexados ha sido en general limitada dado que usualmente conlleva altos costos de transacción. La falta de confianza en las instituciones de seguros es otro problema.

Una *información más adecuada acerca de las condiciones meteorológicas* ayudaría a los productores en pequeña escala a adaptarse a variaciones previsibles del clima, por ejemplo ajustando las fechas de siembra o poniendo al ganado a resguardo a tiempo. Algunos estudios determinaron que los agricultores de África oriental y austral que pudieron acceder a pronósticos estacionales cambiaron al menos algunas decisiones de gestión, lo que les ayudó a reducir las pérdidas de las cosechas (O’Brien *et al.*, 2000; Ngugi, Mureithi y Kamande, 2011; Phillips, Makaudze y Unganai, 2001, 2002; Klopper y Bartman, 2003; Mudombi y Nhamo, 2014). El acceso a información de pronósticos climáticos ayudó a los agricultores de Kenya a evitar pérdidas equivalentes a cantidades tan elevadas como un cuarto de sus ingresos netos medios (Erickson *et al.*, 2011). Los agricultores que tienen acceso a tecnología de la información y las comunicaciones tienden a utilizar habitualmente la información disponible sobre el clima (Ramussen *et al.*, 2014). La inversión en instituciones que comparten pronósticos estacionales, un aspecto clave de la información sobre el clima, puede aumentar la capacidad de los agricultores para reducir su exposición a los riesgos (Hansen *et al.*, 2011). Del mismo modo, para los organismos de socorro en casos de »

LOS BENEFICIOS Y LOS COSTOS DE LA INVERSIÓN EN LA ADAPTACIÓN DE LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES

Los cambios en las prácticas agrícolas serán un importante medio para fomentar la resiliencia y mejorar la gestión del carbono y el nitrógeno en los sistemas de producción en pequeña escala. No obstante, las tasas de adopción de estas prácticas entre los agricultores son relativamente bajas. La pregunta es: ¿cuánto costará aumentar las tasas de adopción hasta el nivel requerido para contrarrestar los efectos negativos del cambio climático? Un estudio de modelización que considera las decisiones de los agricultores sobre los cultivos en condiciones de cambio climático, combinado con estimaciones empíricas de encuestas por hogares en cuatro países, presenta perspectivas que ayudan a responder esta pregunta (Cacho *et al.*, 2016). El estudio incluye resultados de modelos de cuatro zonas en cuatro países que son muy vulnerables a los efectos del cambio climático en la agricultura: Bangladesh, la India, Malawi y la República Unida de Tanzania. En el estudio, se proyectaron las tasas de adopción de la agricultura climáticamente inteligente en 2050, basándose en datos empíricos sobre tasas de adopción. Se prevé que la tasa de adopción más alta se registrará en Malawi con el 96 %, seguido por la República Unida de Tanzania (64 %), India (62 %) y Bangladesh (54 %)*. Sin embargo,

en la mayoría de los casos, los niveles de adopción previstos, aunque serán relativamente altos, probablemente no serán suficientes para contrarrestar plenamente los efectos climáticos en los pequeños productores. Esto sugiere que las prácticas de agricultura climáticamente inteligente por sí solas no bastarán con el fin de lograr los cambios para la transformación necesarios si no se cuenta con niveles más elevados de inversiones destinadas a crear entornos favorables y a promover tecnologías con altas posibilidades de adaptación.

En el estudio también se analizaron los costos y beneficios de la adaptación por medio de inversiones en semillas mejoradas, adecuadas para los cambios que se proyectan en las condiciones locales. Sin adaptación, el costo del cambio climático para los pequeños productores es importante en un escenario de cambio climático severo (Cuadro A). Por medio de la adopción de semillas resistentes a las sequías, y conforme a supuestos de rendimiento conservadores, las pérdidas debidas al cambio climático se reducen entre el 34 % y un 51 % según el país. Se calculó que el valor neto actual de las inversiones en la adopción de semillas mejoradas variaría entre un promedio de 203 dólares estadounidenses por hectárea en Malawi y 766 por hectárea en las tierras de secano de la India.

CUADRO A

BENEFICIOS NETOS DE LA ADOPCIÓN DE SEMILLAS MEJORADAS EN DETERMINADOS PAÍSES PARA EL PERÍODO 2020–2050 (valor neto actual con una tasa de descuento del 5 %)

	Costo estimado de los daños derivados del cambio climático		Diferencia	Superficie considerada (Millones de hectáreas)	Valor neto actual de la adopción de semillas (Dólares/hectárea)
	(Valor en millones de dólares estadounidenses)				
	Base de referencia (sin adaptación)	Semillas mejoradas	%		
Bangladesh	221	125	43	0,2	454
India	13.595	6.626	51	9,1	766
Malawi	981	516	47	2,3	203
República Unida de Tanzania	8.567	5.622	34	9,7	303

Nota: El caso de referencia en las condiciones actuales se compara con un caso en que se desarrolla semilla mejorada y esta reduce un 30 % los daños en el escenario climático más severo (RCP 8,5). Suponiendo una política en apoyo de la adopción de semillas mejoradas, el costo por hectárea se calcula como la suma de los costos de compra y distribución de fertilizantes y semillas, más los gastos de administración, dividida por la superficie total cubierta por la política. Se realiza una estimación del beneficio neto a lo largo de un período de 30 años, restando los costos de la aplicación de la política. FUENTE: Cacho *et al.*, 2016.

RECUADRO 13

(CONTINUACIÓN)

Los resultados sugieren que las iniciativas de adaptación diseñadas y dirigidas de manera adecuada pueden generar altos rendimientos para los pequeños productores con los efectos del cambio climático proyectados. En el caso de las semillas mejoradas, se requieren intervenciones en toda la cadena de suministro: desde garantizar que se produzcan cantidades suficientes de semilla hasta apoyar el desarrollo de las empresas locales requeridas para comercializar los insumos y comprar los productos. Establecer sistemas que reduzcan los costos de transacción del acceso de los pequeños productores a las semillas también es un aspecto importante de las políticas eficaces. En el análisis se estudiaron asimismo las tasas costo-beneficio de otras dos medidas de adaptación

climática importantes: las tecnologías de riego y de ahorro de agua. Se calculó que los beneficios medios del riego en condiciones de cambio climático ascendían a 226 dólares estadounidenses por hectárea en Bangladesh y 494 por hectárea en la India (Cuadro B). Dichos beneficios se calcularon como el valor de los daños evitados por hectárea, basándose en los ingresos por cosecha de los pequeños productores. Los costos por hectárea de las mejoras de riego son más bajos para los productos de los sistemas en pequeña escala y, en consecuencia, las tasas costo-beneficio son considerablemente mayores, lo que apoya asimismo el concepto de que las inversiones que se hagan ahora en adaptación efectiva ofrecerán altos rendimientos a la agricultura en pequeña escala.

CUADRO B

BENEFICIOS Y COSTOS DEL RIEGO POR HECTÁREA EN 2050

	Beneficios del riego (USD/ha)	Costo de la infraestructura de riego (USD/ha)		Beneficio/Costo	
		Pequeña escala	Gran escala	Pequeña escala	Gran escala
Bangladesh	226	29	79	7,8	2,9
India	494	29	79	17,0	6,3

FUENTE: Cacho *et al.*, 2016

* Se utilizó el marco del modelo LPJm-MAGPIE (Popp *et al.*, 2016; Lotze-Campen *et al.*, 2008; Bondeau *et al.*, 2007) para estimar los rendimientos y precios de los cultivos en escenarios climáticos alternativos. Las proyecciones de rendimiento de cultivos fueron coherentes con las del modelo IMPACT del IFPRI. Los resultados para Bangladesh y la India no son representativos a nivel nacional. La encuesta utilizada abarcó solamente un grupo de aldeas seleccionadas.

» catástrofe, vencer los obstáculos institucionales que impiden el uso de pronósticos estacionales ha sido esencial para salvar vidas durante crisis climáticas (Tall *et al.*, 2012).

Reducción de las desigualdades de género

Dado que los hombres y las mujeres tienen diferentes prioridades y capacidades en relación con la respuesta ante el cambio climático, es necesario que los responsables de la formulación de políticas y las instituciones reconozcan explícitamente las diferencias de género al diseñar intervenciones que refuerzan la resiliencia de los

medios de vida rurales (Acosta *et al.*, 2015; Gumucio y Tafur-Rueda, 2015). Las normas sociales a menudo imponen responsabilidades agrícolas y limitan las opciones de las mujeres, que determinan la información que necesitan y los canales de información a los que pueden acceder (Archer y Yamashita, 2003; McOmber *et al.*, 2013; Jost *et al.*, 2015). Por ejemplo, la información sobre la fecha de inicio de las precipitaciones es importante para los hombres agricultores del Senegal porque los hombres tienen prioridad en el acceso a los animales para la preparación del terreno; las mujeres carecen de la capacidad para

actuar según la información, y prefieren los pronósticos de cese de las precipitaciones y los períodos secos (Tall *et al.*, 2014).

El Proyecto de carbono agrícola de Kenya, ejecutado por Vi Agroforestry y el Banco Mundial, destaca varias estrategias que abordan las disparidades de género en cuanto a tenencia de la tierra y los árboles, mano de obra, conocimientos, distribución de beneficios, participación y liderazgo. Entre los ejemplos pueden mencionarse: contratos firmados por grupos, incluidas las mujeres aunque no posean tierras; inversiones en capacitación diseñadas de manera que lleguen a las mujeres (por ejemplo, contratando a coordinadoras comunitarias); el suministro de plántulas de las especies arbóreas que usualmente desean las mujeres (por ejemplo, especies que dan leña, forraje, sombra y fruta); sistemas y normas de rotación del liderazgo; mejoras en el acceso de las mujeres a préstamos y seguros (Banco Mundial 2010; Vi Agroforestry 2015; Shames *et al.*, 2012). Un proyecto participativo en la comunidad de Kumbharwadi, sujeta a escasez de agua, en el estado de Maharashtra de la India, redujo la cantidad de tiempo que las mujeres dedican a recolectar agua potable y leña instalando fuentes de ambos recursos más cerca de sus hogares, y ayudó a aumentar la participación de las mujeres en los procesos de adopción de decisiones de la aldea. El proyecto arrojó como resultado un aumento en los ingresos de los hogares pobres (Gray y Srinidhi, 2013; Banco Mundial, FAO y FIDA, 2015).

La migración

Las condiciones de estrés ambiental y climático en los medios de vida —tales como sequías, inundaciones y patrones meteorológicos imprevisibles— fuerzan a las personas rurales a migrar. A medida que se explotan las tierras más intensivamente, aumenta la degradación del suelo, disminuye la producción y caen los ingresos. Del mismo modo, la escasez de agua que ocasionan las sequías prolongadas y los conflictos en torno al uso del agua pueden inducir a los agricultores más pobres a abandonar la tierra. La migración temporal, estacional y permanente puede ser una forma de diversificación de los medios de vida que ofrece

importantes beneficios a muchos hogares rurales. Es una fuente esencial de diversificación de los ingresos que aumenta la resiliencia del hogar y ofrece los medios para realizar inversiones que mejoran la productividad. El lado negativo es que los migrantes a menudo enfrentan adversidades, riesgos y peligros.

En un estudio, se prevé que cientos de millones de personas podrían tener que abandonar sus hogares a causa de presiones climáticas y ambientales de aquí a 2050 (IIED, 2010). Tales pronósticos han ayudado a dar a la migración el carácter de una cuestión que debe abordarse en la adaptación al cambio climático. Los gobiernos, en sus estrategias de adaptación, tienden a adoptar uno de dos enfoques posibles (KNOMAD, 2014). El primero, y más común, considera la adaptación como una forma de reducir las presiones de la migración y de permitir que las personas permanezcan donde están mejorando las prácticas agrícolas y la infraestructura. En el segundo, la migración es una estrategia de adaptación en sí misma, que alivia la presión demográfica sobre áreas frágiles. Las posibilidades de los migrantes que ya viven fuera de las zonas vulnerables de ayudar a sus comunidades locales a adaptarse al cambio climático y responder a este resultan de especial interés para los responsables de la formulación de políticas de desarrollo.

La protección social y las políticas activas del mercado de trabajo pueden cumplir funciones importantes para mitigar muchos de los riesgos relacionados con la migración. La educación y la capacitación de mejor calidad aumentarían las perspectivas de empleo de los habitantes de zonas rurales que deciden migrar, especialmente los jóvenes, y de aquellos que buscan empleos que requieren más conocimientos en la agricultura sostenible. Resultará importante facilitar una infraestructura de transporte y comunicaciones adecuada, ya sea directamente por el sector público o promoviendo las inversiones privadas, con el fin de reducir los costos relacionados tanto con los viajes como con el envío de remesas, así como para facilitar los flujos de información sobre empleo y oportunidades de negocios. ■

FACTORES QUE OBSTACULIZAN LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Un metaanálisis reciente de los factores determinantes para la adopción de tecnologías mejoradas en África destacó perspectivas en cuanto a los obstáculos que enfrentan los pequeños agricultores para hacer los tipos de cambios incrementales que requiere la adaptación al cambio climático (Arslan *et al.*, 2016a). El conjunto de datos se basa en información de alrededor de 150 estudios publicados e incluye 87 prácticas mejoradas de agroforestería, agronomía y producción pecuaria. Uno de los obstáculos más destacados para la adopción de la agroforestería es el acceso a la información, principalmente de servicios de extensión, que se menciona como importante en alrededor del 40 % de los estudios en que se incluye. Otros de los factores determinantes de la adopción de prácticas de agroforestería mejoradas

son la distancia a los mercados, la integración de grupos de agricultores y otras infraestructuras sociales y la seguridad de la tenencia. En cuanto a la adopción de prácticas agronómicas mejoradas, los principales obstáculos estuvieron relacionados con el acceso a la información, seguido de la seguridad de la tenencia, la dotación de recursos y la exposición a riesgos y perturbaciones. El análisis también indicó que era necesario dirigir los esfuerzos a aquellos con menor dotación de recursos, especialmente las mujeres agricultoras y los hogares encabezados por mujeres, dado que suelen tener un acceso mucho más limitado a la información y las tecnologías. Los hogares encabezados por hombres tienen mayores probabilidades de adoptar prácticas mejoradas de agroforestería o agronomía.

AGROFORESTERÍA Y AGRONOMÍA: FACTORES DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS MEJORADAS Y SU IMPORTANCIA EN LA INVESTIGACIÓN

Determinante	Agroforestería				Agronomía			
	1. Total	2. Negativo (-)	3. Positivo (+)	4. Cifra sin importancia estadística	1. Total	2. Negativo (-)	3. Positivo (+)	4. Cifra sin importancia estadística
	(N°)	(Porcentaje)	(Porcentaje)		(N°)	(Porcentaje)	(Porcentaje)	
Información	60	1,7	41,7	56,7	459	7,6	37	55,4
Dotación de recursos	75	14,7	28	57,3	991	12,9	29,2	57,9
Riesgos y perturbaciones	16	0	18,8	81,3	106	8,5	29,2	62,3
Factores biofísicos	20	15	20	65	544	13,4	20	66,6
Distancia al mercado/caminos	17	11,8	47,1	41,2	249	20,9	14,1	65
Factores sociodemográficos	129	5,4	29,5	65,1	1.154	12,2	21,9	65,9
Grupos/capital social	29	10,3	44,8	44,8	288	9,7	26,7	63,6
Seguridad de la tenencia	19	10,5	42,1	47,4	116	8,6	36,2	55,2
Disponibilidad de mano de obra	18	5,6	38,9	55,6	96	14,6	24	61,4
Acceso al crédito	15	6,7	13,3	80	167	12,6	24,6	62,8
Número total de resultados	398	7,8	32,4	59,8	4.170	12,3	25,7	62

Nota: Las columnas 2 y 4 muestran, para la agroforestería y la agronomía, el porcentaje de estudios que se ocupan de un factor determinante específico que tiene un efecto negativo, un efecto positivo o un efecto sin importancia estadística en la adopción.

FUENTE: Arslan *et al.*, 2016a.

CUADRO 10

COSTOS DE OPORTUNIDAD DE LA APLICACIÓN DEL MANEJO MEJORADO DEL PASTOREO, PROVINCIA DE QINGHAI (CHINA)

Tamaño de los rebaños	Ingresos netos de referencia	Valor neto actual por ha en 20 años	Número de años hasta lograr un flujo de efectivo positivo	Número de años hasta lograr ingresos netos adicionales positivos en comparación con los ingresos netos de referencia
	(USD/ha/año)	(USD/ha)	(Número de años)	(Número de años)
Pequeño	14	118	5	10
Mediano	25	191	1	4
Grande	25	215	1	1

FUENTE: McCarthy, Lipper y Branca, 2011.

RECUADRO 15

REORIENTAR LA INVESTIGACIÓN PARA EL DESAFÍO DEL CLIMA

La mayoría de las investigaciones sobre cultivos se han centrado en los cultivos caducos más que en los perennes. A medida que se van sintiendo los efectos del cambio climático en la productividad agrícola y el potencial de producción, la investigación debe adoptar un enfoque mucho más amplio e integrado, que incorpore los cultivos perennes, la ganadería y la acuicultura, así como una mejor comprensión de las repercusiones del cambio climático para las plagas y enfermedades.

Resulta especialmente urgente desarrollar nuevas variedades y tecnologías de apoyo, debido al lapso que transcurre entre la investigación inicial de una nueva variedad y su disponibilidad para los productores, que usualmente es de más de un decenio (Challinor *et al.*, 2016). Debe prestarse especial atención al desarrollo de

variedades tolerantes al calor y la sequía, no solo para los países tropicales sino también para los países templados que ya tienen temperaturas altas durante las temporadas de crecimiento. Se prevé que algunos países desarrollados, por ejemplo, experimentarán importantes disminuciones en el rendimiento del maíz en condiciones de cambio climático.

En tanto que los países desarrollados generalmente tienen mayor capacidad, en el sector tanto público como privado, para desarrollar nuevas variedades, los países más pobres dependen de que el CGIAR y los institutos Nacionales de investigación agrícola desarrollen variedades de alto rendimiento y climáticamente inteligentes. Esto implica que es necesario aumentar y sostener las inversiones en estas instituciones.

¿CUÁNTO COSTARÁ LA ADAPTACIÓN?

¿Cuánto costará realmente fomentar la capacidad de los productores en pequeña escala para adaptarse al cambio climático? Esa pregunta surge a menudo, especialmente en el contexto del desarrollo de nuevas fuentes de financiación relacionada con el clima. En un examen de la literatura sobre los costos y beneficios de la adaptación al cambio climático se hallaron más de 500 documentos sobre el tema (Watkiss, 2015). Las estimaciones varían por muchos

motivos, entre los que se incluyen diferencias en la cobertura regional, hipótesis, métodos y modelos de cambio climático, así como los períodos, las medidas de adaptación y los sectores que se consideraron. Varios estudios mundiales sugieren que los costos de la inacción superan con mucho los costos de la adaptación al cambio climático (Stern, 2007; OCDE, 2012; Stern 2014; OCDE, 2015). Algunos análisis a nivel nacional ofrecen estimaciones de los costos de la inacción en paralelo con los costos de adaptación. Consideramos aquí dos de tales estudios realizados en países en desarrollo, donde una gran proporción de los agricultores son pequeños productores, y un estudio iniciado

por la FAO que se centra específicamente en los pequeños productores de cuatro países (Recuadro 13).

Un estudio de Uganda estima que los efectos económicos del cambio climático en la agricultura, el agua, la energía y la infraestructura varían desde una cifra acumulada de 273.000 millones de dólares estadounidenses hasta 437.000 millones entre 2010 y 2050, según los supuestos acerca del desarrollo socioeconómico y la gravedad del cambio climático (Markandya, Cabot-Venton y Beucher, 2015). Si se considera únicamente el sector agrícola, los costos de la inacción, en lo que se refiere a una menor producción de los cultivos y el ganado, así como la reducción de las exportaciones, se sitúan entre 22.000 millones de dólares estadounidenses y 38.000 millones en el mismo período. Si bien el presupuesto para la adaptación, que comprendería sistemas de riego más eficientes, variedades mejoradas de cultivos, razas de ganado más adaptadas y productivas y mecanismos de crédito, podría alcanzar casi 644 millones anuales para el año 2025, el costo de la inacción sería hasta 46 veces mayor.

Un estudio de caso realizado en Viet Nam muestra también que es probable que los costos económicos del cambio climático sean mucho más elevados que los costos de la adaptación (Banco Mundial, 2010c). La adaptación, si bien no impedirá que se produzcan pérdidas económicas debido al cambio climático, reducirá en gran medida su magnitud. Se calcula que, sin adaptación, las pérdidas agrícolas debidas al cambio climático ascenderán a 2.000 millones de dólares estadounidenses por año. Incluso con adaptación, es probable que se produzcan algunas pérdidas, pero estas se limitarán a alrededor de 500 millones, con lo que las pérdidas totales se reducirán alrededor de 1.500 millones de dólares estadounidenses al año. La adaptación incluiría las estrategias de adaptación propias de los agricultores, tales como el cambio de la fecha de siembra y el uso de variedades tolerantes a la sequía o resistentes a la salinidad, así como intervenciones gubernamentales, como pueden ser inversiones en riego y aumento del gasto en

investigación y desarrollo agrícolas. Los costos de la adaptación, que se estiman en unos 160 millones de dólares estadounidenses anuales durante el período 2010-2050, serían una fracción de los ahorros logrados con la adaptación.

En resumen, si bien se han realizado hasta ahora pocos estudios sistemáticos sobre el costo de la adaptación al cambio climático en la agricultura en pequeña escala, los datos empíricos disponibles señalan balances costo-beneficio extremadamente positivos. Esto es especialmente cierto no solo cuando se considera como la diferencia entre el costo de la inacción y los beneficios de la acción, sino también cuando se ponderan el costo de las inversiones en prácticas agrícolas climáticamente inteligentes y las ganancias que se obtienen en cuanto a aumentos de rendimiento, mejoras en los medios de vida y reducciones en el número de personas expuestas a la inseguridad alimentaria. Por lo tanto, la cuestión principal es gestionar la transición hacia la agricultura sostenible y reducir al mínimo los costos de transacción para los sistemas en pequeña escala. ■

GESTIÓN DE LA TRANSICIÓN A SISTEMAS EN PEQUEÑA ESCALA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES

Determinar los obstáculos para la adopción y evaluar las compensaciones recíprocas

En la agricultura climáticamente inteligente se reconoce que puede haber compensaciones, así como sinergias, entre sus tres objetivos de mejorar la productividad de forma sostenible,

aumentar la capacidad de adaptación y la resiliencia ante las perturbaciones y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Eso resulta particularmente importante cuando se consideran opciones para transformar la agricultura en pequeña escala con miras a reducir la pobreza en condiciones de cambio climático. Se ha debatido intensamente acerca de las posibles compensaciones entre la mitigación y la seguridad alimentaria, debido a que preocupa el hecho de que los productores en pequeña escala de los países en desarrollo puedan verse forzados a asumir los costos de la reducción de gases de efecto invernadero para mitigar un problema de cambio climático que no provocaron y con el cual son los más afectados (Lipper *et al.*, 2015).

El enfoque de agricultura climáticamente inteligente aborda esta cuestión identificando explícitamente los costos de las medidas de mitigación por medio del desarrollo de una base empírica específica en función de la ubicación. En primer lugar, se lleva a cabo una evaluación adecuada de los obstáculos que enfrentan los pequeños productores en la transición a sistemas agrícolas climáticamente inteligentes y sostenibles (Recuadro 14). La evaluación inicial se somete después a un diálogo entre todos los interesados para decidir qué cambios en políticas e incentivos se requieren con el fin de crear las condiciones propicias para la transición.

Con el objetivo de identificar de manera adecuada dónde pueden obtenerse compensaciones, es necesario reconocer de manera explícita los costos de realizar cambios. Por ejemplo, la mejora de las reservas de carbono del suelo por medio de la gestión mejorada de las tierras y restauración requiere costos de inversión en cercas, semillas y maquinaria, costos de oportunidad en la forma de producción perdida y gastos operativos en forma de los insumos de mano de obra anuales requeridos para mantener y aumentar el carbono del suelo. Los costos de la adopción de prácticas que aumentan el carbono del suelo pueden ser muy importantes para los pequeños productores, especialmente en las etapas

iniciales y de transición. También pueden ser superiores a los beneficios que obtienen los propios agricultores, aunque generen beneficios para otros por medio de la mejora de las funciones del territorio y las cuencas hidrográficas.

En el Cuadro 10 se presenta un ejemplo de estos costos donde se indica el número de años que deberían transcurrir antes de que los pastores de yak de la provincia de Qinghai (China) logran un rendimiento positivo si invirtieran en la restauración de sus tierras de pastoreo muy degradadas. Los productores más pequeños obtienen los rendimientos más bajos en cuanto a valor neto actual⁶ por hectárea de inversión. También deben esperar el período más prolongado para obtener rendimientos positivos: su inversión en la restauración de las tierras de pastoreo degradadas tardaría 10 años en ofrecer el mismo nivel de ingresos que obtienen con el sistema degradado actual. Si bien la restauración de las tierras altamente degradadas es considerablemente más costosa, los costos relacionados con la adopción de prácticas mejoradas de gestión de la tierra en suelos fértiles también representan una importante compensación para los agricultores (FAO, 2009).

Los costos que enfrentan los productores agrícolas y, en consecuencia, las compensaciones, se ven influidos por el entorno normativo e institucional. Por lo tanto, un paso importante de la transición hacia la agricultura climáticamente inteligente es evaluar la necesidad de modificar las medidas de políticas existentes, tales como las subvenciones a los insumos y las posibilidades de los sistemas de protección social de afrontar los riesgos que impone el cambio climático. Por ejemplo, las subvenciones a los fertilizantes minerales no ofrecen en general incentivos para utilizar los fertilizantes de manera eficiente; de hecho, pueden producir el efecto totalmente contrario. Del mismo modo, la integración de la exposición a los

⁶ El valor neto actual de una inversión es la diferencia entre el valor actual de los ingresos y salidas de efectivo.

riesgos climáticos como parte de la metodología de focalización de los programas de protección social es un cambio institucional que puede aplicarse con relativa facilidad para alcanzar la agricultura climáticamente inteligente. Reorientar la investigación en agricultura para integrar la adaptación al cambio climático y la mitigación de este es otro componente importante de un entorno favorable (Recuadro 15).

El desafío de la financiación

La sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos en pequeña escala dependerá de la capacidad de los pequeños productores para adoptar prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes. Para lograr este objetivo, se requieren más inversiones financieras. No obstante, el acceso a la financiación para los sectores agrícolas —y mucho más para la agricultura climáticamente inteligente— es y ha sido durante decenios un reto en muchos países en desarrollo. Tradicionalmente, la participación de la agricultura en las carteras de las instituciones financieras ha sido pequeña, especialmente cuando se compara con la contribución de la agricultura al PIB. Dado que se considera que la agricultura es un sector de baja rentabilidad y alto riesgo, las fuentes de financiación de la mayoría de los países limitan su exposición, aplican criterios más estrictos para los préstamos e imponen condiciones crediticias onerosas. A menudo, dejan de lado por completo la agricultura, y prefieren buscar rendimientos más estables en otros sectores de la economía. El déficit resultante de financiación afecta en gran medida a la agricultura, especialmente a los agricultores y los agronegocios pequeños y medianos.

Los agricultores en pequeña escala enfrentan los peores obstáculos para acceder a financiación. Suelen contar con escasos conocimientos financieros, tienen muy pocas garantías e historial crediticio o carecen de ellos, y no tienen muchas otras fuentes de ingresos. Dado que se encuentran muy dispersos y están situados en zonas alejadas de los centros

urbanos, las entidades de préstamo tienen dificultades incluso para llegar hasta los pequeños productores. Su aislamiento genera costos de transacción que a veces son mayores que los préstamos que solicitan los agricultores. El acceso a la financiación resulta especialmente difícil para las mujeres, debido a obstáculos socioeconómicos, políticos y jurídicos.

Además, si bien hay servicios de financiación formales disponibles, estos frecuentemente no satisfacen sus necesidades ni consideran las circunstancias de los pequeños productores. Las instituciones financieras tienden a ofrecer capital de trabajo a corto plazo más que el capital de inversión que requiere la inversión en valor añadido y mayor productividad. Asimismo, las instituciones de préstamo a menudo establecen calendarios de reembolso rígidos y vencimientos a corto plazo que, debido a la estacionalidad de los ciclos agrícolas, no coinciden con los flujos de efectivo estacionales de los agricultores en pequeña escala.

En consecuencia, la gran mayoría de los agricultores de los países en desarrollo queda marginada del sistema financiero y se le niegan oportunidades de crecimiento económico. Según una estimación, la demanda de financiación total de los pequeños productores de América Latina, África subsahariana y Asia meridional y sudoriental es de alrededor de 210.000 millones de dólares estadounidenses por año (Rural and Agricultural Finance Learning Lab., 2016). Además, es probable que esta brecha de financiación se amplíe sustancialmente en el futuro, debido a que se requieren préstamos a más largo plazo para financiar las actividades de adaptación al cambio climático y mitigación de este.

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) también enfrentan dificultades para acceder a financiación, en particular los préstamos a más largo plazo. Las pymes son esenciales para el desarrollo agrícola, dado que desempeñan un papel importante para aumentar los ingresos y la productividad de los pequeños productores y mejorar la eficiencia de las cadenas de valor, que generan empleos rurales. Cuando las pymes

carecen de fondos para crecer hasta alcanzar su pleno potencial, generan menos empleos y emplean a menos trabajadores. La brecha de financiación para las pymes agrícolas, por ende, exacerba el desempleo y la pobreza en las zonas rurales de todo el mundo. Muchas pymes requieren fondos cuya cuantía es demasiado elevada para las instituciones de

microfinanciación, pero no es lo suficientemente grande para conseguir préstamos comerciales, además de que se los considera demasiado arriesgados. Esto resulta especialmente problemático cuando los productores y las empresas desean invertir en infraestructura que añada valor y podría aumentar en gran medida su productividad y sus ingresos. ■

CONCLUSIONES

En este capítulo se ha explorado la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas en pequeña escala ante los riesgos derivados del cambio climático y se han examinado los puntos de partida para abordar esas vulnerabilidades. De los análisis realizados por la FAO y de la literatura existente sobre el tema, surgen varios elementos clave. En primer lugar, si bien “cambio climático” es un término que lo engloba todo, sus manifestaciones serán complejas y diversas. Los obstáculos restrictivos en cuanto a productividad varían considerablemente en diferentes sistemas agrícolas y regiones. Además, no hay manera de saber si los valores medios, la variabilidad o los extremos de precipitaciones o temperatura tendrán el mayor efecto en los rendimientos. A medida que cambia el clima mundial, algunos de estos efectos serán directos y otros indirectos, por ejemplo a través de la propagación de plagas y enfermedades. Comprender las principales limitaciones meteorológicas y cómo se ven afectadas por el cambio climático es un primer paso importante para determinar el tipo de apoyo que necesitarán los agricultores en pequeña escala. Resta mucho por hacer para mejorar los conocimientos al respecto y comunicarlos de manera apropiada a las partes interesadas.

El segundo punto importante que surge de este capítulo es que la intensificación sostenible, las

tecnologías agrícolas mejoradas y la diversificación pueden disminuir los efectos del cambio climático e incluso reducir considerablemente el número de personas en riesgo de padecer hambre. No obstante, la adopción generalizada de tecnologías mejoradas puede hallar obstáculos en cuanto a las políticas y de tipo institucional que deberán superarse. La diversificación suele adoptarse más y resulta más eficaz en las zonas donde la variabilidad climática es mayor, como se informó en estudios de casos para Malawi y Zambia. Esto subraya la importancia que tiene abordar las restricciones específicas, en lugar de imponer políticas generales para diferentes regiones agroecológicas y sistemas agrícolas.

El tercer punto es que la adaptación resulta razonable desde el punto de vista económico: los beneficios superan a los costos generalmente por un alto margen. Pero este hecho por sí solo no convertirá la adaptación en una realidad. Para los pequeños productores resulta particularmente difícil superar los obstáculos en la adopción de nuevas tecnologías y prácticas debido a las dificultades que enfrentan para acceder a financiación. Lo mismo puede decirse de las empresas pequeñas y medianas que generan ingresos para los pequeños productores y empleos rurales que permiten diversificar los ingresos fuera de las granjas.



CAPÍTULO 4

LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

PERÚ

Trabajadores rurales restauran
terrazas tradicionales.

©FAO/A. Odoul



VALLE SAGRADO DE LOS INCAS, PERÚ

Sistema agroecológico a tres niveles (maíz, patatas y pastoreo).

©FAO/Antonello Proto



MENSAJES CLAVE

1 **LOS SECTORES AGRÍCOLAS SE ENFRENTAN A UN DESAFÍO SINGULAR:** producir más alimentos reduciendo al mismo tiempo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causadas por la producción de alimentos.

2 **LA AGRICULTURA PODRÍA REDUCIR LA INTENSIDAD DE SUS EMISIONES,** pero no lo suficiente como para contrarrestar el aumento previsto de las emisiones totales.

3 **ES ESENCIAL ABORDAR LAS EMISIONES PROCEDENTES DEL CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA DEBIDO A LA EXPANSIÓN AGRÍCOLA,** pero el éxito a este respecto dependerá del desarrollo agrícola sostenible.

4 **A PESAR DE QUE LAS MEJORAS EN LA GESTIÓN DEL CARBONO Y EL NITRÓGENO TAMBIÉN REDUCEN LAS EMISIONES,** es probable que se vean impulsadas por objetivos de adaptación y seguridad alimentaria y no de mitigación.

5 **LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA** también depende de las medidas adoptadas para reducir al mínimo las pérdidas y el desperdicio de alimentos y promover dietas sostenibles.

LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Tras haber examinado en el Capítulo 3 las medidas que fomentan la resiliencia de los pequeños agricultores y las poblaciones rurales vulnerables al cambio climático, es preciso abordar los sistemas agrícolas y alimentarios desde una perspectiva más amplia a fin de evaluar su posible contribución a la mitigación del cambio climático. Los sectores agrarios están llamados a desempeñar el papel que les corresponde en la mitigación puesto que es de esperar que contribuyan cada vez más a la disminución de los niveles de emisiones mundiales; además, en determinadas condiciones, pueden absorber el dióxido de carbono.

Está previsto que las emisiones procedentes de la agricultura se incrementen junto con la demanda de alimentos debido al crecimiento demográfico y al aumento de los ingresos y a los cambios consiguientes en el régimen alimenticio hacia un mayor consumo de productos de origen animal. La agricultura puede contribuir a la mitigación al desvincular el aumento de la producción del incremento de las emisiones, reduciendo su intensidad, es decir, la cantidad de gases de efecto invernadero generados por unidad de producción. Esto, a su vez, puede complementarse con medidas destinadas a reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos y fomentar un cambio en las pautas de consumo alimenticio.

Los sectores agrícolas, y en particular la actividad forestal, tienen un potencial único para actuar como sumideros de carbono mediante la absorción de CO₂ y la retención del carbono de la biomasa y el suelo. En la actualidad, sin embargo, la deforestación es una fuente importante de emisiones, y las prácticas agrícolas insostenibles siguen agotando las existencias de carbono orgánico del suelo. El aprovechamiento del potencial teórico de

captación de carbono de los bosques y los suelos dependerá de las condiciones biofísicas, las opciones técnicas y las políticas.

Dado que las emisiones procedentes de la agricultura, así como los sumideros, forman parte de los ciclos globales del carbono (C) y el nitrógeno (N), para optimizar el potencial de mitigación de la agricultura es necesario, en primer lugar, comprender esos ciclos y la forma en que estos interactúan con las actividades agrícolas. Ello permitirá tener una apreciación más completa de las dificultades inherentes a la reducción de las emisiones procedentes de la agricultura, que implican procesos biofísicos complejos y resultan más difíciles de vigilar y de controlar que las emisiones de la mayor parte de otras fuentes antropogénicas de gases de efecto invernadero. Mejorar la eficiencia con que los recursos naturales se utilizan en la agricultura constituirá un elemento central de las estrategias de mitigación.

Es importante recordar que en los sectores agrícolas es imposible separar los objetivos de la seguridad alimentaria, la adaptación y la mitigación porque existen sinergias y compensaciones entre ellos. La experiencia creciente ha demostrado que los conjuntos integrados de tecnologías y prácticas, adaptadas a las condiciones agroecológicas concretas de los productores, son necesarios para realizar la mitigación y la adaptación de una manera eficaz en función de los costos. ■

RECUADRO 16

EL CARBONO Y EL NITRÓGENO EN LOS SECTORES AGRÍCOLAS

Las expresiones “ciclo del carbono” y “ciclo del nitrógeno” se utilizan para describir los flujos de esos dos elementos químicos, en diversas formas, a través de la atmósfera, los océanos, la biosfera y la litosfera de la Tierra. Se estima que hasta el 80 % del carbono orgánico total de la biosfera terrestre, excluidos los combustibles fósiles, se almacena en los suelos, mientras que aproximadamente el 20 % se almacena en la vegetación.

Se calcula que el crecimiento de las plantas produce unas 54 Gt de carbono (GtC) por año, mientras que la apropiación humana de la producción primaria neta (es decir, la cantidad de carbono de la biomasa que se cosecha, se utiliza para pastos, se quema o se pierde como resultado del cambio en el uso de la tierra inducido por el ser humano) oscila entre 15 y 20 GtC (Running, 2012; Krausmann *et al.*, 2013).

Los océanos y las márgenes litorales desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono. Según las estimaciones, más del 90 % del carbono mundial se almacena

en los sistemas acuáticos. Además, alrededor del 25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero se almacena en los medios acuáticos, principalmente manglares, praderas submarinas, bosques de llanuras inundables y sedimentos costeros (Nellemann, Hain y Alder, 2008; Khatiwala *et al.*, 2013). Los sistemas acuáticos, por tanto, podrían contribuir considerablemente a mitigar el cambio climático.

El nitrógeno es un componente esencial de los aminoácidos, los elementos básicos del crecimiento de las plantas. El uso del nitrógeno en la agricultura, de una forma aprovechable para las plantas, ha aumentado rápidamente con la creciente demanda de alimentos. Se estima que, en 2005, los agricultores aplicaron a los cultivos 230 millones de toneladas de nitrógeno en forma de fertilizantes minerales y estiércol. Es probable que las fugas de óxido nitroso en el medio ambiente a nivel mundial ya hayan excedido los límites biofísicos o planetarios (Rockström *et al.*, 2009; Steffen *et al.*, 2015).

LAS POSIBILIDADES TÉCNICAS PARA LA MITIGACIÓN CON ADAPTACIÓN

La agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra son responsables de aproximadamente el 21 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Todas las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra son atribuibles a la actividad forestal y al cambio en el uso de la tierra, tales como la conversión de los bosques para la producción de pastos o cultivos. La mayor parte de las emisiones de metano y óxido nítrico son atribuibles a las prácticas agrícolas (Cuadro 5). Por consiguiente, será esencial mejorar la gestión del carbono y del nitrógeno en la agricultura para que este sector contribuya a la mitigación del cambio climático (Recuadro 16).

Captación de carbono del suelo para contrarrestar las emisiones

Existe una gran preocupación acerca de la magnitud de las pérdidas pasadas y presentes de carbono provocadas por la actividad humana. Según las estimaciones, las pérdidas en los últimos 150 a 300 años debido al uso de la tierra y al cambio en el uso de la tierra, fundamentalmente la conversión de bosques en tierras agrícolas, oscilan entre 100.000 y 200.000 millones de toneladas (Houghton, 2012). Se reconoce cada vez más la importancia de los suelos como regulador terrestre de los ciclos del carbono y el nitrógeno, especialmente tras el nuevo régimen climático, establecido en virtud del Acuerdo de París de diciembre de 2015, por el que se pide la adopción de medidas para conservar y mejorar los sumideros y reservorios de gases de efecto invernadero.

Los suelos son el segundo mayor reservorio de carbono de la Tierra, después de los océanos; una pequeña variación en las existencias de carbono orgánico del suelo puede provocar cambios importantes en los niveles de CO₂ de la atmósfera (Chappell, Baldock y Sanderman, 2015). Hasta un metro de profundidad, los suelos del mundo, excepto el permafrost, contienen unas existencias totales de carbono orgánico de alrededor de 500±230 GtC, el equivalente al doble de la cantidad de carbono en forma de CO₂ presente en la atmósfera (Scharlemann *et al.*, 2014). Los suelos ofrecen grandes posibilidades para retener carbono, y este es sobre todo el caso de los suelos degradados a través de las medidas de restauración (Lal, 2010).

La capacidad del suelo para retener el carbono puede mantenerse y mejorarse mediante prácticas agrícolas que también restauren la salud y la fertilidad de los suelos con miras a la producción agrícola. El hecho de favorecer la gestión sostenible de los suelos reporta, por tanto, múltiples beneficios: aumenta la productividad, impulsa la adaptación al cambio climático, la fijación de carbono y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO y Grupo técnico intergubernamental sobre los suelos [GTIS], 2015). Si bien se reconoce el papel de los suelos como posibles sumideros y reservorios, son limitados los conocimientos sobre las existencias actuales de carbono del suelo y sobre el potencial real de captación de carbono del suelo debido a la falta de sistemas adecuados de información y seguimiento.

Para aprovechar el potencial de fijación de carbono del suelo, es necesario fomentar la gestión sostenible de los suelos como un sistema con una gama de funciones que ofrece múltiples servicios ecosistémicos (FAO y GTIS, 2015). El potencial técnico de captación del carbono orgánico del suelo parece oscilar entre 0,37 y 1,15 GtC por año (Sommer y Bossio, 2014; Smith *et al.*, 2008; Paustian *et al.*, 2004). Se trata de posibilidades técnicas, en el supuesto implícito de que las tierras agrícolas se gestionen a fin de retener el carbono. Sin embargo, la tasa de captación de carbono del suelo en tierras destinadas a usos agrícolas varía de 0,1 a 1 GtC

por hectárea al año (Paustian *et al.*, 2016). Por consiguiente, tendrían que gestionarse miles de millones de hectáreas para optimizar la fijación de carbono a fin de llegar a una tasa anual de 1 GtC. Además, los niveles de captación serían relativamente bajos al principio, alcanzarían un nivel máximo al cabo de 20 años y luego disminuirían lentamente (Sommer y Bossio, 2014).

La reducción de las emisiones en las cadenas de suministro de la ganadería

Es posible asimismo reducir considerablemente la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector ganadero. Resulta difícil estimar con precisión el potencial para ello, ya que la intensidad de las emisiones varía mucho, incluso dentro de sistemas de producción similares, debido a diferencias en las condiciones agroecológicas, las prácticas agrícolas y la gestión de las cadenas de suministro. Gerber *et al.* (2013) estiman que las emisiones generadas por la producción ganadera podrían reducirse entre un 18 % y un 30 % si se adoptan, en cada sistema, las prácticas seguidas por el 25 % de productores que genera una menor intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sobre la base de seis estudios de casos regionales y utilizando un modelo de evaluación del ciclo de vida, Mottet *et al.* (2016) estiman que la aplicación de prácticas sostenibles reduciría entre un 14 % y un 41 % las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la ganadería. En cinco de dichos estudios de casos, la mitigación se tradujo en un aumento de la producción, así como en una reducción de las emisiones, un doble logro para la seguridad alimentaria y la mitigación del cambio climático. Se ha observado un potencial de mitigación comparablemente alto para los rumiantes y los sistemas de producción de porcino en África, Asia y América Latina. También pueden

obtenerse importantes reducciones de las emisiones en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en sistemas de productos lácteos que ya alcancen altos niveles de productividad (Gerber *et al.*, 2013).

Las prácticas con mayores posibilidades técnicas en lo referente a la disminución de las emisiones de metano entérico y la retención del carbono del suelo en las tierras de pastoreo podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por una cantidad equivalente al 11 % de las emisiones anuales procedentes de los rumiantes a nivel mundial. En un estudio para la elaboración de modelos realizado por Henderson *et al.* (2015a), se observa que las prácticas mejoradas de manejo del pastoreo y de siembra de leguminosas eran las más asequibles y, por tanto, las que tenían un mayor potencial económico. El manejo del pastoreo era particularmente eficaz en América Latina y África subsahariana, mientras que la siembra de leguminosas, al parecer, ofrecía mejores resultados en Europa occidental. El tratamiento de la paja con urea suele ser una opción menos atractiva económicamente a un precio bajo por el carbono, pero muy rentable a un precio elevado, esto es, 100 dólares estadounidenses por tonelada de dióxido de carbono equivalente (t de CO₂ equivalente).

Mitigar las emisiones de óxido nítrico

Junto con el agua, el nitrógeno es el factor principal que determina el rendimiento de los cultivos (Mueller *et al.*, 2012). Casi el 50 % de la producción mundial de alimentos depende del fertilizante nitrogenado, mientras que el 50 % restante depende del nitrógeno que se halla en el suelo, el estiércol animal, tejidos de plantas que fijan el nitrógeno, residuos y desechos de cosechas y compost (Erisman *et al.*, 2008). El nitrógeno procedente de la agricultura se pierde fácilmente en el medio ambiente debido a la volatilización y la lixiviación, causando daños ambientales que, según las estimaciones, son casi

equivalentes a los beneficios económicos derivados del uso de los fertilizantes nitrogenados en la producción de alimentos (Sutton *et al.*, 2011). Las emisiones de óxido nitroso procedentes del fertilizante aplicado tienen efectos negativos directos: el NO₂ es el tercer gas de efecto invernadero más importante y la causa principal del agotamiento de la capa de ozono de la estratosfera. Al mismo tiempo, gracias al papel clave que el nitrógeno desempeña en la fotosíntesis y en la producción de biomasa, ejerce una influencia positiva sobre el sumidero de dióxido de carbono de la biosfera y la captación de carbono.

La finalidad de la gestión sostenible del nitrógeno en la agricultura es conseguir objetivos agronómicos, como la elevada productividad de los cultivos y los animales, y los objetivos ambientales de reducir al mínimo las pérdidas de nitrógeno. Puesto que el ciclo del nitrógeno es “de fácil lixiviación”, su gestión no está exenta de dificultades. En las condiciones del cambio climático y de la adaptación al mismo, es aún más compleja debido a su estrecha interacción con los ciclos del carbono y el agua (la utilización y las pérdidas de nitrógeno de la agricultura están fuertemente influidas por la disponibilidad de agua y carbono).

En el Cuadro 11 se ilustra el potencial de reducción de las emisiones de óxido nitroso en el sistema alimentario mundial para 2030 y 2050, mediante el uso de prácticas mejoradas. Las estimaciones se basan en el potencial para aumentar la eficiencia en el uso de nitrógeno y/o reducir la intensidad de las emisiones (Oenema *et al.*, 2014). Las hipótesis, basadas en un examen de la bibliografía y las opiniones de expertos, incluyen mejoras en la producción vegetal y animal, la gestión del estiércol y la utilización de alimentos, y la disminución de la cantidad de proteínas de origen animal en la dieta. En los resultados de las cinco hipótesis analizadas se incluyen tanto las repercusiones directas como indirectas de las emisiones de N₂O. (A efectos de comparación, el potencial de calentamiento mundial de un millón de toneladas de N₂O es equivalente a 81 millones de toneladas de dióxido de carbono).

En las condiciones actuales, las emisiones anuales de óxido nitroso procedentes de la agricultura aumentarán, según las estimaciones, de 4,1 millones de toneladas en 2010 a 6,4 millones de toneladas en 2030, y a 7,5 millones de toneladas en 2050. Las estrategias de reducción de las emisiones podrían mantener estas en 4,1 millones de toneladas en 2030 y reducirlas a 3,3 millones de toneladas en 2050. Al parecer, el mayor potencial reside en la introducción de mejoras en la producción de cultivos, en particular el uso de fertilizantes. Sin embargo, para compensar los aumentos previstos de las emisiones en las condiciones actuales para el año 2030 sería necesario aprobar las cinco estrategias de reducción de emisiones que se presentan en el Cuadro 11, incluidos los cambios de comportamiento, tales como la disminución de las proteínas de origen animal, lo que añade incertidumbre a las estimaciones de reducción. Las estrategias parecen ser técnicamente viables, pero hay muchos obstáculos que pueden plantearse en el proceso hacia su aplicación. Será necesario realizar grandes inversiones en educación, capacitación, demostración y desarrollo de tecnologías específicas de cada lugar para lograr las reducciones previstas de las emisiones de N₂O.

Lograr la reducción de las emisiones de óxido nitroso dependerá de que se adopten prácticas de gestión que aborden sus causas subyacentes. Los procesos biofísicos vinculados a las emisiones varían en función de las condiciones climáticas y agroecológicas y de los sistemas de cultivo. Las técnicas nucleares e isotópicas pueden ayudar a comprender mejor estos procesos y a mejorar el seguimiento de las emisiones de óxido nitroso (Recuadro 17). ■

CUADRO 11

POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES ANUALES DE N₂O EN CINCO MARCOS HIPOTÉTICOS DE PRÁCTICAS MEJORADAS, EN 2030 Y 2050 (EFECTOS ACUMULATIVOS)

Estrategias para la reducción de las emisiones	Fuentes de nitrógeno	2030			2050		
		Aporte de N (Tg)	Factores de emisión (%)	Emisiones de N ₂ O (Tg N ₂ O-N)	Aporte de N (Tg)	Factores de emisión (%)	Emisiones de N ₂ O (Tg N ₂ O-N)
Si todo sigue igual	Fertilizantes	132	2,37	3,1	150	2,37	3,6
	Estiércol	193	1,71	3,3	230	1,71	3,9
Total				6,4			7,5
Mejora de la producción vegetal	Fertilizantes	118	2,02	2,4	128	1,9	2,4
	Estiércol	193	1,71	3,3	230	1,71	3,9
Total				5,7			6,3
Mejora de la producción animal	Fertilizantes	118	2,02	2,4	128	1,9	2,4
	Estiércol	174	1,71	3,0	184	1,71	3,2
Total				5,4			5,6
Mejora de la gestión del estiércol	Fertilizantes	108	2,02	2,2	103	1,9	2,0
	Estiércol	174	1,62	2,8	184	1,54	2,8
Total				5,0			4,8
Mejora de la utilización de los alimentos	Fertilizantes	103	2,02	2,1	93	1,9	1,8
	Estiércol	156	1,62	2,5	147	1,54	2,3
Total				4,6			4,1
Menos proteínas de origen animal en la dieta	Fertilizantes	98	2,02	2,0	84	1,9	1,6
	Estiércol	133	1,62	2,2	110	1,54	1,7
Total				4,1			3,3

Notas: La reducción de las emisiones es acumulativa en los cinco marcos hipotéticos. Por "aporte de N" se entiende el uso de fertilizantes de N y estiércol y la excreción de N medido en teragramos (Tg). Estimación de los factores de emisión de N₂O y de las emisiones totales de N₂O respecto al sistema alimentario en su totalidad, en 2030 y 2050.

FUENTE: Oenema *et al.*, 2014.

RECUADRO 17

TÉCNICAS NUCLEARES E ISOTÓPICAS PARA LA MITIGACIÓN

Las técnicas nucleares pueden ayudar a determinar los factores de la gestión del suelo y el agua que reducen la emisión de gases de efecto invernadero del suelo y, por tanto, contribuyen a la mitigación del cambio climático. Por ejemplo, utilizando una serie de isótopos, los científicos pueden determinar el grado de acumulación de carbono y nitrógeno y sus interacciones en la materia orgánica del suelo como resultado de haber añadido recientemente abono orgánico, residuos de cultivos o aguas residuales. La técnica isotópica estable ¹⁵N puede ayudar a determinar la fuente de la producción de óxido nitroso procedente de las tierras de cultivo, lo que supone una

ayuda en la selección de instrumentos apropiados de mitigación del N₂O, tales como el encalado para modificar el grado de acidez del suelo, o el añadido de inhibidores de la nitrificación a los fertilizantes nitrogenados a fin de reducir la conversión del exceso de nitrógeno en nitrato, una forma móvil que se convierte fácilmente en N₂O en condiciones anaeróbicas. Las técnicas isotópicas y de base nuclear utilizadas por la FAO conjuntamente con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) están a la vanguardia de las prácticas innovadoras para abordar las necesidades alimentarias del futuro y contribuyen a la reducción de los efectos del cambio climático.

BENEFICIOS CONJUNTOS DE LA MITIGACIÓN Y LA ADAPTACIÓN QUE MEJORAN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Es esencial mejorar la gestión de los ciclos del carbono y el nitrógeno tanto para mitigar las emisiones netas de gases de efecto invernadero procedentes de los sectores de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra como para aumentar la eficiencia del sistema alimentario mundial. Dado que las medidas de mitigación y adaptación contribuyen tanto a la seguridad alimentaria como a la sostenibilidad ambiental, pueden aplicarse conjuntamente y al mismo tiempo cuando exista la posibilidad de establecer fuertes sinergias entre ellas. Mejorar la eficiencia de los ciclos del carbono y el nitrógeno puede reforzar la resiliencia a la variabilidad del clima, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a la seguridad alimentaria al aumentar la producción de alimentos. La clave para alcanzar estos objetivos es la intensificación sostenible (véase el Capítulo 3), con la que se pretende aumentar la producción de alimentos por unidad de insumos a través de procedimientos que reducen tanto la presión sobre el medio ambiente como las emisiones de gases de efecto invernadero, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Garnett *et al.*, 2013; Smith, 2013).

Muchos países consideran que los sectores agrícolas ofrecen más posibilidades para crear sinergias entre la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, además de lograr importantes beneficios socioeconómicos y ambientales conjuntos. Por ejemplo, el hecho de incrementar la eficiencia del carbono y el nitrógeno de los

sistemas alimentarios reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenta la captación de carbono, mejorando al mismo tiempo la seguridad alimentaria y la resiliencia al cambio climático y a las perturbaciones debidas al clima. Los sistemas de producción más eficientes requieren menos recursos naturales y, por tanto, son menos vulnerables ante la escasez y ante fenómenos climáticos que reducirían aún más la disponibilidad de tierras, aguas y nutrientes.

Al ayudar a reducir las diferencias de rendimiento y aumentar las eficiencias biológicas, especialmente en los países en desarrollo, la intensificación sostenible de la agricultura impediría la deforestación y la ulterior expansión de la agricultura hacia ecosistemas ricos en carbono, mejorando simultáneamente, por tanto, la seguridad alimentaria y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. En el sector ganadero, la mejora de la productividad de los pastizales puede limitar la expansión de los pastos hacia bosques tropicales y fomentar la conservación y el desarrollo sostenible de territorios ricos en carbono (De Oliveira-Silva *et al.*, 2016).

En la siguiente sección se describen dos objetivos complementarios que deberían considerarse en las políticas destinadas a captar los beneficios conjuntos de la adaptación y la mitigación, a saber, la mejora de la eficiencia de la producción y la reducción al mínimo de las emisiones de gases de efecto invernadero en los sistemas alimentarios, y la conservación y el desarrollo de territorios ricos en carbono en la agricultura y la actividad forestal.

Mayor eficiencia de la producción y menor intensidad de emisiones

Inversión en mejoras del rendimiento

Desde el decenio de 1960, la intensificación de los sistemas agrícolas y ganaderos ha limitado la expansión de las tierras agrícolas y mejorado la »

LA REDUCCIÓN DEL METANO EN LA PRODUCCIÓN GANADERA Y DEL ARROZ CÁSCARA

Numerosos estudios han investigado el potencial de reducción de las emisiones de metano procedentes de los sistemas ganaderos y de cultivo de arroz por encharcamiento.

Fermentación entérica. Casi todos los estudios disponibles se refieren a los cambios en el régimen alimenticio de los animales y a la adición de suplementos en los piensos (Veneman, Saetnan y Newbold, 2014; Gerber *et al.*, 2013). Mejorar la digestibilidad global de las raciones de alimento y el equilibrio de su calidad nutricional es la intervención de primer nivel que da lugar a la mayor parte de los beneficios de la mitigación (Garg *et al.* 2013; Gerber *et al.*, 2011). Los metabolitos secundarios de las plantas, tales como los taninos, se hallan asimismo en las dietas de los rumiantes que pastan y ramonean la vegetación natural, especialmente en las regiones mediterráneas y tropicales (INRA, CIRAD y FAO, 2016), y ofrecen posibilidades para reducir sus emisiones de metano. Se han ensayado diversas estrategias de mitigación, que incluyen el uso de inhibidores químicos, ionóforos, antibióticos, sumideros de hidrógeno, aceites esenciales, enzimas, probióticos, desfaunación y vacunación (Hristov *et al.*, 2013). Sin embargo, algunas de estas opciones son ilegales en algunos países, mientras que otras están restringidas o no están disponibles en el mercado. Además, puesto que las mejoras de la producción animal derivadas de la mitigación de las emisiones de metano son escasas o inexistentes, será necesario contar con incentivos para promover la adopción de aditivos caros que reduzcan tales emisiones (Newbold, 2015).

Almacenamiento de estiércol. Reducir las emisiones de metano del estiércol almacenado requiere prácticas de manejo que eviten el almacenamiento en condiciones anaeróbicas o en caliente. Las emisiones procedentes del estiércol son inferiores en los sistemas de

almacenamiento de estiércol seco y sólido de algunas zonas de África y América Latina. En sistemas de estiércol líquido, típicos de América del Norte y Europa occidental, las emisiones de metano son elevadas, en particular cuando los animales quedan confinados. Por tanto, se ha propuesto la evacuación frecuente del purín de las instalaciones de cría para reducir las emisiones de metano (Sommer *et al.*, 2009). En relación con la descomposición anaerobia del estiércol, existe un gran potencial para reducir las emisiones y sustituir los combustibles fósiles por metano renovable, que puede utilizarse en la generación de calor y energía y como combustible para vehículos. Sin embargo, las cantidades desconocidas de metano que se derraman de los digestores y del almacenamiento de gases plantean dudas sobre el verdadero efecto mitigador de esta tecnología. Todas las opciones para la reducción de las emisiones de metano deben tener en cuenta la totalidad del sistema de producción a fin de evitar la fuga de un compartimento al siguiente y el aumento de las emisiones de óxido nitroso.

Cultivo de arroz por encharcamiento. Diversas prácticas tradicionales y mejoradas mitigan las emisiones de metano de los arrozales, entre ellas, la gestión del agua, la paja y los fertilizantes. Detener el proceso de anegamiento durante unas semanas permite ahorrar agua y reducir las emisiones de metano y gases de efecto invernadero entre un 45 % y un 90 %, sin tomar en consideración el aumento de las existencias de carbono del suelo. Sin embargo, esta práctica puede tener efectos negativos sobre los rendimientos, en parte debido a la mayor competencia de la maleza. El secado temprano en la temporada de crecimiento y, a continuación, el anegamiento, reducen las emisiones un 45 % y producen rendimientos similares a los del arroz cultivado completamente por encharcamiento (Linquist *et al.*, 2015).

- » eficiencia de las cadenas de suministro de alimentos (Tilman *et al.*, 2011; Gerber *et al.*, 2013; Herrero *et al.*, 2013). Gracias al incremento de los rendimientos, se estima que entre 1961 y 2005 la intensificación de la agricultura evitó la emisión de gases de efecto invernadero por un total de hasta 161 GtC. Las inversiones en la productividad, por tanto, se comparan favorablemente con otras estrategias de mitigación que suelen proponerse porque limitan la expansión de las tierras agrícolas y las grandes pérdidas de carbono asociadas a la deforestación (Burney, Davis y Lobell, 2010).

Debido a la mejora de la eficiencia en los sectores agrícola y forestal en los últimos decenios, se ha reducido la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero de muchos productos. Entre 1960 y 2000, la intensidad media a nivel mundial disminuyó aproximadamente un 38 % respecto de la leche, un 50 % del arroz, un 45 % de la carne de cerdo, un 76 % de la carne de pollo y un 57 % de los huevos (Smith *et al.*, 2014). Gran parte de la reducción de la intensidad de las emisiones procedentes de los rumiantes se ha debido a la menor emisión de metano por cantidad de leche y carne producida (Opio *et al.*, 2013; y Recuadro 18). La mejora de la eficiencia de la conversión de alimentos y la cría, y la selección de razas animales muy eficientes, han desempeñado una función clave tanto en el caso de los rumiantes como en el de los animales monogástricos. La reducción del número de animales necesarios para alcanzar un determinado nivel de producción puede aumentar considerablemente la eficiencia. Por ejemplo, la reducción global entre 1990 y 1999 de las emisiones anuales de metano en el Reino Unido del 28 % puede atribuirse en gran medida a la disminución del número de cabezas de vacuno y al aumento de la productividad de las vacas lecheras (Defra, 2001). Siguen existiendo fuertes disparidades en la eficiencia en el uso de los recursos y la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero entre los distintos sistemas ganaderos y regiones (Herrero *et al.*, 2013), lo cual hace pensar en un potencial significativo de mejora.

Al igual que la reducción de las diferencias de rendimiento y el aumento de la productividad de la cabaña, las estrategias de mejora de la

eficiencia de las explotaciones agropecuarias a largo plazo conservarían y recuperarían los suelos, el agua, la biodiversidad y servicios ecosistémicos fundamentales como la polinización (Garibaldi, 2016). Por ejemplo, tanto en las regiones templadas como tropicales, la diversificación de los sistemas agropecuarios y la integración de cultivos, ganado y árboles aumentarían la eficiencia en las explotaciones agrícolas y reducirían la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (Soussana, Dumont y Lecomte, 2015). Una serie de tecnologías puede ayudar a aumentar la eficiencia de la producción y generar beneficios conjuntos. Entre ellas, pueden mencionarse el uso de variedades adaptadas que aprovechen los recursos genéticos y el mejoramiento avanzado, los ajustes de las fechas de siembra y los períodos de recolección, la agricultura de precisión, un uso prudente de fertilizantes inorgánicos en combinación con fuentes de nutrientes orgánicos y leguminosas, y el diseño de sistemas de cultivo más diversificados y sostenibles en los que también se tengan en cuenta los planteamientos agroforestales.

Reducción de la intensidad en el uso de los recursos en la acuicultura y la pesca

El sector de la pesca y la acuicultura puede contribuir a la mitigación del cambio climático al aumentar la retención de carbono y reducir las emisiones de su cadena de valor. Es de primordial importancia detener la destrucción del hábitat y las prácticas de gestión inadecuadas en la pesca y la acuicultura que obstaculizan las funciones de captación de carbono de los sistemas acuáticos. En segundo lugar, puede haber grandes posibilidades de aumentar la captación mediante la rehabilitación de los manglares y bosques de llanuras inundables, incluso si ello conlleva un costo anticipado de restauración.

En cuanto a la reducción de los gases de efecto invernadero, existen muchas posibilidades de rebajar las emisiones disminuyendo el uso de combustible y energía. Ello puede realizarse directamente –por ejemplo, a través de un uso más eficiente de los métodos de pesca o de la energía en la elaboración– o indirectamente, adoptando diversas medidas, que incluyen el

ahorro de energía a lo largo de la cadena de suministro y de valor y la reducción estratégica de residuos. En este sector, es lenta la transición a tecnologías más eficientes energéticamente, aunque los mecanismos de incentivos asociados con los mercados de carbono han mostrado un cierto potencial (FAO, 2013a).

El uso de energía en la elaboración, el almacenamiento y el transporte es la fuente principal de emisiones de gases de efecto invernadero en la pesca y la acuicultura. La elaboración va desde el simple secado y ahumado del pescado en sistemas artesanales hasta la preparación de productos alimenticios marinos mediante procesos muy controlados de envasado y etiquetado de especificaciones de alta calidad. Las emisiones varían considerablemente dependiendo de las prácticas locales y de los insumos (especies, origen, cantidad y calidad) y de la eficiencia desde el punto de vista operativo. Al igual que la mayor parte de los productos alimenticios objeto de comercio a nivel mundial, los alimentos acuáticos pueden recorrer grandes distancias de diferentes formas y en diversos estados más o menos perecederos. Las emisiones de gases de efecto invernadero por lo general están directamente relacionadas con el uso de combustible en el transporte y de energía en la manipulación y el almacenamiento. Los productos frescos más perecederos requieren un transporte rápido y un almacenamiento que consume mucha energía. La elección de los refrigerantes también es importante: las fugas de gases refrigerantes de equipos obsoletos o mal mantenidos agotan la capa de ozono de la atmósfera y tienen un gran potencial de calentamiento mundial. Los productos secos, ahumados y salados más estables elaborados en cadenas de suministro artesanales requieren métodos de transporte en los que el tiempo no es un factor crítico y producen menores emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2013b).

La iniciativa sobre el “crecimiento azul” emprendida por la FAO pretende conciliar los objetivos económicos con la necesidad de gestionar los recursos hídricos de una manera más sostenible. Las cadenas de valor de la pesca y la acuicultura que adoptan el crecimiento azul

han demostrado considerables mejoras en la productividad y los ingresos, gestionando al mismo tiempo los recursos acuáticos de una forma que ayuda a restaurar su potencial productivo a largo plazo. Los océanos y humedales sanos también son más resilientes a las perturbaciones relacionadas con el clima, lo que mejora la capacidad de adaptación de quienes ganan su sustento de la pesca y la acuicultura.

Por ejemplo, en el marco de un proyecto de la FAO, se ha trabajado con comunidades pesqueras de Grand Cess (Liberia) para elaborar y ahumar productos con mayor eficiencia. El proyecto contó con la participación de más de 240 elaboradores de pescado en la construcción de hornos para ahumar pescado y envases isotérmicos para el almacenamiento del pescado fresco, lo que les permitió ahumar el pescado y venderlo en mercados lucrativos de la vecina Côte d'Ivoire. Los elaboradores de pescado, predominantemente mujeres, se beneficiaron de importantes aumentos en sus ingresos, además de reducir significativamente la cantidad de madera necesaria para ahumar el pescado. Ello incrementó sus ganancias generando al mismo tiempo importantes beneficios conjuntos de mitigación del cambio climático (FAO, 2011a).

Reducción de las pérdidas en las explotaciones agropecuarias

En los países en desarrollo, las pérdidas de alimentos tienen lugar a lo largo de la cadena de producción y los pequeños agricultores son los más afectados. La FAO calcula que puede perderse entre un 30 % y un 40 % de la producción total de alimentos antes de llegar al mercado debido a problemas que van desde el uso inadecuado de insumos hasta la falta de instalaciones apropiadas de almacenamiento, elaboración y transporte posteriores a la cosecha. La reducción de las pérdidas en las explotaciones agropecuarias aumenta la eficiencia de los sistemas de producción. Ello puede lograrse mediante la mejora de la salud del suelo, la disminución de la sensibilidad de los cultivos y los animales a las plagas y enfermedades, el aumento de la eficiencia en el uso de los piensos en la ganadería, la restauración de polinizadores y la reducción de la competencia de la maleza.

El restablecimiento de los servicios ecosistémicos que prestan los paisajes diversificados también puede ayudar a mantener la salud de los cultivos y el ganado, y reducir al mínimo las pérdidas de producción, mientras que las inversiones en infraestructuras de carreteras, logística, almacenamiento y elaboración primaria pueden disminuir las pérdidas posteriores a la cosecha.

Diversificación de las explotaciones agropecuarias y sistemas integrados de cultivo

Además de reducir las diferencias de rendimiento e incrementar la productividad de los rebaños, las estrategias destinadas a mejorar la eficiencia de las propias explotaciones agropecuarias a largo plazo deberían conservar los suelos, el agua, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos fundamentales tales como la polinización (Garibaldi, 2016). Por ejemplo, tanto en las regiones templadas como en las tropicales, la diversificación de los sistemas agropecuarios y la integración de cultivos, ganado y árboles aumentaría la eficiencia en el uso de los recursos y reduciría la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (Soussana *et al.*, 2015). Existen diversas tecnologías que pueden contribuir a incrementar la eficiencia de la producción y aprovechar los beneficios conjuntos, entre las que cabe citar la agricultura de precisión, la cría avanzada, el uso racional de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, y una mejor utilización de las legumbres, los recursos genéticos y la biodiversidad del territorio.

Los territorios ricos en carbono en la agricultura y la actividad forestal

Puesto que la agricultura y los bosques ocupan la mayor parte de la superficie terrestre del planeta, son fundamentales para la conservación y la restauración del carbono del suelo y la mejora de los sumideros de carbono. El manejo de la agroforestería, la regeneración de los bosques, las plantaciones, la agricultura de conservación, la agricultura orgánica y los pastizales pueden contribuir a la consecución de esos objetivos,

aunque las opciones existentes no son igualmente válidas para todos los sistemas agrícolas ni para todas las regiones.

Territorios forestales

Se estima que cada año los bosques absorben 2,6 millones de toneladas de dióxido de carbono (CIFOR, 2010), equivalente a una tercera parte aproximadamente del dióxido de carbono liberado por la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, este inmenso sistema de almacenamiento, una vez perturbado por la deforestación, se convierte en una fuente importante de emisiones de gases. Según el Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la deforestación y la degradación forestal suponen casi el 11 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero: más que todo el sector del transporte a nivel mundial. A medida que se pierde bosque, disminuye la capacidad de este para secuestrar el carbono.

Durante el decenio de 1990, la deforestación de los trópicos fue en gran medida responsable de las emisiones de dióxido de carbono, mientras que la eliminación de este gas se debió a la regeneración de los bosques de la zona templada y partes de la zona boreal. Sin embargo, resulta controvertido determinar en qué medida la pérdida de carbono debido a la deforestación de las zonas tropicales se ve compensada por la expansión de la superficie forestal y la acumulación de biomasa maderera en las zonas boreales y templadas. La FAO estima que, en el primer decenio de este siglo, las emisiones totales como consecuencia de la deforestación fueron de 3,8 Gt de dióxido de carbono equivalente (CO₂ equivalente) al año, mientras que los efectos netos de la degradación de los bosques y la ordenación forestal supusieron la absorción de 1,8 Gt de CO₂ equivalente (FAO, 2016a). También es pertinente considerar los incendios de la biomasa, incluidos los incendios de turberas, así como de turberas drenadas, que generaron emisiones de 0,3 y 0,9 Gt de CO₂ equivalente al año, respectivamente.

El potencial de mitigación del carbono mediante la reducción de la deforestación, la mejora de la »

CUADRO 12**EJEMPLOS DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS QUE PUEDEN REDUCIR LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DEL SUELO**

Regiones templadas	Regiones áridas y semiáridas	Regiones tropicales
Drenaje y cultivo de suelos orgánicos	Presión del pastoreo ante precipitaciones irregulares que contribuye a la desertificación	Agricultura de corta y quema; falta de fertilización orgánica de los cultivos
Mejoramiento respecto al índice de cosecha	Falta de árboles y de medidas de conservación del agua	Labrado profundo
Falta de cultivos de cobertura		Falta de cultivos de cobertura
Falta de sistemas integrados de cultivos y ganado, y de agroforestería		Drenaje e incendios de turberas tropicales
Disminución de la superficie de pastos permanentes		
Reutilización limitada de residuos orgánicos urbanos e industriales		

Nota: Por "índice de cosecha" se entiende el peso de la parte de la planta que se cosecha, expresado como porcentaje de la biomasa total por encima del suelo de la planta.

FUENTE: FAO e ITPS, 2015.

RECUADRO 19**RESTAURACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS EN CHINA**

Un exceso de ganado puede dar lugar al sobrepastoreo y a la degradación de la tierra. Esta es la dura lección aprendida por los pastores de la región de Qinghai (China), donde un 38 % de los pastizales están degradados. Junto con la Academia China de Agronomía, el Centro Mundial de Agrosilvicultura y el Instituto chino del Noroeste de Biología de la Meseta, la FAO ha elaborado recientemente una metodología que ofrece a los agricultores instrumentos para la gestión de sus animales y pastizales de manera más sostenible a lo largo de muchos años.

Restablecer las tierras de pastoreo degradadas y aumentar las existencias de carbono del suelo puede, al mismo tiempo, aumentar la productividad, fomentar

la resiliencia a través de la mejora de la humedad del suelo y de la retención de nutrientes, y mejorar los medios de vida en las comunidades de pastores en pequeña escala. Sin embargo, hasta ahora, los proyectos de absorción de carbono en los pastizales se han visto obstaculizados por los altos costos de medición. Este problema se ha superado en Qinghai con el desarrollo de una metodología certificada por el Estándar de Carbono Verificado, que se centra en las prácticas de supervisión. Ello permite a los agricultores tener acceso a nuevas fuentes de financiación a través de créditos de carbono, que cubren el costo del cambio de las prácticas de gestión que aplican antes de que la mejora de la productividad sea rentable para la restauración de los pastizales.

FUENTE: FAO, 2013a.

- » gestión forestal, la forestación y la agroforestería difieren considerablemente en función de la actividad, la región, el sistema y el horizonte temporal en los que se comparen las opciones de mitigación. En América Latina y África, el potencial de mitigación del sector forestal reside principalmente en la reducción de la deforestación y, en los países de la OCDE, los países con economías en transición y Asia, en la gestión forestal, seguida de la forestación. La posible contribución de la forestación a la mitigación oscila entre un 20 % y un 35 % del potencial total en relación con la actividad forestal (Smith *et al.*, 2014: Figura 11.18).

Las medidas de mitigación del cambio climático del sector forestal se dividen en dos grandes categorías, a saber: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el aumento de la eliminación de dichos gases de la atmósfera. Estas opciones pueden agruparse en cuatro categorías:

- ▶ **Reducir o evitar la deforestación.** La preservación de la superficie forestal redundará en considerables beneficios socioeconómicos y ambientales (FAO, 2012). Mantiene asimismo la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas y, en grandes extensiones de tierra, influye en los patrones climáticos locales, lo cual puede tener consecuencias para la producción de alimentos (Siikamäki y Newbold, 2012). La reducción de los incendios forestales mejora la calidad del aire local, lo cual es beneficioso para la salud de las comunidades que viven en los bosques y alrededor de ellos (Mary *et al.*).
- ▶ **Aumentar la superficie forestal.** Puede incrementarse la superficie forestal mediante la plantación, la siembra y la regeneración natural asistida y a través de la sucesión natural. La forestación aumenta las reservas de carbono almacenadas en la biomasa por encima y por debajo del suelo y en la materia orgánica inerte. Por lo general, se lleva a cabo en las zonas rurales y beneficia a la economía rural al generar ingresos y empleo. Existe una cierta preocupación de que la forestación y la reforestación disminuyan la seguridad alimentaria si se llevan a cabo

principalmente en tierras agrícolas productivas, y de que las plantaciones de monocultivos reduzcan la biodiversidad y corran un mayor riesgo de contraer enfermedades (FAO, 2011b). Se necesita una planificación cuidadosa en todos los sectores agrícolas al poner en práctica esta opción.

- ▶ **Mantener o aumentar la densidad de carbono.** Entre las actividades que mantienen o aumentan las existencias de carbono en las formaciones forestales, cabe citar la tala de impacto reducido y la gestión de rendimiento sostenido en la producción de madera; el mantenimiento parcial de la cubierta forestal; y la reducción al mínimo de la pérdida de materia orgánica inerte y de los reservorios de carbono del suelo mediante la disminución de actividades que generan elevadas emisiones tales como el cultivo de corta y quema (CIFOR, 2015; Putz y Romero, 2015). El hecho de volver a plantar tras la explotación o las perturbaciones naturales acelera el crecimiento y, por ende, la tasa de captación de carbono con respecto a la regeneración natural.
- ▶ **Aumentar en otros lugares las existencias de carbono de los productos madereros recolectados.** Cuando la madera se transforma en productos de larga vida, como edificios y mobiliario, puede actuar como reservorio de carbono durante décadas o incluso siglos.

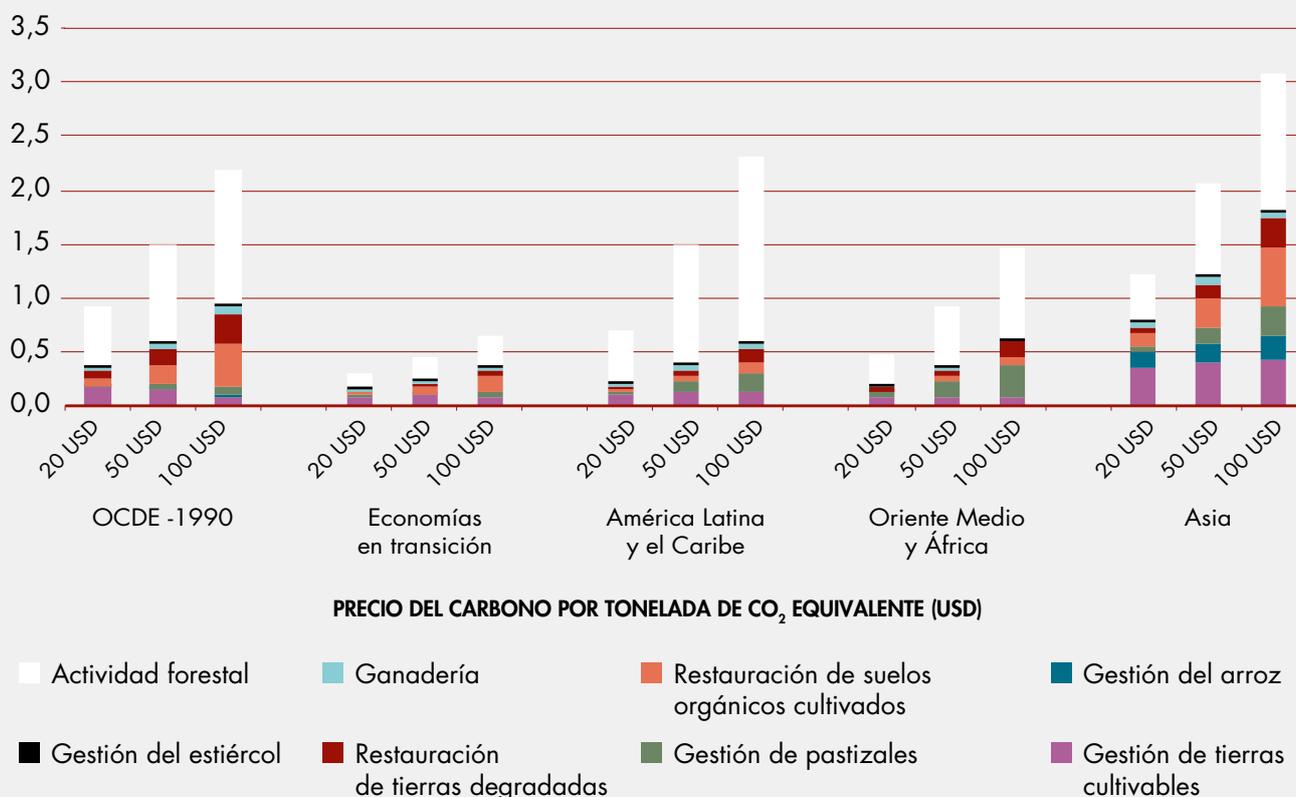
Los beneficios de la mitigación a través de la actividad forestal pueden ampliarse mediante la educación, la capacitación y la participación de las comunidades rurales en la planificación y la toma de decisiones en el sector forestal. Los enfoques participativos para la gestión forestal pueden resultar más satisfactorios que los programas tradicionales jerárquicos y pueden contribuir a consolidar la sociedad civil y los procesos de democratización (FAO, 2016b). Asimismo, crean capital, redes y relaciones sociales que permiten a las comunidades afrontar mejor el cambio climático.

El desafío que plantea la mayor parte de las actividades de mitigación relacionadas con los bosques es la necesidad de efectuar una inversión sustancial antes de obtener beneficios individuales y combinados, normalmente a lo

FIGURA 15

POTENCIAL ECONÓMICO DE MITIGACIÓN DEL SECTOR DE LA AGRICULTURA, LA ACTIVIDAD FORESTAL Y OTROS USOS DE LA TIERRA EN 2030, POR REGIÓN

POTENCIAL ECONÓMICO DE MITIGACIÓN (Gt DE CO₂ EQUIVALENTE/AÑO)



FUENTE: Smith *et al.*, 2014, Figura 11.17.

largo de muchos años, si no decenios. El gran potencial de mitigación de la actividad forestal no se materializará sin una financiación adecuada y sin marcos propicios que ofrezcan incentivos eficaces.

Otra dificultad estriba en la producción de energía y la sustitución de productos, que tienen consecuencias sociales, económicas y culturales (AEMA, 2016). Por ejemplo, las políticas de la Unión Europea (UE) en pro del aumento del uso de biocombustibles, incluidos los combustibles de madera, para la generación de energía, afectan al modo en que los silvicultores de la región gestionan sus bosques y a cómo se utiliza la tierra en las regiones en desarrollo (CE, 2013). Se han registrado varios casos de acaparamiento de tierras para la producción de biomasa, lo cual tiene implicaciones para la seguridad alimentaria.

Territorios agrícolas

Muchas prácticas agrícolas actuales contribuyen a las pérdidas del carbono orgánico del suelo y a

la reducción de su absorción en el suelo (Cuadro 12). Mediante la reducción de los incendios, el sobrepastoreo, la erosión del suelo o el reciclaje de los residuos agrícolas y el estiércol, pueden limitarse las pérdidas del carbono orgánico del suelo o puede aumentarse su absorción en el suelo. Otra opción es cambiar el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración de los ecosistemas aumentando la fotosíntesis de los cultivos, utilizando cultivos de cobertura, cultivos intercalados y la agroforestería, y reduciendo al mínimo la perturbación del suelo a través de la agricultura de conservación. También pueden obtenerse beneficios importantes logrando un equilibrio respecto al carbono de los cultivos mediante el uso de variedades mejoradas de cultivos, leguminosas que fijan el nitrógeno y fertilizantes orgánicos e inorgánicos, que aumentan la cantidad disponible de residuos de las cosechas para su almacenamiento en el suelo. La mejora de la gestión del agua es asimismo un motor potente de la productividad primaria y complementa todas esas prácticas.

La optimización de prácticas para la captación del carbono orgánico del suelo también refuerza la seguridad alimentaria y facilita la adaptación al cambio climático. A medida que aumentan los niveles de carbono orgánico del suelo, se podrían lograr importantes beneficios conjuntos de rendimiento año tras año en los países en desarrollo (Lal, 2006)⁷. Al facilitar la mejora de la estructura del suelo, la capacidad de infiltración y de retención de agua, el carbono orgánico del suelo también puede contribuir a aumentar la resiliencia a la sequía y las inundaciones, dos repercusiones del cambio climático que afectan especialmente a las regiones tropicales (Pan, Smith y Pan, 2009; Herrick, Sala y Jason, 2013). Sin embargo, los efectos sobre los rendimientos dependen de las condiciones locales y de la combinación de las prácticas adoptadas por los agricultores y se han observado pérdidas a este respecto (Pittelkow *et al.*, 2015).

La retención de carbono en los suelos agrícolas podría no ser duradera. El carbono adicional del suelo almacenado mediante la aplicación de mejores prácticas agrícolas se encuentra en cierta medida desprotegido, esto es, si cesaran dichas prácticas se descompondría una parte del mismo. Además, la fijación del carbono en el suelo puede aumentar las emisiones de óxido nitroso a corto plazo, y las deficiencias de fósforo y nitrógeno en el suelo pueden obstaculizar el almacenamiento en el mismo de carbono orgánico (Penuelas *et al.*, 2013).

Es necesario disponer de una visión a largo plazo al adoptar medidas destinadas a recoger los beneficios de la mitigación del cambio climático que proporciona el carbono orgánico del suelo y han de aplicarse en todo el territorio, y no a nivel de los distintos campos. A este respecto, es necesario comprender que la adopción de medidas para la absorción del carbono del suelo llevará tiempo, y que el carbono orgánico del suelo solo aumentará

durante un período limitado de tiempo, hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Las existencias adicionales habrán de supervisarse y conservarse mediante prácticas adecuadas de gestión de tierras. Todos estos factores se han considerado en una iniciativa respaldada por la FAO sobre la restauración de pastizales degradados en la región de Qinghai en China (Recuadro 19).

Por último, la agroforestería (la integración de árboles y arbustos en sistemas de cultivos y ganadería) evita la erosión del suelo, facilita la infiltración de agua y reduce los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos. También contribuye a la diversificación de las fuentes de ingresos y proporciona forraje para el ganado. El uso de leguminosas que fijan el nitrógeno, como *Faidherbia albida*, mejora la fertilidad del suelo y los rendimientos. Aunque se dispone de pruebas numerosas y claras acerca de los efectos positivos de las prácticas agroforestales en la productividad, la capacidad de adaptación y el almacenamiento de carbono, es necesario considerar una amplia variedad de sistemas y especies arbóreas en diferentes contextos. ■

COSTOS, INCENTIVOS Y OBSTÁCULOS DE LA MITIGACIÓN

Existen muchos enfoques factibles y prometedores para la mitigación del cambio climático en los sectores de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra y el potencial técnico es considerable. Pero, ¿cuáles son los costos de la mitigación? Y, por consiguiente, ¿cuál es su potencial económico? En otras palabras, ¿cuál es el precio hipotético del carbono que induciría a los agricultores, pescadores y silvicultores a aplicar prácticas adecuadas para la captación del carbono y la reducción de las emisiones?

Sobre la base de la combinación del potencial de mitigación de la actividad forestal y la

⁷ Lal *et al.* (2006) estiman que los beneficios conjuntos ascienden a una ratio de 0,07 unidades de materia seca por unidad de carbono orgánico del suelo (unas 0,07 toneladas de materia seca por tonelada de carbono orgánico del suelo).

agricultura, el IPCC sugiere, según las estimaciones de su Cuarto informe de evaluación, un potencial económico en 2030 de entre 3 y 7,2 Gt aproximadamente de dióxido de carbono equivalente por año, a un precio de carbono entre 20 y 100 dólares estadounidenses por tonelada, respectivamente (Smith *et al.*, 2014)⁸. Entre las regiones, el mayor potencial de mitigación de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra se encuentra en Asia, respecto a todos los valores del carbono (Figura 15, basado en Smith *et al.*, 2014).

La actividad forestal podría contribuir de forma significativa a la mitigación a todos los niveles de precios del carbono. A precios bajos, la contribución del sector forestal representa cerca del 50 % del total de los sectores de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra; a precios más altos, el porcentaje de contribución del sector forestal es menor. La actividad forestal representa el grueso del potencial de mitigación en América Latina, a todos los niveles de precios del carbono. Sin embargo, diferentes opciones forestales ofrecen diversas posibilidades económicas de mitigación en distintas regiones. El potencial de mitigación forestal en América Latina, Oriente Medio y África reside principalmente en la reducción de la deforestación. La gestión forestal, seguida por la forestación, son las principales opciones de los países de la OCDE, Europa oriental y Asia.

Entre otras opciones de mitigación, la gestión de tierras de cultivo es la que tiene el mayor potencial a precios más bajos del carbono de 20 dólares estadounidenses por tonelada. A un precio de 100 dólares, la restauración de suelos orgánicos es la que ofrece más posibilidades. Además, el potencial de gestión de tierras de pastos y de restauración de tierras degradadas

aumenta a precios más elevados del carbono (Smith *et al.*, 2014).

Las estimaciones del potencial económico de mitigación proporcionan indicaciones de carácter general sobre cómo orientar las intervenciones para que sean lo más rentables posible. No obstante, se necesitan evaluaciones más detalladas a fin de analizar adecuadamente el potencial de mitigación de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra, las repercusiones para los sistemas de producción y los grupos vulnerables y los costos de ejecución. La optimización de las prácticas constituye un requisito previo para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero; la retención de carbono también debería proteger los derechos de tenencia de las tierras de los pequeños productores y contribuir a la seguridad alimentaria y a la adaptación al cambio climático, especialmente respecto a los grupos más vulnerables.

Diversos enfoques institucionales y económicos pueden facilitar la aplicación de medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. En el plano institucional, estos planteamientos comprenderían el suministro a los agricultores de información sobre prácticas agrícolas que crean sinergias entre la adaptación y la mitigación y, en caso necesario, el acceso a crédito para aplicarlas. En el plano económico, las opciones incluyen lo siguiente: incentivos positivos para los agricultores con objeto de que proporcionen sumideros de carbono y los mantengan; impuestos sobre los fertilizantes nitrogenados en los países en que se utilizan de forma excesiva, una medida que ya se aplica en algunos países de la OCDE para reducir la contaminación por nitratos; e iniciativas sobre la cadena de suministro para comercializar productos alimenticios con una baja huella de carbono (Paustian *et al.*, 2016). ■

⁸ Desde el Cuarto informe de evaluación del IPCC de 2007, se ha publicado una amplia gama de estimaciones mundiales sobre el potencial de absorción a diferentes niveles de costos. Las estimaciones difieren enormemente. Para un valor por el carbono de hasta 20 dólares estadounidenses por tonelada, estas oscilan entre 0,12 y 3,03 Gt de CO₂ equivalente por año. Para un valor de hasta 100 dólares estadounidenses por tonelada, estas oscilan entre 0,49 y 10,6 Gt de CO₂ equivalente (Smith *et al.*, 2014).

UNA PERSPECTIVA BASADA EN LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS: REDUCIR AL MÍNIMO LAS PÉRDIDAS Y EL DESPERDICIO, FAVORECER DIETAS SOSTENIBLES

Reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos y favorecer una transición hacia dietas más sostenibles también puede disminuir las emisiones y contribuir a la seguridad alimentaria mundial (Bajželj *et al.*, 2014). La FAO estima que cada año se pierde alrededor de un tercio de la parte comestible de los alimentos producidos para el consumo humano (FAO, 2011c), lo que representa un enorme desperdicio de las tierras, el agua, la energía y los insumos utilizados para producirlos y genera emisiones innecesarias de millones de toneladas de gases de efecto invernadero. La disminución de las pérdidas y el desperdicio de alimentos al incrementar la eficiencia global de las cadenas alimentarias podría contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como a mejorar el acceso a los alimentos y la resiliencia de los sistemas alimentarios al cambio climático.

En los países de bajos ingresos, las pérdidas de alimentos se producen a lo largo de las cadenas de valor de los alimentos, y son el resultado de las limitaciones organizativas y técnicas en la recolección, el almacenamiento, el transporte, la elaboración, el envasado y la comercialización (GANESAN, 2014). Las mayores pérdidas se registran en la pequeña y mediana industria de producción y elaboración en los sectores agrícola y pesquero. Las condiciones sociales y culturales, como las diferentes funciones que desempeñan

los hombres y las mujeres en las distintas etapas de la cadena de valor, son con frecuencia las causas subyacentes de las pérdidas de alimentos. Las dificultades a las que se enfrentan las mujeres para obtener acceso a recursos, servicios, empleos y actividades generadoras de ingresos, y los beneficios que se derivan de ello, afectan a su productividad y eficiencia en la producción de alimentos, lo que incrementa las pérdidas de alimentos.

El desperdicio de alimentos en los países de ingresos medianos y altos se debe principalmente al comportamiento de los consumidores y a las políticas y normativas que abordan otras prioridades sectoriales. Por ejemplo, las subvenciones agrícolas pueden fomentar la producción de excedentes de los cultivos alimentarios, reduciendo los precios, de manera que los consumidores presten menos atención a los alimentos que se pierden o se desperdician a lo largo de la cadena de valor. Además, en virtud de las normas en materia de inocuidad y calidad de los alimentos, pueden eliminarse de la cadena de suministro alimentos que continúan siendo inocuos para el consumo humano. En cuanto a los consumidores, la planificación inadecuada de las compras y el hecho de no lograr consumir los alimentos antes de su fecha de caducidad también conducen al desperdicio.

Los hábitos alimenticios ejercen una gran influencia sobre algunos de los factores que impulsan el cambio climático. En los países en que está aumentando el consumo de alimentos, las dietas suelen incluir más productos pecuarios, aceites vegetales y azúcares. Cabe esperar que esta tendencia continúe como resultado del aumento de los ingresos. Diversos estudios han examinado las consecuencias medioambientales del consumo de alimentos de origen animal, centrándose por lo general en las emisiones de gases de efecto invernadero y en el uso de la tierra (INRA y CIRAD, 2009; Erb *et al.*, 2009; Tilman y Clark, 2014; Tukker *et al.*, 2011; Van Dooren *et al.*, 2014). A raíz de las evaluaciones del ciclo de vida, han llegado por lo general a la conclusión de que, en el supuesto de que se consumieran otras dietas con menos alimentos de origen animal, se podría contribuir a reducir las emisiones totales de gases »

RECUADRO 20

EMISIONES PROCEDENTES DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS: EL USO DE ENERGÍA A LO LARGO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO

La modernización de las cadenas de suministro de alimentos se ha asociado con mayores emisiones de gases de efecto invernadero procedentes tanto de los insumos de las actividades previas a la cadena (fertilizantes, maquinaria, plaguicidas, productos veterinarios, transporte) como de aquellas realizadas fuera de las explotaciones (transporte, elaboración y venta al por menor). De acuerdo a los cálculos y datos anteriores, Bellarby *et al.* (2008) y Lal (2004) estiman que la producción de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas y las emisiones procedentes de los combustibles fósiles utilizados en el campo representaban en 2005 el 2 % aproximadamente de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (HLPE, 2012). Es necesario disponer de métodos de análisis del ciclo de vida para calcular las emisiones procedentes del consumo de productos alimenticios. Estos enfoques, por lo general, contabilizan las emisiones procedentes de los insumos utilizados antes de entrar en la cadena de suministro hasta las actividades de elaboración fuera de la explotación, incluyendo las emisiones de metano, óxido nitroso y CO₂ y el uso de combustibles fósiles en los sistemas alimentarios (p. ej. Steinfeld *et al.*, 2006; FAO, 2013b). Si se incluyen las etapas posteriores a la cosecha, alrededor de 3,4 Gt de emisiones de CO₂ equivalente se

producen por el uso de energía de forma directa e indirecta en la cadena agroalimentaria (FAO, 2011d). Ello puede compararse con alrededor de 5,2 Gt de emisiones de CO₂ equivalente generadas por la agricultura y alrededor de 4,9 Gt de CO₂ equivalente debido a la actividad forestal y al cambio en el uso de la tierra. Se estima que los sistemas alimentarios consumen en la actualidad un 30 % de la energía mundial disponible y más del 70 % de ese porcentaje se consume fuera de las explotaciones agrícolas. Aunque los sistemas alimentarios modernos dependen en gran medida de los combustibles fósiles, han contribuido considerablemente a mejorar la seguridad alimentaria. No obstante, para que esos sistemas contribuyan a la mitigación del cambio climático será necesario desvincular su desarrollo futuro de la dependencia de los combustibles fósiles. El Programa de la FAO de alimentos energéticamente inteligentes en función de la población y el clima (ESF) utiliza un enfoque que establece un nexo entre el agua, la energía y los alimentos para ayudar a los países en desarrollo a garantizar un acceso adecuado a servicios energéticos modernos en todas las etapas de las cadenas agroalimentarias, a mejorar la eficiencia energética y a aumentar la proporción de energía renovable utilizada (FAO, 2014).

- » de efecto invernadero y ello tendría efectos positivos para la salud humana.

Además, cada vez hay más datos que apuntan a que son más saludables los hábitos alimenticios con un bajo impacto ambiental. Entre las características comunes de estas dietas cabe citar la diversidad de los alimentos consumidos, el equilibrio entre el aporte energético y el agotamiento calórico; la inclusión de tubérculos y granos enteros objeto de una elaboración mínima junto con legumbres, frutas, hortalizas y carne que, si se consume, es en cantidades moderadas. Las dietas saludables también incluyen el consumo con moderación de productos lácteos, semillas y nueces sin sal, pequeñas cantidades de pescado y de productos acuáticos, y una ingestión muy limitada de alimentos elaborados, con un elevado contenido de grasas, azúcares o sal y un bajo contenido de micronutrientes (FAO y FCRN, 2016).

Otro factor crítico que debe considerarse es la energía utilizada en los sistemas alimentarios modernos para elaborar los alimentos y llevarlos a los consumidores (Recuadro 20). En los países de altos ingresos, los productos perecederos requieren un uso considerable de energía, con los consiguientes niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, en las etapas de almacenamiento, distribución y consumo. Fischbeck, Tom y Hendrickson (2015) han demostrado que, si se siguen las directrices dietéticas estadounidenses sobre el peso saludable, se aumentarían el uso de energía en un 38 %, el

uso de agua un 10 % y las emisiones de gases de efecto invernadero un 6 %. Ello se debe a la mayor proporción en la dieta de frutas y hortalizas con una huella importante de energía, gases de efecto invernadero y agua en los Estados Unidos. Este hecho muestra la importancia de tener en cuenta las características específicas de los sistemas de producción al determinar la huella ecológica. Asimismo, indica también que puede haber compensaciones recíprocas entre la reducción de las repercusiones ambientales y la adopción de dietas más saludables.

Habida cuenta de la gran diversidad a nivel mundial, el hecho de reequilibrar las dietas para alcanzar los objetivos nutricionales podría, no obstante, aportar beneficios conjuntos muy importantes, a través de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la eficiencia general de los sistemas alimentarios (Tilman y Clark, 2014). Es necesario examinar más a fondo las diferencias demográficas y sociales, incluyendo el rápido crecimiento del consumo de alimentos en los países en desarrollo, para informar las estrategias destinadas a promover una dieta óptima con mejores resultados en relación con la salud y una menor contaminación por los nitratos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Es necesario asimismo realizar evaluaciones multidimensionales del ciclo de vida a nivel regional y mundial para estimar los beneficios de la adaptación y la mitigación derivados de los diferentes cambios alimenticios, incluidas las posibles compensaciones. ■

CONCLUSIONES

La agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra son los principales motores de los ciclos de nitrógeno y carbono terrestres. Una mejor gestión de estos ciclos en la agricultura, la actividad forestal y la acuicultura puede proporcionar múltiples beneficios en lo referente a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos. Para ello, es necesario que las políticas persigan tres objetivos complementarios:

- ▶ aumentar la eficiencia de la producción agrícola y reducir al mínimo la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las explotaciones agropecuarias;
- ▶ conservar y restaurar, a través de la gestión agrícola y forestal, los suelos y territorios ricos en carbono; y
- ▶ orientar los sistemas alimentarios hacia la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos y hacia dietas más saludables.

La persecución de estos objetivos contribuiría, al mismo tiempo, a aprovechar el potencial de los beneficios conjuntos de la adaptación y la mitigación. Deberían establecerse de nuevo las

prioridades en las políticas sobre la alimentación y la agricultura pasando de un enfoque limitado sobre la reducción de las diferencias de rendimiento a un enfoque mucho más amplio sobre otros objetivos igualmente importantes: la restauración y conservación de suelos para mejorar su capacidad de retener el dióxido de carbono; la mejora de la gestión del nitrógeno para reducir las emisiones y aumentar la productividad; la adopción de prácticas que aumentan el nivel de eficiencia en la producción agrícola y reducen al mínimo simultáneamente la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero; la adopción de medidas para reducir al mínimo las pérdidas y el desperdicio de alimentos en los sistemas alimentarios y para promover dietas sostenibles; y la realización de estrategias de diversificación que incrementen la resiliencia de los sistemas de producción al cambio climático y a la variabilidad del clima.

Tras haber abordado en este capítulo el potencial de mitigación de los sistemas agrícolas y alimentarios y el nexo entre la adaptación y la mitigación, en el Capítulo 5 se examina la respuesta de la agricultura al cambio climático en lo que se refiere a las políticas e instituciones.



CAPÍTULO 5

EL CAMINO A SEGUIR: REAJUSTE DE LAS POLITICAS, CREACIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL

**KIROKA, REPÚBLICA
UNIDA DE TANZANIA**

Una granjera que ha adoptado
el método del Sistema de
Intensificación del Arroz
examina su arrozal.

©FAO/Daniel Hayduk





**RUSUMO, REPÚBLICA
UNIDA DE TANZANIA**

Acolchado - Hojas secas
cubren el terreno en una
granja de bananas de una
escuela primaria.

©FAO/Marco Longari



MENSAJES CLAVE

1 **LOS SECTORES DE LA AGRICULTURA OCUPAN UN LUGAR DESTACADO** en casi todas las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional presentadas por los países en la preparación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), celebrada en París.

2 **EN SUS CPDN, LOS PAÍSES SE HAN COMPROMETIDO FIRMEMENTE** con las iniciativas de adaptación y mitigación en el ámbito de la agricultura.

3 **LOS PLANES DE ACCIÓN PARA EL SEGUIMIENTO SOLO PUEDEN SER EFICACES SI FORMAN PARTE DE POLÍTICAS MÁS AMPLIAS** y transformadoras en materia de agricultura, desarrollo rural, seguridad alimentaria y nutrición.

4 **LA COMUNIDAD INTERNACIONAL DEBE AYUDAR A LOS PAÍSES EN DESARROLLO** para que refuercen su capacidad de elaborar y poner en práctica políticas integradas que aborden la agricultura y el cambio climático.

EL CAMINO A SEGUIR: REAJUSTE DE LAS POLÍTICAS, CREACIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL

En los capítulos 3 y 4 se presentaban las opciones económicas y técnicas para fortalecer la resiliencia frente al cambio climático y contribuir a la mitigación del mismo. Será necesario disponer de políticas, marcos institucionales y mecanismos de financiación de inversiones adecuados que posibiliten y respalden esas opciones. Muchos de estos instrumentos son importantes para el desarrollo agrícola en general, pero se hacen incluso más necesarios cuando se trata del cambio climático. Es preciso modificar los marcos vigentes de políticas para que se puedan integrar las preocupaciones suscitadas por el cambio climático. Además de ocuparse de la agricultura y la seguridad alimentaria en sentido estricto, será necesario que abarquen la ordenación de las tierras y los recursos hídricos, la gestión de riesgos de catástrofes, la protección social y la investigación y el desarrollo.

Numerosos países han elaborado políticas y estrategias de amplio alcance sobre el cambio climático, en las que se establecen objetivos y metas generales que reflejan la importancia relativa de diversos sectores de sus economías, así como sus prioridades nacionales. No obstante, son pocos todavía los que han formulado planes de acción detallados para cumplir las metas relacionadas con el clima. En este capítulo se expone una visión general de las medidas políticas propuestas por los países en relación con la agricultura y el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal en sus CPDN, de conformidad con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). A continuación, se debate sobre la manera de vincular estos compromisos

nacionales con las políticas y las instituciones, con vistas a garantizar una respuesta eficaz ante los desafíos que el clima plantea para la agricultura. ■

LA AGRICULTURA ES AHORA FUNDAMENTAL PARA LAS “CONTRIBUCIONES PREVISTAS”

En la COP21, celebrada en París en diciembre de 2015, las CPDN de los países sirvieron de base para las negociaciones y ayudaron a elaborar el Acuerdo de París sobre el cambio climático. No obstante, si bien los países se comprometieron con metas de mitigación definidas, dichas metas (en caso de alcanzarse) conllevarían que el total de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 fuera alrededor de un 28 % superior al nivel necesario para mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2° C.

Si bien las aspiraciones se quedaron cortas con respecto a lo que se necesita y a pesar de la aparente resistencia a contraer compromisos internacionales vinculantes, numerosos países han comenzado a definir sus medidas relativas al cambio climático. En virtud del Acuerdo de París, todas las partes en la CMNUCC han de preparar y mantener una contribución determinada a nivel nacional (CDN), que habrá de renovarse cada cinco años y anotarse en un registro público. Si un país hubiera presentado anteriormente una

CPDN, esta se convertiría en CDN en el momento en que dicho país ratificara el acuerdo. Las CDN no son vinculantes, pero con ellas se pretende orientar las medidas de alcance nacional relativas al cambio climático en los próximos años. Estas no solo comprenden metas, sino también estrategias concretas para hacer frente a las causas del cambio climático y responder a sus efectos.

Pese a que todas las CPDN preparadas para la COP21 se concibieron para que abarcaran la mitigación, también se invitó a las partes a que sopesaran la posibilidad de incluir un componente relativo a la adaptación o de comunicar sus actividades de planificación de la adaptación. A 31 de marzo de 2016, 188 países habían presentado CPDN a la CMNUCC⁹. Todas ellas contienen compromisos en materia de mitigación y aproximadamente el 70 % incluye también una sección dedicada a la adaptación.

En un análisis realizado por la FAO de las CPDN presentadas antes de la COP21 se pone de manifiesto que los sectores de la agricultura ocupan un lugar destacado (FAO, 2016a). Más del 90 % de los países incluyó los sectores agrícolas en sus contribuciones referentes a la mitigación o la adaptación. Además, los países en desarrollo —en particular los países menos adelantados (PMA)— otorgaron una gran importancia a los sectores agrícolas en lo que respecta tanto a la mitigación como a la adaptación:

- **Mitigación.** La agricultura¹⁰ y el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal se encuentran entre los sectores más citados en las contribuciones en favor de la mitigación, en las que se establecen metas o medidas para los esfuerzos de mitigación. Esto es aplicable, en particular, a las CPDN presentadas por los países en desarrollo. No obstante, la mayoría de los países no especificó metas relativas a la mitigación que fueran específicas para la agricultura y el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal, sino que las incluyó en metas generales de carácter económico para la reducción de las emisiones de GEI.
- **Adaptación.** Más del 90 % de los países en desarrollo incluyó en sus CPDN una sección sobre la adaptación al cambio climático en sus sectores agrícolas, y lo consideró un asunto muy preocupante. La adaptación figura en todas las CPDN presentadas por los países del África subsahariana y de Asia oriental y sudoriental. La mayoría de los PMA también destacó los fenómenos extremos como el principal problema que planteaba de adaptación y más del 80 % de ellos mencionó las sequías y las inundaciones como peligros inmediatos.

En muchas CPDN se destacan las sinergias entre las medidas de adaptación al cambio climático y mitigación del mismo en los sectores agrícolas, así como los beneficios conjuntos que »

⁹ En total, se presentaron 161 CPDN a la CMNUCC, correspondientes a 188 países (la CPDN de la Unión Europea corresponde a 28 países). Libia, Nicaragua, Palestina, la República Árabe Siria, la República Popular Democrática de Corea, Timor-Leste y Uzbekistán todavía no han presentado sus CPDN. El 19 de abril de 2016, Panamá presentó su CPDN, que no está incluida en este análisis.

¹⁰ En el contexto de la mitigación, el sector agrícola, según la terminología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), comprende las emisiones procedentes de la fermentación entérica, la gestión del estiércol, el cultivo de arroz, la quema prescrita de sabanas y pastizales, así como de los suelos (emisiones agrícolas). Las emisiones relacionadas con los usos forestales y de otro tipo se incluyen dentro del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la actividad forestal.

LOS SECTORES AGRÍCOLAS Y LA CMNUCC

Suele malinterpretarse la manera en que los sectores agrícolas se toman en cuenta en los debates de la CMNUCC, y a menudo se dice que la agricultura no se incluyó o incluso que se excluyó de las negociaciones. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático abarca *todas* las fuentes antropogénicas de emisiones de GEI y *todos* los efectos del cambio climático. Por lo tanto, la cuestión no es si los sectores agrícolas están integrados en el ámbito de aplicación de la Convención, sino de qué forma se consideran sus rasgos específicos.

Hay varios puntos que permiten la consideración específica de las cuestiones relativas a la agricultura y la seguridad alimentaria en el marco de la Convención. El primero consiste en el reconocimiento por la CMNUCC de la importancia que reviste la producción de alimentos (En el artículo 2 de la Convención, que establece su objetivo, se dice que debería alcanzarse este objetivo, asegurando al mismo tiempo que “la producción de alimentos no se vea amenazada”). En el Acuerdo de París, aprobado en la COP21, se reconoce además “la prioridad fundamental de salvaguardar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos a los efectos adversos del cambio climático”.

El segundo punto es el reconocimiento, reafirmado en el Acuerdo de París, de la importante función que desempeñan el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal a la hora de abordar el cambio climático. Ello ha dado lugar a diversas líneas de trabajo de la Convención sobre el cambio climático acerca de cómo tener en cuenta las características específicas de las fuentes y sumideros en las normas de contabilidad y los mecanismos financieros. Entre los principales asuntos considerados figuran la distinción entre las causas naturales y antropogénicas de las fuentes y sumideros, así como la cuestión de cómo hacer frente al hecho de que las reducciones de las emisiones a través de los sumideros no sean permanentes. También ha dado lugar a una iniciativa específica, puesta en marcha en 2008, para reducir la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+), que prevé efectuar pagos a los países en desarrollo. Los bosques son muy importantes en el Acuerdo de París. En el artículo 5 se reconoce el

papel central de los bosques para alcanzar la meta de 2 °C a través de las opciones de mitigación abarcadas por REDD+. También se reconoce el potencial de los bosques para los enfoques que combinan la mitigación y la adaptación y la importante función que desempeñan para reportar beneficios no relacionados con el carbono.

En tercer lugar, desde la Conferencia de Bali (COP13) en 2007, se ha desarrollado una línea de trabajo específica sobre la agricultura, entendida en este contexto como producción agrícola y ganadera. Esta ha avanzado a través de cuatro talleres temáticos en el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico de la CMNUCC, sobre los sistemas de alerta temprana, la vulnerabilidad, la adaptación y la productividad. Los resultados se examinarán en la COP22, que tendrá lugar en Marrakech (Marruecos).

Por último, la necesidad de mecanismos e instrumentos que reconozcan los rasgos específicos de los sectores agrícolas y se adapten a ellos se plantea como tema transversal, tanto en las líneas de trabajo antes citadas como en todas las actividades desarrolladas en el marco de la Convención. Las emisiones y la reducción de las mismas, con inclusión de las fuentes y sumideros, son más difíciles de evaluar y seguir de cerca en la agricultura que en la mayoría de los otros sectores. El hecho de que los agentes de los sectores agrícolas sean muy numerosos y de pequeño tamaño supone grandes dificultades y costos de transacción para la puesta en práctica y el seguimiento de los mecanismos, que en general han sido concebidos para los sectores energético e industrial.

Además, el hecho de que la mitigación y la adaptación se traten por separado en la CMNUCC dificulta una valoración adecuada de las sinergias y compensaciones recíprocas existentes entre las medidas de adaptación y de mitigación, que son particularmente importantes en los sectores agrícolas. Según se subraya en las CPDN, las medidas en los sectores de la agricultura son especialmente importantes en términos de los posibles beneficios conjuntos o de las posibles compensaciones recíprocas que se den con los aspectos ambientales, económicos y sociales. Estas cuestiones son importantes para los sectores de la agricultura, pero no se tienen en cuenta en la mayor parte de los debates y mecanismos de la CMNUCC.

» se prevén, por lo que hace a la mejora de los resultados sociales y económicos y la protección del medio ambiente. Aproximadamente, un tercio de los países mencionó tales beneficios conjuntos. Un total de 31 países menciona explícitamente la agricultura climáticamente inteligente y hace referencia específica a los beneficios comunes en cuanto al desarrollo rural, la mejora de la salud, la reducción de la pobreza y la creación de empleo, por un lado, y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, por otro. De igual forma, en muchas de las CPDN se subraya la importancia de reducir las desigualdades de género y de promover el empoderamiento de la mujer con el fin de mejorar la producción agrícola, al tiempo que se reduce la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático.

Las CPDN no se prepararon según un modelo normalizado. En consecuencia, difieren en cuanto a su extensión, cobertura y grado de detalle. Debido a esta heterogeneidad, es preciso actuar con cautela al comparar las prioridades y las medidas de los países más allá de las características generales. No obstante, las CPDN presentadas dan una clara indicación de la importancia que la inmensa mayoría de los países concede a los sectores de la agricultura, en lo referente tanto a la adaptación como a la mitigación. Sin embargo, al mismo tiempo es evidente que se necesitan instrumentos mucho mejores para adaptar las medidas relativas al cambio climático a las características y circunstancias específicas de los sectores agrícolas (Recuadro 21).

Las CPDN también ponen de relieve que las medidas de adaptación y mitigación en los sectores agrícolas pueden tener numerosos beneficios conjuntos. A medida que los países pasan de la intención a la aplicación, muchos de ellos han manifestado su preocupación por que no se disponga de suficientes recursos financieros y por su propia capacidad institucional. Los países del África subsahariana son los que expresan estas inquietudes con más frecuencia y sus CPDN se encuentran también entre las más detalladas y completas en lo que se refiere a la agricultura. ■

DE LAS INTENCIONES A LA ACCIÓN: LA AGRICULTURA EN LAS ESTRATEGIAS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Dado que las CDN son compromisos generales no vinculantes, y no planes de acción, es necesario que los compromisos contraídos se concreten en medidas de alcance nacional. Ello afecta directamente a la formulación de políticas en materia de agricultura y seguridad alimentaria. Sin embargo, también supone incorporar las cuestiones relacionadas con el cambio climático en otro tipo de políticas y ámbitos de acción que revisten un gran interés para la agricultura y la seguridad alimentaria, como la ordenación de las tierras y los recursos hídricos, pero también la gestión del riesgo de catástrofes y la protección social. El reto consiste en incorporar los sectores agrícolas en las estrategias nacionales relativas al cambio climático, que a su vez están relacionadas con los mecanismos de la CMNUCC (Figura 16).

En el marco de la CMNUCC se ha concebido una serie de instrumentos para vincular los compromisos internacionales en materia de cambio climático con medidas concretas de mitigación y adaptación a escala nacional:

- La CMNUCC estableció en un principio los **Programas nacionales de Acción para la Adaptación (PNAA)** como instrumento específico, armonizado y dirigido por los países destinado a las naciones menos adelantadas. Los programas determinan las actividades prioritarias que responden a “necesidades urgentes e inmediatas” de adaptación al cambio climático en las que nuevas demoras podrían aumentar la vulnerabilidad o dar lugar a un aumento de los costos en una etapa posterior. Hasta la fecha, 50 países han presentado PNAA a la Secretaría de la CMNUCC (CMNUCC, 2016a). Las cuestiones relativas a la agricultura y la

ordenación de los recursos naturales son particularmente importantes en estos planes. La gran mayoría de los proyectos prioritarios guardan relación con los sectores agrícolas y la seguridad alimentaria (Meybeck *et al.*, 2012) y la mayoría de ellos pertenece a una de las cinco categorías principales siguientes: intersectorial (con inclusión de los sistemas de alerta temprana, gestión de catástrofes, educación y creación de capacidad); la gestión de los ecosistemas; la ordenación de los recursos hídricos; la producción vegetal y ganadera; y la diversificación y los ingresos. Todos los PNAA pueden financiarse con cargo al Fondo para los Países Menos Adelantados, de cuya gestión se encarga el Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

- ▶ Los **planes nacionales de adaptación** se centran en atender las necesidades de adaptación a medio y largo plazo, y brindan una buena ocasión de integrar las preocupaciones y necesidades de los sectores y agentes agrícolas en estrategias y políticas amplias de alcance nacional. Son tres los países (Brasil, Burkina Faso y Camerún) que han ultimado un plan nacional de adaptación y los tres consideran importante la adaptación en la agricultura.
- ▶ Las **medidas de mitigación apropiadas para cada país (MMA)**, que según la definición de la CMNUCC, las preparan los gobiernos nacionales en el contexto del desarrollo sostenible y aportan medidas apropiadas para los países dirigidas a reducir las emisiones en los países en desarrollo (CMNUCC, 2016b). Por lo general, contienen medidas más detalladas que las CPDN y pueden estar basadas en proyectos, ser programáticas o sectoriales o centrarse en el ámbito de las políticas (Wilkes *et al.* 2013). Es preciso definir o revisar las políticas sectoriales, que habrán de ser conformes con las políticas y prioridades relativas al cambio climático. Asimismo, es necesario establecer situaciones de referencia y determinar el potencial de mitigación de distintas opciones. Deberán determinarse también los obstáculos a la aplicación de estas opciones. Asimismo, habrán de establecerse los mecanismos institucionales para la coordinación y la

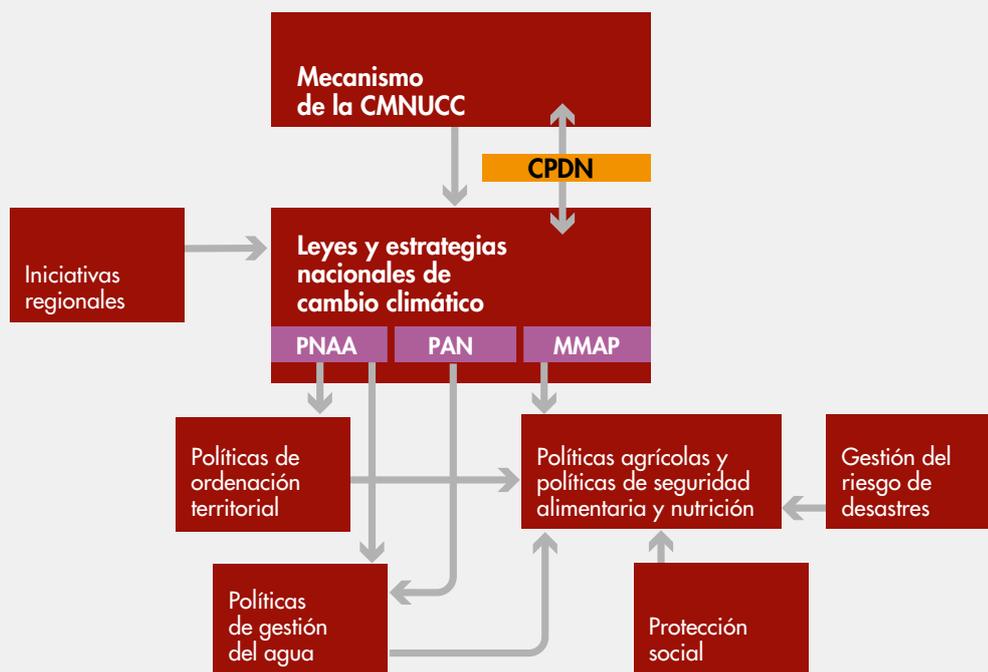
financiación, así como para la medición, la presentación de informes y la comprobación. Alrededor del 13 % de las MMA que figuran en el registro específico de la Convención pertenece al sector de la agricultura, la actividad forestal y otros usos de la tierra (CMNUCC, 2015). ■

ENFOQUES INTEGRADOS QUE ARMONIZAN EL CLIMA Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO

Los programas nacionales de acción para la adaptación, los planes nacionales de adaptación y las medidas de mitigación apropiadas para cada país se centran en las medidas que hacen frente al cambio climático, bien mediante la adaptación, bien mediante la mitigación. No obstante, tal como se expone en los capítulos 3 y 4, para ser eficaces y garantizar la obtención de beneficios conjuntos, estas medidas han de formar parte de políticas más amplias en materia de agricultura, alimentación y nutrición.

La recuperación de los suelos degradados y los bosques, las prácticas agrícolas climáticamente inteligentes, la agroecología y la mejor gestión de los recursos hídricos pueden contribuir a las mejoras de la productividad que se precisan para satisfacer la creciente demanda de alimentos, mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas y reducir la intensidad de las emisiones de los cultivos, la ganadería, la pesca y la actividad forestal, a la vez que aumentan la fijación de carbono en el suelo y en los bosques.

No obstante, como se indica en los capítulos 3 y 4, es posible que no sea suficiente un cambio hacia prácticas sostenibles en los sectores de la agricultura para situar los sistemas alimentarios en la senda de la sostenibilidad y erradicar el hambre. Para ello, se necesitan más esfuerzos a fin de mejorar la resiliencia y los medios de vida

FIGURA 16**DE LOS COMPROMISOS Y MECANISMOS INTERNACIONALES A LAS POLÍTICAS E INSTITUCIONES NACIONALES**

FUENTE: FAO.

de quienes se hallan expuestos a la inseguridad alimentaria y, en todos los sectores económicos, con el fin de asegurar una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en aras de impedir que la temperatura mundial se incremente en más de 2 °C. Es necesario que las políticas de desarrollo agrícola y rural que ayudan a diversificar los ingresos y las oportunidades de empleo para las personas pobres y afectadas por la inseguridad alimentaria se complementen con políticas que aborden la huella de carbono de la totalidad de los sistemas alimentarios, por ejemplo a través de medidas que armonicen las preferencias alimentarias con los objetivos ambientales.

Desde el punto de vista de la agricultura, un planteamiento integrado como este ha de partir de una comprensión de los factores que determinan las decisiones relativas a la producción agrícola y la ordenación de los recursos naturales, de sus repercusiones en los medios de vida de los agricultores y de las consecuencias para el medio ambiente. Hacerlo es complejo y puede que no siempre sea posible encontrar soluciones en las que todos salgan ganando. Las políticas, las fuerzas del mercado y las limitaciones medioambientales determinan la utilización de insumos y otros recursos en la agricultura, el nivel de productividad y el grado de conservación o agotamiento de los recursos

naturales. Estos factores difieren notablemente entre países. Los agricultores de subsistencia de África y los pequeños productores de Asia se enfrentan a limitaciones diferentes y no tienen la misma capacidad que los agronegocios a escala mundial de responder a las señales políticas y del mercado. Tal como se muestra a lo largo del presente informe, los efectos del cambio climático varían notablemente según la región y habrán de analizarse en función de las circunstancias locales. A pesar de estas diferencias, existe una serie de ámbitos comunes en los que se pueden abordar las compensaciones recíprocas entre los objetivos relativos al cambio climático y los relativos a la seguridad alimentaria y en qué punto deberían coincidir diferentes políticas.

Suprimir las subvenciones y las medidas de apoyo perjudiciales para el medio ambiente

Los países de la OCDE gastaron 211.000 millones de dólares estadounidenses en apoyo a la producción agrícola en 2015. En los países que no forman parte de la OCDE sobre los que se dispone de datos, este apoyo ascendió a

352.000 millones en el mismo año¹¹. Los gobiernos respaldan a los agricultores y los agronegocios para dar un estímulo directo a la producción agrícola, influir en los costos de los insumos, complementar los ingresos agrícolas y lograr otros objetivos sociales, económicos y medioambientales, como la conservación de los territorios, la conservación de los recursos hídricos, la reducción de la pobreza y la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo. Gran parte del actual apoyo a la producción, tanto en países desarrollados como en desarrollo, implica conceder subvenciones a los insumos, como los fertilizantes y la energía, en particular combustibles fósiles, o efectuar pagos directos a los agricultores. En los países de la OCDE, las medidas de apoyo han venido disminuyendo desde la década de 1980, tanto en términos reales como relativos. En relación con el valor de la producción en la explotación agrícola, el apoyo se redujo considerablemente, del 46 % en 1986 al 20 % en 2014. Por el contrario, en la mayoría de los países que no pertenecen a la OCDE para los que se dispone de datos, el apoyo a la producción agrícola está creciendo.

Las medidas de apoyo pueden tener efectos no deseados en el medio ambiente si no están en consonancia con las iniciativas para hacer frente al cambio climático y las preocupaciones medioambientales. Por ejemplo, las subvenciones a los insumos pueden inducir al uso ineficiente de los plaguicidas y fertilizantes sintéticos, y aumentar la intensidad de las emisiones de la producción. Casi la mitad de las subvenciones agrícolas concedidas por los gobiernos de los países de la OCDE en 2010-12 fueron potencialmente muy perjudiciales para el medio ambiente, ya que inducían al aumento de la demanda de fertilizantes químicos y combustibles fósiles, y daban lugar al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero

(OCDE, 2015). La proporción de subvenciones perjudiciales para el medio ambiente ha caído un 75 % en 1995, mientras que la de subvenciones y pagos sujetos al cumplimiento de los reglamentos medioambientales ha aumentado. Si bien es una tendencia prometedora, los países de la OCDE aún tienen trabajo por hacer para que las políticas generales relativas a los precios agrícolas sean acordes con los incentivos concedidos para adoptar prácticas de producción sostenibles desde el punto de vista medioambiental.

En los países en desarrollo, se verifica una tendencia a aumentar el uso de mecanismos de sustentación de los precios al productor y de subvenciones a los insumos. Estas últimas suelen estar motivadas por la creencia de que reduciendo los costos de los insumos aumentará el rendimiento y mejorará la seguridad alimentaria. Como se comenta en el capítulo 3, en algunos contextos, en particular en ciertas partes del África subsahariana, los incentivos al aumento del uso de fertilizantes de nitrógeno pueden tener, en efecto, el beneficio indirecto de aumentar la productividad y mejorar la capacidad de recuperación de los pequeños productores. Sin embargo, los efectos beneficiosos no se producen en todos los contextos, como en el Asia oriental, donde el uso excesivo de fertilizantes no aporta beneficios para la producción y en cambio provoca graves daños en el medio ambiente (Fixen *et al.*, 2015). Por consiguiente, es necesario ser prudentes a la hora de hacer evaluaciones y elaborar políticas, para evitar crear incentivos que contrarresten los objetivos relativos al medio ambiente.

Una manera de ajustar el desarrollo agrícola a los objetivos relativos al cambio climático sería elaborar medidas de apoyo a la agricultura que estuvieran supeditadas a la adopción de prácticas agrícolas dirigidas a reducir las emisiones y conservar los recursos naturales. Como las subvenciones son cuantiosas, hay margen para reajustar y redireccionar los incentivos. Sin embargo, nada de ello será suficiente si no se aúnan esfuerzos por que las políticas relativas al cambio climático y la agricultura sean conformes con las políticas en otros ámbitos, en particular el de la energía (**Recuadro 22**).

¹¹ Los cálculos del apoyo prestado a la producción agrícola se han obtenido de la base de datos de la OCDE sobre estimaciones de subsidios al productor y al consumidor (<http://www.oecd.org/tad/agricultural-policies/producerandconsumersupportestimatesdatabase.htm>; disponible solo en inglés). La base de datos comprende estimaciones relativas a nueve países no pertenecientes a la OCDE: Brasil, China, Colombia, Federación de Rusia, Indonesia, Kazajistán, Sudáfrica, Ucrania y Viet Nam.

LA NECESIDAD DE COHERENCIA ENTRE LAS POLÍTICAS AGRÍCOLA Y ENERGÉTICA

La reducción de los impuestos sobre el combustible utilizado en la producción agrícola y el apoyo al desarrollo de biocombustibles son dos ejemplos destacados de la necesidad de que las políticas relativas a la agricultura, la energía y el cambio climático tengan mayor correspondencia entre sí. El argumento para **reducir los impuestos sobre los combustibles** utilizados en los sectores de la agricultura es la importancia de los combustibles para el transporte como insumo de producción y el hecho de que, en su mayor parte, se utilicen fuera de la red de carreteras. Sin embargo, cuando se trata de emisiones de GEI, la combustión de diésel contribuye en la misma medida a las emisiones de CO₂, con independencia de dónde se produzca. Por tanto, unas políticas agrícolas que permitieran la exención total no serían coherentes con la mitigación del cambio climático.

Los **biocombustibles** son otro ámbito relacionado con la energía en el que la coherencia de las políticas resulta problemática. El desarrollo de los biocombustibles está determinado por diversas esferas de política (agricultura, energía, transporte, medio ambiente y comercio), y a menudo estas no se coordinan de forma clara y no guardan coherencia entre sí (FAO, 2008). Únicamente teniendo en cuenta la función de los biocombustibles en relación con estas esferas de política, se podrá asegurar que los objetivos no entren en conflicto entre sí.

La obtención de materia prima para la producción de biocombustible compite con la agricultura convencional por la tierra y otros recursos productivos, lo cual puede afectar a la seguridad alimentaria y la nutrición al

propiciar precios más altos e inestables de los alimentos. Como la viabilidad económica de la producción de biocombustible depende de los precios del petróleo, la volatilidad en los mercados energéticos se transmite a los mercados agrícolas y a los precios de los alimentos (véase Enciso *et al.*, 2015).

Las medidas relativas a las políticas sobre biocombustibles suelen aplicarse mediante créditos tributarios, metas cuantitativas (obligaciones relativas a la mezcla o la utilización) y restricciones al comercio (Sorda, Banse y Kemfert, 2010), cuyos efectos en la inestabilidad de los mercados agrícolas son diferentes. Los créditos tributarios establecen un vínculo más fuerte con los mercados de la energía, por medio de precios relativos y no de metas cuantitativas; por consiguiente, las últimas son más predecibles en cuanto a la demanda de biocombustibles.

Las políticas relativas a los biocombustibles vinculan los mercados de productos agrícolas básicos y de energía, y han de considerarse en el contexto más amplio de las políticas relativas al cambio climático. Si se aplican políticas de apoyo a los biocombustibles, las obligaciones podrían ser preferibles a los créditos tributarios desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, porque son menos propensas a padecer la inestabilidad de los mercados. No obstante, ello depende en gran parte de la magnitud de la obligación y de la cuantía del crédito tributario. Es preciso tener especial cuidado a la hora de gestionar las interacciones entre los créditos tributarios y las obligaciones, lo que complica aún más la coherencia de las políticas (De Gorter y Just, 2009).

La ordenación de los recursos naturales

Otro ámbito clave para la sinergia entre las políticas es la ordenación sostenible de los recursos naturales. Optimizar el uso sostenible de la tierra y el agua requiere una gobernanza adecuada y mecanismos para gestionar las sinergias y las compensaciones recíprocas entre los diferentes objetivos, intereses y escalas temporales. Para lograr múltiples objetivos en los sectores de la agricultura, la energía y la actividad forestal (REDD+), es necesario planificar el uso de la tierra a gran escala con vistas a determinar las esferas prioritarias para la

REDD+, la producción agrícola y los bosques para otros usos, como la producción de energía a partir de biomasa.

Los cultivos y la ganadería son los sectores más importantes que impulsan la deforestación y la degradación de los bosques. El sector de la energía también está estrechamente relacionado con los bosques en la mayoría de los países en desarrollo, debido a la dependencia generalizada de los combustibles de madera, en especial en África y Asia, y la expansión de la obtención de materia prima para la producción de biocombustible a tierras forestales, principalmente en Asia y América Latina. En consecuencia, el éxito de las medidas de adaptación al cambio climático y

mitigación del mismo dependerá en gran medida de la armonización de los objetivos en los sectores agrícolas y energético. A fin de garantizar el control de los países y la sostenibilidad política, también será necesario que la REDD+ contribuya a materializar los objetivos de otros sectores económicos clave.

Respaldar y facilitar la adopción de medidas colectivas

El cambio climático da lugar a demandas nuevas y crecientes de medidas colectivas y, en consecuencia, de coordinación entre las partes interesadas. Estas demandas deberían satisfacerse mediante políticas e instituciones que faciliten y respalden la elaboración y aplicación, de forma coordinada, de medidas, bien en un ámbito específico, como una cuenca hidrográfica o un bosque, bien en un sector, como una cadena alimentaria entera. Promover la inclusividad y la transparencia en la toma de decisiones, e incentivar las medidas encaminadas a inducir beneficios a largo plazo, públicos y colectivos, relacionados con la adaptación, son especialmente importantes para la ordenación de los recursos naturales (Place y Meybeck, 2013).

Con vistas a respaldar la restauración del paisaje, por ejemplo, la coordinación intersectorial es esencial. Con frecuencia los organismos trabajan relativamente aislados e incluso, con fines opuestos. Ello se debe, al menos en parte, a la estructura institucional y a la falta de capacidad de las instituciones de cooperar estrechamente en la planificación y ordenación de la utilización de la tierra. Existe la necesidad —y la posibilidad real— de que las instituciones encargadas de cuestiones relativas a los ecosistemas y a la utilización de la tierra integren la ordenación de los recursos naturales, en particular de los bosques, los árboles, el suelo y el agua, mediante la mejora del uso multisectorial de la tierra (Braatz, 2012).

Con objeto de respaldar la mejora de la gobernanza de los sistemas de tenencia de la tierra y del agua en el contexto del cambio climático, el diálogo entre los múltiples interesados, que tenga en cuenta los intereses de las mujeres, los pobres y los grupos marginados, es una opción prometedora. Por ejemplo, la experiencia de los últimos decenios ha mostrado que los bosques pueden gestionarse bien y que la degradación puede invertirse haciendo partícipes a las comunidades locales, con el apoyo de mecanismos institucionales descentralizados legítimos, fraguados a través de procesos consultivos (FAO, 2013). Son muchos los ejemplos de grupos de agricultores forestales (FAO y AgriCord, 2012) y grupos relacionados con la actividad forestal comunitaria (por ejemplo, los grupos de usuarios de los bosques comunales del Nepal). Lo mismo ocurre con los grupos y organizaciones de pesca comunitaria.

Las redes sociales también son un componente importante de la gobernanza local y pueden ayudar a proporcionar respuestas eficaces ante el cambio climático. Las formas tradicionales de trabajo recíproco y mutuo —por ejemplo, en los trabajos de conservación del suelo y del agua y en los sistemas de cultivo migratorio— se han abandonado en parte o totalmente en muchas zonas debido a cambios socioeconómicos (FAO, 2013a). Puede resultar beneficioso respaldar o reactivar estas formas de cooperación para la labor de recuperación, cuando proceda. Fomentar la creación de redes sociales oficiosas para intercambiar información y experiencias sobre opciones de adaptación también puede ayudar a crear resiliencia social ante el cambio climático. Dichas redes pueden desempeñar un papel clave en el establecimiento de sistemas de vigilancia, seguimiento y alerta temprana.

La gestión de riesgos

El cambio climático está introduciendo nuevos riesgos y cambiando los existentes (FAO y OCDE, 2012). El IPCC ha destacado la mejora de la gestión de los riesgos reales como una medida fundamental de adaptación. Ello requiere

LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE CATÁSTROFES PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN

La creación de capacidad de recuperación social requiere que se modifique el planteamiento convencional de reducción del riesgo de catástrofes: de simplemente reaccionar a los fenómenos extremos a dar prioridad a la reducción y gestión activa de los riesgos. Como promedio anual, se ha destinado menos del 5 % de toda la financiación humanitaria a la preparación y la prevención ante los desastres, y menos del 1 % a los países más necesitados. La inversión en reducción del riesgo de catástrofes procedente de los desembolsos de la asistencia oficial para el desarrollo (AOD) fue del orden del 0,4 % en 2010 y 2011 en todos los sectores (EIRD/OCDE, 2013).

La FAO ha conceptualizado y puesto en marcha medidas de reducción del riesgo de catástrofes en numerosos países que se ven expuestos de forma recurrente a fenómenos climáticos extremos y de otro tipo (pueden consultarse varios ejemplos en FAO, 2016). El planteamiento se fundamenta en cuatro pilares que se respaldan mutuamente y que

corresponden al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. Estos pilares tienen por objeto:

- ▶ crear un entorno favorable mediante el refuerzo de la capacidad y la mejora de los marcos jurídicos y de planificación para la gobernanza de los riesgos de catástrofes y las situaciones de crisis;
- ▶ comprender el riesgo y fundamentar la toma de decisiones mediante el seguimiento de los riesgos específicos del sector y la alerta temprana;
- ▶ promover prácticas específicas de un lugar que prevengan y mitiguen las consecuencias de los peligros naturales y las catástrofes;
- ▶ potenciar la capacidad, la coordinación y la planificación en lo relativo a la preparación, la intervención en situaciones de emergencia y la reconstrucción durante la rehabilitación que mejore la situación anterior al desastre.

instituciones y políticas adecuadas que son principalmente específicas de un sector o de un riesgo. Las estaciones meteorológicas, los instrumentos de previsión del tiempo y el clima, los modelos de reacción del rendimiento, los instrumentos de seguimiento del medio ambiente y las evaluaciones de la vulnerabilidad pueden ayudar a determinar cómo cambiarán las condiciones climáticas en el futuro y a calcular sus efectos en la producción. Asimismo, son indispensables para que los sistemas de alerta temprana sean fiables y para evaluar las opciones de adaptación.

Las estrategias integrales de gestión de riesgos requieren una comprensión clara de la solidez de los diferentes instrumentos de gestión de riesgos en un contexto de incertidumbre climática (Antón *et al.*, 2013). Asimismo, requieren que las medidas emprendidas por los sectores público y privado y la sociedad civil se coordinen en todos los ámbitos, desde el global hasta el local (Banco Mundial, 2013). Los gobiernos nacionales podrían aportar mecanismos para la gestión proactiva e integrada de riesgos —como una junta nacional que coordinara las estrategias de gestión de riesgos con instituciones encargadas del seguimiento, la prevención y el control de

riesgos, y la respuesta a los mismos, en los planos local y mundial— e incentivar que el sector privado participara en los mecanismos para hacer frente a los riesgos. Tal como se señaló en el Capítulo 3, los programas de protección social que garantizan ingresos mínimos o acceso a los alimentos desempeñan un papel importante, pero es preciso que estén bien vinculados con otras formas de gestión del clima y del riesgo de catástrofes (Recuadro 23).

Asimismo, se necesitan políticas dirigidas a reducir los riesgos financieros, disminuir los costos de las transacciones, facilitar las transacciones financieras, permitir el acceso a los servicios de financiación y facilitar las inversiones a largo plazo, mediante depósitos seguros de ahorros, créditos a bajo precio y seguros. Las necesidades financieras de los pequeños productores y los agricultores familiares, tanto de capital circulante —por ejemplo, para comprar fertilizantes y semillas— como de inversiones a medio y largo plazo, han de atenderse y respaldarse.

Por último, pero no por ello menos importante, las políticas y las instituciones deben apoyar activamente la diversificación de las estrategias de subsistencia. La diversificación de los medios

de vida es una de las estrategias de gestión de riesgos más eficaces para los pequeños productores y los agricultores familiares que se enfrentan al cambio climático. En función del contexto, puede comprender la diversificación del uso de la tierra, así como la de los ingresos o el empleo. Por consiguiente, las políticas relativas a la agricultura y el desarrollo rural han de integrar la diversificación como un componente fundamental, y es necesario que las instituciones locales lo faciliten incentivándolo mediante la mejora del acceso al crédito, los seguros, la información y la capacitación.

Creación de instituciones y políticas para sistemas más sólidos con menos emisiones

Debido a la importancia que los países han concedido en sus CPDN a la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo, respaldar a los productores de alimentos en sus esfuerzos por adaptarse al cambio climático, al tiempo que se mantienen las emisiones de GEI bajo control, ha de convertirse en una prioridad. Para adoptar medios de vida nuevos y con mayor resiliencia, los agricultores, pastores, pescadores y silvicultores necesitan un entorno institucional que apoye dicho cambio. No obstante, actualmente este tipo de entorno institucional y de políticas a menudo no existe, en especial para los pequeños productores.

Los mecanismos institucionales que respaldan el aumento y la estabilización del rendimiento de la producción agrícola son esenciales. Los mercados de insumos y productos agrícolas desempeñan una función fundamental en este contexto, pero se ha observado que otras instituciones, como los programas de crédito rural y de seguros, la extensión agrícola, los mecanismos de tenencia de la tierra y el agua y los programas de subvenciones a los insumos, son importantes para respaldar, o entorpecer, la transición de los pequeños

agricultores hacia sistemas con mayor resiliencia (véase el Capítulo 3; así como McCarthy, Best y Betts, 2010; Asfaw, Coromaldi y Lipper, 2015a; Asfaw *et al.*, 2015; Asfaw, DiBattista y Lipper, 2014; Arslan *et al.*, 2014; 2015; y Arslan, Belotti y Lipper, 2015).

Con objeto de que los productores de alimentos puedan acceder a los insumos y los conocimientos necesarios para la adaptación al cambio climático, y puedan vender los productos de sus actividades de diversificación, será incluso más importante, en el contexto del cambio climático, crear vínculos sólidos entre los pequeños productores y los mercados locales, nacionales y regionales. Crear vínculos comerciales requiere asimismo que se invierta en los pequeños y medianos elaboradores de alimentos, así como en los pequeños comerciantes minoristas y mayoristas. Puede ser necesario que los gobiernos intervengan para reducir los costos de transacción del acceso a los mercados y establecer instrumentos regulatorios que salven las diferencias de poder económico y político que dividen a los pequeños productores y sus organizaciones de otras organizaciones contratantes. ■

REFORZAR LA COOPERACIÓN REGIONAL E INTERNACIONAL

Las cuestiones transfronterizas

Abordar el cambio climático a menudo requiere la ordenación colectiva de los recursos naturales, lo que, a su vez, requiere medidas transfronterizas. Además, el cambio climático aumentará la posibilidad de que se propaguen plagas y enfermedades, así como los movimientos de productos de un país a otro. Ello hace necesario que se refuerce la

LAS LAGUNAS DE CONOCIMIENTOS Y LOS DESAFÍOS EN CUANTO A DISPONIBILIDAD DE DATOS

El cambio climático también modifica el entorno de riesgos y añade más incertidumbre a los riesgos a los que ya se enfrentan los productores de alimentos. Es preciso subsanar la falta de información y conocimientos importantes, como las previsiones meteorológicas intraestacionales. Se necesitan inversiones en infraestructura para medir, registrar, almacenar y difundir datos sobre variables meteorológicas, y proporcionar previsiones meteorológicas y estacionales en las escalas espaciales y temporales deseadas. Asimismo, es preciso que las previsiones relativas al cambio climático resulten más útiles y más fáciles de utilizar, lo cual puede lograrse estableciendo asociaciones entre los órganos que se ocupan de los servicios meteorológicos e hidrológicos, la investigación agrícola y la extensión.

En esta situación en la que hace falta una acción más coordinada, el Proyecto para la comparación y la mejora de modelos agrícolas es una iniciativa importante que vincula las actividades de elaboración de modelos de todo el mundo, centrándose en el clima, los cultivos, la ganadería y la economía, y ayuda a evidenciar las lagunas de conocimientos que aún puedan quedar y la forma de subsanarlas. Por ejemplo, a pesar de las publicaciones recientes sobre los efectos del cambio climático en las plagas de plantas y los patógenos (Bebber, Ramotowski y Gurr, 2013; Gregory *et al.*, 2009) y sus antagonistas (Thomson, Macfadyen y Hoffmann, 2010), estas no se han incorporado a las previsiones de los efectos del cambio climático en la agricultura; se ha considerado que son importantes para seguir perfeccionando el modelo (Rosenzweig *et al.*, 2014).

Para respaldar tanto las previsiones como el seguimiento de las repercusiones reales del cambio climático, y las medidas para contrarrestar tales repercusiones, será necesario que las estadísticas proporcionen mejor información sobre una serie de procesos, en particular los factores socioeconómicos de las emisiones; las emisiones; las observaciones de la tierra; los efectos en los ecosistemas y las actividades económicas; las medidas de adaptación; y las medidas de mitigación. En todos estos ámbitos sigue habiendo una importante falta de datos, en particular en el caso de los países en desarrollo, que carecen de la capacidad de analizar series cronológicas de datos, calcular las emisiones en sectores clave y aprovechar plenamente las observaciones de la tierra. Los países necesitan apoyo para mejorar sus sistemas estadísticos nacionales y, especialmente, para desarrollar su capacidad de evaluar los riesgos del cambio climático utilizando datos socioeconómicos y georreferenciados y modelos económicos integrados.

La colaboración internacional y regional será decisiva para subsanar estas carencias de conocimientos y facilitar información a las partes interesadas. La base de datos de la FAO, FAOSTAT, proporciona actualizaciones anuales de las estimaciones de emisiones por país para la agricultura, el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal. Asimismo, la FAO publica información geoespacial a través de una serie de portales y productos especializados, como GeoNetwork, la Base de datos mundial armonizada sobre el suelo y Collect Earth: un nuevo instrumento que permite recopilar datos sobre los bosques a través de Google Earth.

cooperación regional e internacional para facilitar los intercambios de conocimientos, la gestión de los recursos comunes y el intercambio y la valoración de los recursos fitogenéticos y zoogenéticos.

Muchos de los recursos de los que dependen los sectores agrícolas, como el agua, las poblaciones de peces y los ecosistemas, son transfronterizos por naturaleza. Los cambios en el medio ambiente acarrearán cambios en la disponibilidad de estos recursos y la migración de especies, personas y actividades humanas, que tratan de ajustarse a estos cambios. Asimismo, los fenómenos extremos,

como los incendios forestales, las invasiones de especies y las plagas y enfermedades, traspasarán las fronteras de los países. Las políticas e instituciones cuya finalidad es prevenir y gestionar determinados riesgos y vulnerabilidades que están viéndose afectados por el cambio climático son principalmente locales y nacionales; sin embargo, la cooperación y los instrumentos internacionales pueden respaldarlas de manera eficaz.

En consecuencia, para afrontar el cambio climático es fundamental que se adopten medidas internacionales y regionales

encaminadas a supervisar y gestionar los cambios que se produzcan en los recursos naturales, así como los riesgos para los sectores de la agricultura y la seguridad alimentaria. A continuación se mencionan algunos ejemplos importantes de cooperación transfronteriza en los sectores de la agricultura:

- ▶ Las redes, instituciones y **órganos regionales de pesca**, que trabajan conjuntamente en la gestión adaptativa de las poblaciones de peces transfronterizas y el control de las enfermedades de los peces, en ambos casos a escala regional. Por ejemplo, la ordenación de la pesca industrial de listado y rabil en las aguas ecuatoriales del océano Pacífico occidental mantiene las capturas dentro de unos límites sostenibles y optimiza la distribución de los beneficios económicos.
- ▶ Las **comisiones forestales regionales**, que coordinan las medidas que tienen consecuencias transnacionales y que se benefician de la colaboración entre países en las regiones. Son ejemplos de medidas conjuntas las iniciativas regionales sobre incendios forestales y especies invasivas, así como la colaboración regional en las evaluaciones de los recursos forestales.
- ▶ Las **instituciones de ordenación transfronteriza de los recursos hídricos**, como la Iniciativa de la Cuenca del Nilo y la Comisión del Mekong, que ayudan a elaborar una visión compartida de las demandas de recursos hídricos en las cuencas hidrográficas regionales.
- ▶ Los **proyectos regionales**, como la Iniciativa de la Gran Muralla Verde para combatir la desertificación en África.
- ▶ Los **sistemas regionales y mundiales de alerta temprana**, como el Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura y su Sistema de prevención de emergencias.
- ▶ El **Comité de la FAO de Lucha contra la Langosta del Desierto**, que está integrado por 64 países, refuerza las capacidades de los países relativas a la langosta del desierto en materia de seguimiento, control, planificación de contingencias, capacitación e inocuidad para el medio ambiente en casi 30 países.

La función del comercio en la adaptación y la mitigación

Tanto para la adaptación al cambio climático como para la mitigación del mismo, es importante que el sistema de comercio internacional sea eficiente. El cambio climático puede tener efectos de largo alcance en los modelos de producción mundial y en las pautas del comercio internacional de productos alimenticios y agrícolas. El comercio puede formar parte de las estrategias de adaptación para las regiones perjudicadas por el cambio climático. Deberían minimizarse las restricciones al comercio, como los aranceles y los obstáculos de otro tipo, que limitan la respuesta de la producción agrícola mundial ante los cambios de la oferta y la demanda en un contexto de cambio climático. Sin embargo, como se prevé que los efectos empeoren en las regiones situadas a latitudes bajas (véase el Capítulo 2), es probable que el cambio climático agrave los desequilibrios existentes entre el mundo desarrollado y el mundo en desarrollo. El cambio climático pone de relieve la necesidad de ayudar a los países en desarrollo a hacer frente a los aumentos de los precios de los alimentos y la energía, así como a la volatilidad del abastecimiento de alimentos.

Los actuales marcos de políticas comerciales están lejos de ser compatibles con el cambio climático. Por ejemplo, no queda clara la influencia de las medidas comerciales en las negociaciones internacionales sobre la estabilización del cambio climático. No se ha llegado a ningún consenso sobre si las normas comerciales vigentes de la Organización Mundial del Comercio (OMC) pueden promover el compromiso con los objetivos relativos al cambio climático, o si ponen en peligro las soluciones mutuamente convenidas para hacer frente al mismo (Early, 2009). En realidad, se podrían impugnar diferentes tipos de políticas sobre mitigación del cambio climático, con arreglo a las normas de la OMC, si llegara a

considerarse que distorsionan el comercio. Ello podría aplicarse, por ejemplo, a los pagos por servicios medioambientales, como la fijación de carbono en los bosques y el suelo; las políticas que se aplican como medidas unilaterales, como los impuestos sobre el carbono o los sistemas de comercio con fijación previa de límites máximos; y las medidas conexas de ajuste fronterizo que imponen derechos de aduana para los productos procedentes de países que no realizan esfuerzos comparables de mitigación, en función del contenido de

carbono de los productos o los métodos de producción.

Un paso importante para lograr un acuerdo internacional sobre la armonización de las normas comerciales y los objetivos relativos al cambio climático consistirá en responder a la preocupación por que las medidas relativas al cambio climático puedan distorsionar el comercio o que las medidas comerciales puedan entorpecer el logro de mayores progresos con respecto al cambio climático (Wu y Salzman, 2015). ■

CONCLUSIONES

En las CPDN que se presentaron en preparación de la COP21, un gran número de países desarrollados y en desarrollo manifestó claramente su determinación de garantizar que los sectores de la agricultura respondan de forma eficaz ante el cambio climático, tanto en relación con la adaptación como con la mitigación. Es preciso que esta determinación se materialice en medidas concretas con el apoyo de un entorno institucional y de políticas que sea favorable y de la cooperación regional e internacional. En esta situación, los planes de acción deberían basarse en el reconocimiento de que existen importantes sinergias y compensaciones recíprocas entre la mitigación, la adaptación, la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales. Para poder obtener beneficios conjuntos es necesario que todos los sectores pertinentes estén coordinados.

Desafortunadamente, la coordinación y consonancia entre los planes de desarrollo agrícola y las medidas que abordan el cambio climático y otros problemas medioambientales son, en general, inexistentes. Ello está dando lugar a la utilización ineficiente de los recursos e

impide la ordenación integrada de los mismos, necesaria para hacer frente a las amenazas del cambio climático, garantizar la mejora de la productividad en la producción de alimentos y potenciar la resiliencia de los hogares vulnerables. Al mismo tiempo, debería reconocerse que las evaluaciones de los efectos del cambio climático están rodeadas de incertidumbre y se ven dificultadas por un gran desconocimiento. Con vistas a fundamentar mejor las medidas de política, es preciso esforzarse mucho más para mejorar los instrumentos de evaluación y subsanar la falta de conocimientos, por ejemplo, reforzando los sistemas estadísticos y la capacidad de prever el clima y de realizar su seguimiento (Recuadro 24).

Superar la compartimentación entre las políticas sobre adaptación, mitigación, seguridad alimentaria, nutrición y recursos naturales también es esencial a la hora de determinar la financiación necesaria para apoyar la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles y climáticamente inteligentes. En el próximo capítulo se retoma la cuestión de establecer vínculos entre las medidas relativas al cambio climático y las finanzas agrícolas.



CAPÍTULO 6

LA FINANCIACIÓN DE LAS MEDIDAS FUTURAS

DLBISSI, BURKINA FASO

Sacos de pienso animal
proporcionados a través del
centro de distribución de la
FAO en una zona afectada por
la sequía.

©FAO/Issouf Sanogo





DJIBO, BURKINA FASO
Justo después de una fuerte
lluvia en el desierto que se
encuentra entre Djibo y Dori.
©FAO/Giulio Napolitano



MENSAJES CLAVE

1 LA FINANCIACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA MITIGACIÓN del mismo es una parte cada vez mayor, si bien aún relativamente pequeña, de la financiación total para los sectores agrícolas.

2 ES NECESARIO AUMENTAR LA FINANCIACIÓN PARA EL CLIMA con miras a financiar las medidas sobre el cambio climático en la agricultura previstas por los países en desarrollo.

3 SIEMPRE QUE EXISTAN POLÍTICAS Y MARCOS INSTITUCIONALES QUE PROMUEVAN UN CAMBIO PARA LA TRANSFORMACIÓN, la financiación pública internacional destinada a paliar el cambio climático puede actuar como catalizador con el fin de aprovechar mayores flujos de financiación pública y privada destinados a fomentar la agricultura sostenible.

4 LAS LIMITACIONES EN CUANTO A CAPACIDAD OBSTACULIZAN ACTUALMENTE el acceso y el uso eficaz de la financiación para el clima destinada a la agricultura por parte de los países en desarrollo.

5 LOS MECANISMOS FINANCIEROS INNOVADORES pueden fortalecer la capacidad de los proveedores de servicios financieros para gestionar los riesgos relacionados con el cambio climático y ayudar a apalancar inversiones para la agricultura climáticamente inteligente.

LA FINANCIACIÓN DE LAS MEDIDAS FUTURAS

En los capítulos anteriores de este informe se destacaron los beneficios de las intervenciones de mitigación del cambio climático y de adaptación a dicho cambio en los sectores agrícolas. La mayoría de las intervenciones de adaptación requeridas son similares a las intervenciones que promueven el desarrollo agrícola, pero su diseño debe focalizarse en las condiciones climáticas cambiantes y los riesgos, limitaciones y oportunidades correspondientes. Muchas de las prácticas agrícolas propuestas son de costo relativamente bajo y ofrecen beneficios relacionados tanto con la mitigación como con la adaptación, lo que aumenta su eficacia en función del costo.

En el Capítulo 3, se mostró que los costos de las iniciativas de adaptación en la agricultura en pequeña escala serían solo una fracción de los beneficios y, por tanto, justificarían que se hicieran generosas asignaciones de financiación para el clima. Este argumento resulta aún más sólido cuando se consideran los beneficios conjuntos en cuanto a la mitigación que aporta el desarrollo climáticamente inteligente, como se ilustra en el Capítulo 4, y la importancia que los países han dado a la adaptación y la mitigación en la agricultura en sus contribuciones previstas determinadas a nivel nacional, como se expone en el Capítulo 5. En este capítulo se examina el papel de la financiación en la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en los sectores agrícolas, así como la manera en que se puede utilizar más eficazmente la financiación pública, tanto internacional como nacional, para apoyar los esfuerzos de adaptación y mitigación. ■

FINANCIACIÓN PARA EL CLIMA DESTINADA A LA AGRICULTURA

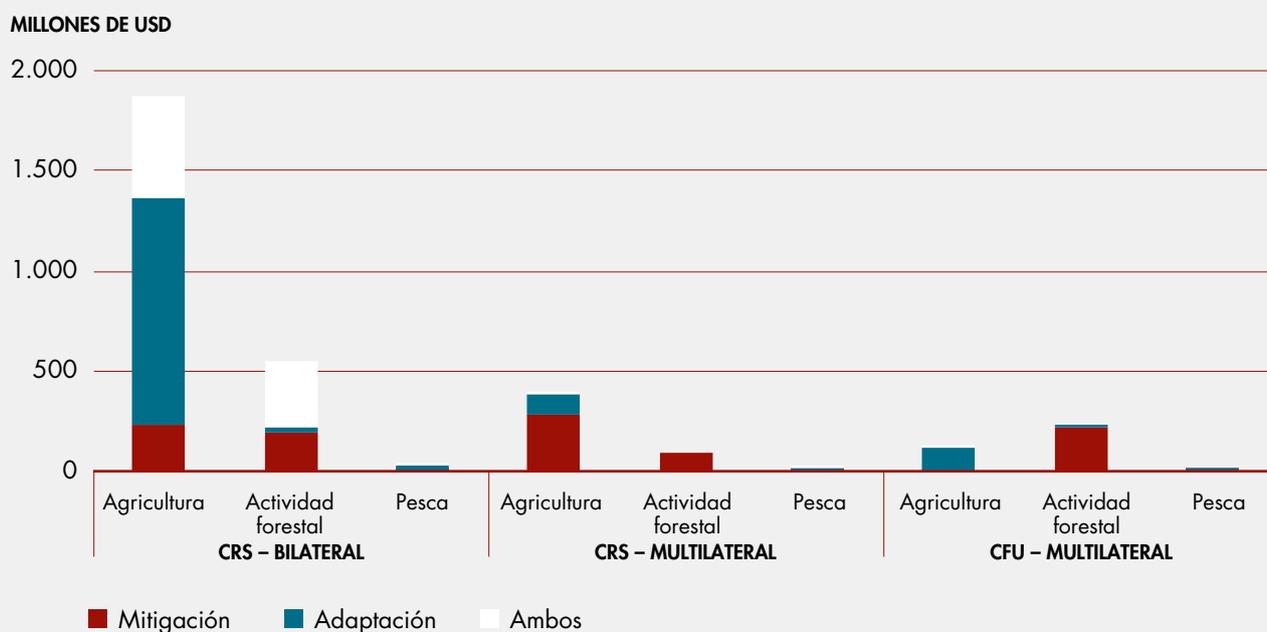
Sigue siendo relativamente pequeña, pero tiene un potencial catalizador

No existe una definición única del término “financiación para el clima”. En general, puede definirse como toda la financiación que, independientemente de su origen, contribuye a objetivos de adaptación al cambio climático o de mitigación del mismo. Resulta útil, no obstante, distinguir entre la financiación de los sectores público y privado, ya que pueden cumplir papeles complementarios en la movilización de recursos para la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo.

Si bien resulta difícil hacer un seguimiento, las estimaciones disponibles sugieren que el sector privado es, con mucho, la mayor fuente de financiación para los esfuerzos de adaptación al cambio climático y mitigación del mismo, ya que contribuyó aproximadamente el 62 % de los 391.000 millones de dólares estadounidenses invertidos para abordar el cambio climático en 2014 (Buchner *et al.*, 2015). Los agricultores, tanto pequeños como grandes, son los que más invierten en agricultura, y suministran muchas veces lo que los gobiernos aportan para infraestructura rural e investigación y desarrollo relacionados con la agricultura. La mayoría de las inversiones agrícolas se financian con recursos nacionales, sean públicos o privados, y solo una pequeña proporción de la financiación proviene de fuentes internacionales (FAO, 2012).

FIGURA 17

PROMEDIO ANUAL DE FINANCIACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL PARA MITIGACIÓN O ADAPTACIÓN, POR SECTOR Y FUENTE, 2010–14



Notas: CRS es el Sistema de notificación por parte de los países acreedores de la OCDE; CFU es la actualización del Fondo para el clima (Climate Fund Update) del ODI. se han hecho algunos ajustes para evitar el doble cómputo. Véanse los detalles en el Anexo del Capítulo 6. FUENTES: Las estimaciones de fondos bilaterales y multilaterales del CRS provienen de la OCDE y las de fondos multilaterales del ODI (2015).

Sin embargo, la financiación pública internacional, a pesar de ser pequeña en cuanto a su magnitud, puede actuar como un catalizador que apalanca financiación e inversiones privadas en agricultura, incluidas las inversiones relacionadas con el clima.

Con niveles bajos iniciales, la financiación pública internacional para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo en la agricultura, la actividad forestal y la pesca ha aumentado sustancialmente desde 2002. A finales de 2014, había alcanzado casi 4.000 millones de dólares estadounidenses (Norman y Hedger, 2016), y alrededor del 12 % del total de la asistencia oficial para el desarrollo (AOD) se había comprometido para inversiones relacionadas con el clima (OCDE, 2015a). Esto es solo una fracción del total de los fondos públicos nacionales que los países en desarrollo dedican a la agricultura, que ascendieron a aproximadamente 252.000 millones en 2012¹².

No obstante, cuando se emplea en forma apropiada, la financiación relacionada con el clima puede ayudar a redirigir otras fuentes de financiación para el desarrollo agrícola hacia inversiones en instituciones, tecnologías y prácticas favorables que contribuyen a la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en el sector.

Tendencias en la financiación pública internacional para el clima destinada a la agricultura¹³

La financiación pública internacional para el clima ha evolucionado en consonancia con la índole incremental de los compromisos contraídos en el proceso de la CMNUCC, según

¹² Estimación para alrededor de 100 países en desarrollo que utilizan el IFPRI y ajustado de dólares constantes de 2005 a dólares constantes de 2012 utilizando valores de las Naciones Unidas (2013).

¹³ Esta sección se basa en un documento de antecedentes del Norman y Hedger, 2016 preparado para *El estado de la Alimentación y la Agricultura en el Mundo 2016*.

se describe en el Capítulo 5. Puede considerarse que su “arquitectura” consiste, por un lado, en financiación procedente de organismos financieros bilaterales y multilaterales para el desarrollo destinada a la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo y, por otro, en fondos multilaterales específicos para el clima, tales como el Fondo Verde para el Clima, establecido expresamente para apoyar la acción por el clima. El acento se pone aquí en la financiación que ofrece cada una de estas fuentes para abordar la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en la agricultura (producción de cultivos y ganado), la actividad forestal y la pesca.

Los datos relativos a la escala de los compromisos entre 2010 y 2014 sugieren que la asistencia bilateral para el desarrollo ha sido la fuente dominante de financiación pública internacional para la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en la agricultura, la actividad forestal y la pesca. Los compromisos bilaterales anuales medios fueron de 1.900 millones de dólares estadounidenses para la agricultura, 552,7 millones para la conservación forestal y 37,5 millones para la pesca. La financiación bilateral fue mucho mayor que los compromisos de financiación para el clima de fondos multilaterales (Figura 17).

En el plano mundial, el nivel de apoyo internacional para la mitigación ha superado en gran medida a la financiación para la adaptación (Norman y Nakhooda, 2014). Sin embargo, en los últimos años, se ha producido un cambio hacia la adaptación, especialmente por parte de los donantes bilaterales. Si bien el énfasis está cambiando también en el caso de los fondos multilaterales, en el período 2010-14 estos se dedicaron primordialmente a la mitigación, lo que representó alrededor del 70 % de la financiación en los sectores de la agricultura, la actividad forestal y la pesca. La conservación forestal y REDD+ se han financiado principalmente como una oportunidad para la mitigación, aunque los donantes bilaterales están favoreciendo las intervenciones forestales que apoyan objetivos tanto de mitigación como de adaptación. Los fondos disponibles para la pesca

se dirigen predominantemente a la adaptación y el fomento de la resiliencia.

Existen diferencias en la asignación regional de los fondos para adaptación y mitigación. Hacer estimaciones precisas es difícil debido a que no se ha especificado o queda poco clara la asignación regional de aproximadamente una quinta parte de la financiación bilateral reservada al cambio climático. Entre los fondos restantes, alrededor de un 62 % de la financiación de fondos específicos para el clima se ha dirigido a América Latina y el Caribe, lo que refleja las importantes oportunidades que se han apreciado para reducir las emisiones en el sector forestal de esa región. Los fondos para la adaptación se han concentrado en África subsahariana, la región que es probable que sea la más afectada por el cambio climático, con el 54 % de la financiación específica para el clima aprobada para el período 2010-14. Los donantes bilaterales también han asignado casi la mitad de su financiación destinada a la adaptación a África subsahariana. Si bien los donantes bilaterales han centrado la financiación en los países vulnerables ante la inseguridad alimentaria, los fondos no llegan actualmente a los países más vulnerables. Esto refleja las preocupaciones de los donantes en cuanto a la capacidad de dichos países de absorber la asistencia para el desarrollo y obtener sus beneficios.

Los donantes bilaterales y los fondos específicos para el clima informan de que se hace gran hincapié en el desarrollo de capacidades, tales como gestión de políticas, administrativa y de fortalecimiento institucional en todos los sectores agrícolas. Dicho hincapié es más pronunciado en el sector forestal, donde el 57 % de la financiación multilateral y el 75 % de la financiación multilateral específica apoya la gestión de políticas y administrativa, en particular en cuanto a la preparación para REDD+, que ayuda a los gobiernos a desarrollar planes y estrategias nacionales para REDD+. Del mismo modo, en el sector pesquero, el 43 % de los fondos bilaterales para el clima y más del 90 % de los fondos multilaterales para el clima se dedicaron al apoyo a las políticas y el fortalecimiento de las instituciones. »

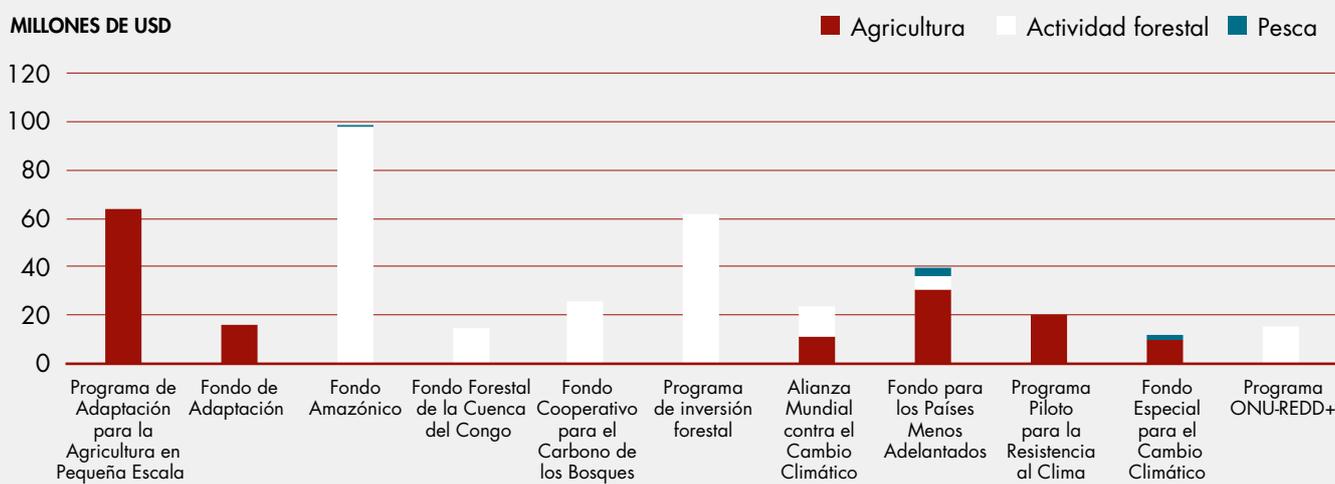
LOS FONDOS ESPECÍFICOS PARA EL CLIMA Y LOS SECTORES DE LA AGRICULTURA

Los fondos multilaterales específicos, si bien son más pequeños que los fondos bilaterales en cuanto al volumen de la financiación, se centran en los resultados de adaptación o mitigación como objetivos primarios, algo que no es necesariamente el caso de toda la financiación bilateral. Los fondos multilaterales apoyan acciones de mitigación del cambio climático y adaptación al mismo que no están cubiertas por los programas de desarrollo existentes que tienen apoyo de la AOD. Por los menos 13 fondos multilaterales específicos para el clima han invertido en proyectos o programas relacionados con la agricultura, la actividad forestal y la pesca desde 2010. Su tamaño presenta notables variaciones (véase la figura). Si bien la financiación bilateral y multilateral para el clima emplea variados instrumentos financieros, predominan las donaciones, especialmente en el caso de los fondos multilaterales específicos para el clima y los donantes bilaterales.

Para la agricultura, los fondos más importantes son el Programa de Adaptación para la Agricultura en Pequeña Escala (ASAP) del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y el Fondo para los Países Menos Adelantados, gestionado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El ASAP, presentado en 2012 para incorporar la adaptación al cambio climático en los programas de inversión del FIDA, centra toda la financiación aprobada en el apoyo a la adaptación de la agricultura en pequeña escala de bajos ingresos al cambio climático. Cuando funciona en conjunto con las operaciones de inversión del FIDA, logra un importante efecto. La experiencia del ASAP ha destacado la necesidad de diseñar en forma conjunta las inversiones desde el inicio, en lugar de “retroadaptar” proyectos de cartera ya avanzados, y la necesidad de garantizar que las intervenciones relacionadas con el clima sean parte integrante del diseño, no solo el objeto de un proceso o paso separado.

El Fondo para los países menos adelantados presta apoyo específicamente a tales países para la adaptación al cambio climático, identificando las principales vulnerabilidades y necesidades de adaptación, así como por medio de la concienciación y el intercambio de conocimientos. Este Fondo ha destinado alrededor del 33 % de su financiación aprobada a resultados relacionados con la agricultura, la seguridad alimentaria y la gestión sostenible de las tierras. La arquitectura que apoya la conservación forestal se ha diseñado en gran medida para apoyar las tres fases de REDD+, desde la Preparación para REDD+ hasta reducciones de emisiones verificadas, con pagos basados en los resultados. Entre los principales fondos multilaterales internacionales destinados a la actividad forestal se incluyen el Programa de inversión forestal, el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Programa ONU-REDD. En el marco del Programa ONU-REDD, se aprobaron en promedio 15,6 millones de dólares estadounidenses al año, mientras que en el marco del Fondo de Preparación del FCPF se aprobaron en promedio 26 millones al año entre 2010 y 2014. Ambos fondos específicos para el clima ofrecen a los países asociados donaciones relativamente pequeñas, de alrededor de 5 millones para actividades de creación de capacidad y preparación. El Programa de inversión forestal ha aprobado en promedio 61,6 millones de dólares al año entre 2010 y 2014, lo que lo convierte en una de las fuentes de financiación más importantes para los bosques. El fondo ofrece financiación puente entre el apoyo temprano en materia de políticas y creación de capacidad y los esfuerzos para demostrar programas exitosos que conducirán a reducciones de emisiones verificadas sobre el terreno. Entre los fondos específicos nacionales y regionales, el Fondo Amazónico es la mayor fuente de financiación pública para programas de conservación forestal en el bioma amazónico.

FONDOS MULTILATERALES ESPECÍFICOS PARA EL CLIMA (PROMEDIO ANUAL DE FINANCIACIÓN COMPROMETIDA POR SECTOR), 2010–14



FUENTE: ODI, 2015.

» La mayor parte de la financiación bilateral y específica multilateral para la agricultura apoya objetivos tanto de desarrollo agrícola como de políticas agrícolas y gestión administrativa, si bien los fondos se reparten entre un amplio abanico de subsectores. Alrededor del 40 % de la financiación bilateral para el clima destinada a la agricultura se reserva en general para el desarrollo agrícola, y los donantes se centran principalmente en el desarrollo rural. Los donantes bilaterales han buscado específicamente apoyar a los pequeños agricultores que pasan de la agricultura de subsistencia a la producción de excedentes comercializables por medio de mejoras en el riego y las cadenas de valor, así como modelos inclusivos de agricultura contractual (Donor Tracker, 2014). Los proyectos específicos para el clima que apoyan la producción de cultivos y ganado con bajas emisiones de carbono y resilientes son escasos; representan solo el 4 % del total de la financiación bilateral comunicada en el caso de la producción de cultivos y 0,1 % en el caso de la ganadería (véanse en el **Recuadro 25** ejemplos de usos de la financiación disponible).

En cuanto a los fondos multilaterales, el FMAM ha sido uno de los principales para financiar la mitigación del cambio climático. El Fondo comunicó a la COP21 que, desde su creación en 1991, había financiado 839 proyectos para la mitigación del cambio climático, por un importe de más de 5.200 millones de dólares estadounidenses en fondos del FMAM en más de 167 países, movilizándolo 32.500 millones en cofinanciación. El FMAM ha tenido por finalidad elaborar enfoques a largo plazo y sostenibles para mantener los bosques. A junio de 2016, el FMAM había prestado apoyo a más de 430 proyectos relacionados con los bosques, con 2.700 millones en donaciones que apalancaron otros 12.000 millones en cofinanciación. La financiación para los bosques está aumentando constantemente. Durante los cuatro años de la quinta reposición de recursos (FMAM-5), se comprometieron exactamente 700 millones de dólares en donaciones. En los dos primeros años de la sexta reposición de recursos (FMAM-6, 2014-18), ya se han facilitado 566 millones en subvenciones a través de 52 proyectos y

programas destinados a mejorar los valores económicos, sociales y ambientales de todo tipo de bosques. Además, el FMAM también ha iniciado un programa integrado por una suma de 45 millones para eliminar la deforestación de las cadenas de suministro de productos.

Necesidades y perspectivas de financiación

En la Figura 17 se muestra que la financiación pública internacional para la adaptación y mitigación en los sectores agrícolas se situó en un promedio de 3.300 millones de dólares estadounidenses anuales entre 2010 y 2014. Las estimaciones del costo de la adaptación en la agricultura son muy variables, pero son en general mucho más elevadas que la financiación internacional para el clima de fuentes públicas disponibles para los sectores agrícolas. El Banco Mundial estima que los costos de la adaptación ascienden a más de 7.000 millones al año solo para los sectores agrícolas. Estos serían los recursos necesarios para inversiones en investigación agrícola, eficiencia y ampliación del riego y caminos, a fin de contrarrestar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de calorías y la malnutrición infantil (Nelson *et al.*, 2010). El costo proyectado sería más elevado si el costo de las mejoras en los servicios de extensión agraria se incluyera en el cálculo como parte de la respuesta ante el cambio climático. La inclusión de los costos de la mitigación de los GEI que no se obtiene como un beneficio conjunto de las prácticas de adaptación añadiría necesidades de financiación por varios miles de millones de dólares estadounidenses al año¹⁴. Resulta claro

¹⁴ Sobre la base del potencial económico de mitigación del IPCC, que se presenta en el Capítulo 4, lograr una reducción de emisiones anuales de 1 Gt CO₂-eq, que es solo una fracción del potencial económico de mitigación con la estimación de costo más bajo de hasta 20 dólares estadounidenses por tonelada de CO₂-eq costaría varios miles de millones de dólares al año. Se calcula que la reducción de las emisiones debidas a la deforestación, que se considera que es una de las opciones más eficaces en función del costo, costaría anualmente entre 4 y 10 dólares por cada tonelada de reducción de CO₂-eq, sin tener en cuenta los costos de transacción (Cattaneo *et al.*, 2010). Si los países mejoran la coherencia de las políticas con los objetivos relacionados con el clima, los costos financieros podrán ser más bajos, pero seguirán existiendo compensaciones recíprocas que requieren financiación.

RECUADRO 26

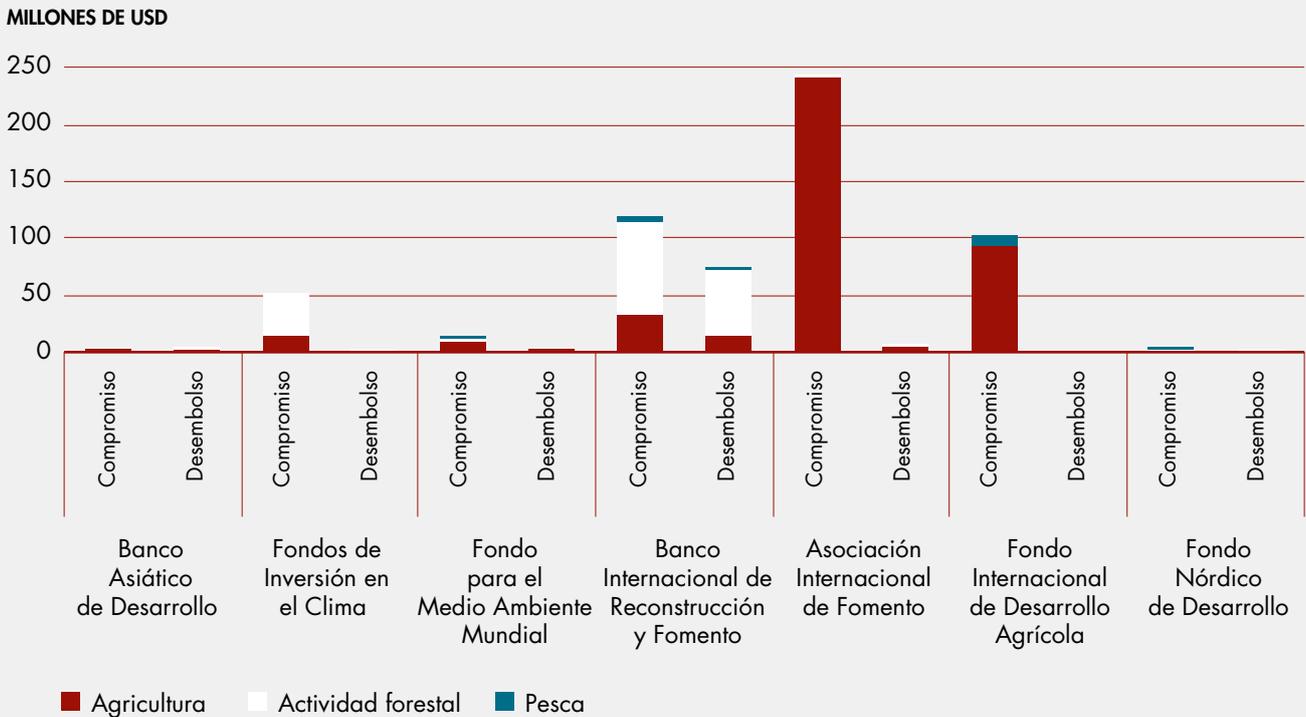
HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA RESILIENCIA EN ÁFRICA SUBSAHARIANA

Como parte de su sexta reposición de recursos, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial ha puesto en marcha un Programa piloto de enfoque integrado que tiene la finalidad de fomentar la sostenibilidad y la resiliencia para la seguridad alimentaria en África subsahariana. El programa, de 116 millones de dólares estadounidenses, tiene por objetivo salvaguardar los servicios ecosistémicos por medio de la promoción de la gestión integrada de los recursos naturales, a través de proyectos en 12 países. Los proyectos ayudarán a los pequeños agricultores a lograr una mayor resiliencia ante el cambio climático por medio de la mejora de la salud de los suelos y el acceso a variedades de cultivos tolerantes a la sequía, el ajuste de los períodos de siembra y las carteras de las cosechas y la mejora de la agrobiodiversidad en las granjas.

Los proyectos contarán con el apoyo de un núcleo regional, que establecerá o fortalecerá los marcos de interesados múltiples en los que participan grupos de agricultores en pequeña escala, entidades del sector privado, los gobiernos e instituciones científicas, a nivel nacional y regional. El proyecto de núcleos identificará, documentará y divulgará mejores prácticas de gestión a fin de fundamentar las políticas regionales y nacionales y aumentar y reducir la escala de los enfoques viables a nivel nacional. El programa piloto está encabezado por el FIDA, en estrecha colaboración con la FAO, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Los países asociados son Burkina Faso, Burundi, Etiopía, Ghana, Kenya, Malawi, Níger, Nigeria, República Unida de Tanzania, Senegal, Swazilandia y Uganda.

FIGURA 18

PROMEDIO ANUAL DE COMPROMISOS Y DESEMBOLSOS MULTILATERALES POR SECTOR, 2010–14



FUENTE: OCDE, 2015a.

- » que los sectores agrícolas necesitarán un aumento en el nivel de financiación que sea proporcional a las necesidades de adaptación y la ambición en cuanto a la mitigación de los países. No es necesario que toda la financiación sea de origen público internacional, si es que pueden apalancarse otras fuentes de financiación existentes (véase la Sección 6.2). Sin embargo, si no se asigna financiación pública internacional para el clima a los sectores agrícolas, resultará muy difícil lograr ese apalancamiento. Aquí se evalúa la posible magnitud de esos fondos en su evolución futura.

El Fondo Verde para el Clima (FVC) es el mayor fondo internacional para el clima, y tiene la finalidad de asignar recursos a la mitigación y la adaptación por igual. En varias CPDN se lo menciona como una fuente clave de fondos.

Al 27 de mayo de 2016, los países habían prometido al FVC alrededor de 10.300 millones de dólares, de los cuales se han transferido al Fondo 9.900 millones. Se espera que esta suma aumente a por lo menos 100.000 millones en financiación anual para el clima destinada a los países en desarrollo de aquí a 2020.

Las inversiones en los sectores agrícolas están en consonancia con las prioridades declaradas del FVC; cuatro de sus ocho efectos estratégicos a nivel del fondo están vinculados directamente con los sectores agrícolas. Esto se refleja además en el hecho de que los sectores agrícolas están incluidos en cuatro de los primeros ocho proyectos aprobados por el FVC en noviembre de 2015, y en cinco de los nueve proyectos aprobados en junio de 2016.

Además del FVC, se anunciaron nuevas promesas en la COP21, celebrada en París en diciembre de 2015. Se han prometido al menos 5.600 millones de dólares para iniciativas o fondos nuevos o existentes que podrían cumplir por lo menos en parte las condiciones para su empleo en apoyo de programas agrícolas, forestales y pesqueros. Se prometieron 12.700 millones adicionales con destino a otros sectores, principalmente de la energía y los seguros, y 126.000 millones se prometieron sin especificar el sector de destino. Sin embargo la información sobre el período de tiempo al que las promesas se refieren es limitada.

Recientemente, ha aumentado el apoyo a los programas y proyectos transversales para los sectores de la actividad forestal y la agricultura. El FMAM anunció nuevos compromisos en materia de financiación para el clima por valor de 3.000 millones de dólares estadounidenses en todas sus esferas de actividad, de los que se dedican por lo menos 300 millones a asuntos marinos y costeros en los próximos cuatro años. Se canalizarán otros 250 millones a través del Mecanismo de incentivos GFS/REDD+ del FMAM, que movilizará 750 millones en subvenciones de otras esferas de actividad para hacer frente a los factores que impulsan la deforestación y la degradación forestal, al mismo tiempo que apoyará la función de los bosques en los planes nacionales y locales de desarrollo sostenible. Se dedicarán alrededor de 45 millones de dólares a hacer frente a los factores mundiales clave que impulsan la deforestación, ampliando el suministro de productos gestionados sosteniblemente, mientras que más de 116 millones ayudarán a mejorar la seguridad alimentaria, reforzar la resiliencia y mejorar la captura de carbono en África subsahariana (Recuadro 26).

El reto de la capacidad: del compromiso a la acción

Si bien las estimaciones no lo establecen con precisión, hay una amplia brecha entre las necesidades de financiación y los recursos disponibles para hacer frente a los riesgos derivados del clima para la agricultura. Sin embargo, la disponibilidad de recursos no es la única restricción que enfrentan muchos países en desarrollo. Muchos encuentran dificultades para acceder a los fondos y para desplegar los recursos que han obtenido de manera eficaz.

La OCDE (2015) señala que los países enfrentan seis dificultades principales a fin de acceder a financiación para la adaptación al cambio climático: a) bajo nivel de conciencia acerca de la necesidad de adaptación y de las fuentes de financiación pertinentes; b) dificultad para cumplir los procedimientos y las normas de los fondos para acceder a la financiación; c) bajo

nivel de capacidad para diseñar y desarrollar proyectos y programas y supervisar y evaluar los progresos; d) disponibilidad de información sobre el clima y acceso a tal información limitados; e) falta de políticas, marcos jurídicos y reglamentarios y presupuestos coherentes; f) falta de prioridades claras determinadas por medio de procesos transparentes, con la participación de múltiples interesados.

También pueden surgir problemas después de haber accedido a los fondos, durante la fase de ejecución. Por ejemplo, la asignación y aprobación de fondos lleva tiempo, y muchos países se hallan ante limitaciones de capacidad para gestionar los fondos de manera eficaz. Las limitaciones incluyen la baja capacidad de absorción de los sistemas de finanzas públicas de los países de ingresos bajos, lo que disminuye la tasa de desembolso.

Los informes de todas las fuentes donantes indican que los compromisos con los sectores agrícolas son mucho más elevados que los desembolsos. Los desembolsos o los fondos que se entregan a un beneficiario o agente de ejecución usualmente están programados para ser entregados durante el ciclo de vida del proyecto, y a menudo quedan retrasados respecto a los niveles de compromiso. Los donantes multilaterales tienen calendarios de desembolso más prolongados, como resultado de largos procesos de aprobación y ejecución de programas, y procesos igualmente largos para la transferencia de fondos. Aunque algunos países han tenido mucho éxito en la consecución de fondos, para la mayoría de ellos las limitaciones respecto a los desembolsos continúan planteando un desafío que también obstaculiza la consecución de objetivos y efectos (véanse la [Figura 18](#) y Norman y Nakhoda, 2014).

A modo de ejemplo de las dificultades que plantea el proceso de aprobación, puede citarse el Fondo Verde para el Clima. Se han aprobado menos proyectos de este fondo de los previstos. La financiación para los primeros ocho proyectos aprobados en noviembre de 2015 ascendió a solo 168 millones de dólares estadounidenses, con un total de costos de

proyecto de 624 millones. La Junta del FVC ha establecido el objetivo de comprometer 2.500 millones de financiación en 2016 y, en junio de 2015, se aprobaron nueve proyectos con un valor de 257 millones en recursos del FVC y un costo total de 585 millones de dólares estadounidenses. El bajo nivel de proyectos aprobados indica las dificultades que enfrenta el FVC como una institución nueva, las limitaciones de capacidad de las entidades de acceso directo y a nivel nacional, las limitaciones de dotación de personal de la secretaría del FVC y los rigurosos requisitos de preparación de proyecto que no distinguían entre diferentes tipos y tamaños de proyecto.

Se han adoptado varias decisiones que deberían agilizar la preparación y aprobación de proyectos del FVC. Se han puesto en marcha un programa de preparación y un programa de apoyo a la preparación para fortalecer las capacidades de las autoridades nacionales designadas y las entidades nacionales, y se han tomado medidas para aumentar el personal del FVC de 45 a 100 personas para finales de 2016. En su reunión de junio de 2016, la Junta del FVC aprobó las directrices operacionales para su Servicio de preparación de proyectos y un procedimiento simplificado para las actividades de microescala y a pequeña escala evaluadas como propuestas de bajo riesgo o sin riesgo. Estos nuevos procedimientos deberían acelerar el proceso de aprobación de proyectos.

Será necesario abordar las limitaciones de capacidad, que afectan tanto a los proveedores como a los receptores de fondos, a fin de que la financiación para el clima destinada a la agricultura tenga un efecto verdaderamente catalizador en cuanto a la mejora de la resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra. ■

LLEGAR LEJOS CON MUY POCO: USO ESTRATÉGICO DE LA FINANCIACIÓN PARA EL CLIMA

La financiación pública internacional destinada al cambio climático probablemente continuará siendo una fracción de la inversión general en agricultura. A fin de lograr efectos en cuanto al aumento de la resiliencia de los sistemas agrícolas o la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la financiación para el clima debe centrarse en el uso de puntos estratégicos clave para dirigir volúmenes de financiación más amplios a los resultados relacionados con el clima. En particular, los fondos públicos deben orientarse hacia:

- ▶ el fortalecimiento del entorno favorable necesario con el fin de superar los obstáculos para la adopción de la agricultura climáticamente inteligente;
- ▶ el apoyo a la incorporación de la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en los presupuestos nacionales;
- ▶ la apertura del capital privado a la inversión en agricultura climáticamente inteligente.

Financiación del entorno propicio para un desarrollo agrícola climáticamente inteligente

La financiación internacional para los sectores agrícolas hace gran hincapié en el desarrollo de capacidades, tales como gestión de políticas y administrativa y fortalecimiento institucional en todos los sectores agrícolas. Al mismo tiempo, las limitaciones de capacidad son un importante obstáculo para la eficacia de todos los mecanismos de financiación para el clima.

Esto es cierto en el caso de fondos tales como el FMAM y el FVC, en los que un importante impedimento para lograr efectos es el alto costo de desarrollo de los proyectos. Sin embargo, incluso después de que se han preparado y aprobado los proyectos, el desembolso de fondos y la maduración de los proyectos también pueden plantear desafíos. Los fondos y programas para la preparación pueden ayudar a reforzar la capacidad de las entidades nacionales y regionales a efectos de recibir y gestionar la financiación para el clima.

Como se destacó en el Capítulo 5, sigue siendo necesario apoyar el desarrollo de políticas e instituciones para facilitar y conseguir inversiones públicas y privadas con destino al desarrollo rural. El cambio climático acentúa la necesidad de contar con instituciones fuertes que apoyen la gestión integrada de los recursos naturales y la acción colectiva. Esto también es así para las políticas y los programas dedicados a la prevención y gestión de determinados riesgos y vulnerabilidades relacionados con el clima, tales como una mayor variabilidad de las precipitaciones, los fenómenos meteorológicos extremos y los brotes de plagas de las plantas y enfermedades de los animales. Los sistemas de alerta temprana y los mecanismos para compartir información a lo largo de la cadena de valor de los alimentos serán esenciales para el éxito del desarrollo agrícola climáticamente inteligente.

Las políticas e instituciones que ofrecen información e incentivos apropiados a los productores de alimentos a menudo muestran debilidades en la respuesta a los fenómenos extremos relacionados con el clima o en la superación de obstáculos para la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes. En el primero de estos casos, los programas de protección social diseñados cuidadosamente, que garantizan un ingreso mínimo o acceso a alimentos, pueden desempeñar un papel importante dentro de una estrategia más amplia de gestión del riesgo agrícola. Como se expuso en el Capítulo 3, resultará importante mejorar el acceso de los pequeños agricultores a los servicios financieros para apoyar sus esfuerzos destinados a hacer frente al cambio climático.

INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS EVALUACIONES ECONÓMICAS

El Ministerio de Agricultura y Cooperación de Tailandia ha impulsado el esfuerzo de incorporación en el presupuesto nacional, pasando de una evaluación cualitativa de la pertinencia respecto del clima de las políticas y los programas a un enfoque cualitativo, en el que se usa un análisis de costos y beneficios. Las tasas de costo-beneficio para una política determinada se recalculan tomando en cuenta el efecto y los costos relacionados del cambio climático. La diferencia entre la tasa de costo-beneficio en un escenario de cambio climático y un escenario en el que todo sigue igual arroja una puntuación de pertinencia para el cambio climático, que da a los responsables de la formulación de políticas y los administradores una indicación del cambio en la importancia de un programa particular si se incluye el cambio climático en el cálculo. Los análisis experimentales sugieren que la consideración del cambio climático aumenta el beneficio de los programas gestionados por el Ministerio entre un 10 % y un 20 %. Los resultados también destacan que

existen oportunidades para mejorar el diseño (Gobierno de Tailandia, 2014). Una evaluación de una importante inversión nueva en distribución y desvío de agua mejorados no solo permitió perfeccionar la justificación del presupuesto para el proyecto, sino que además fundamentó el rediseño de canales de desvío y sistemas de control de inundaciones (PNUD, 2015).

En Camboya, la experimentación de un enfoque similar en el Ministerio de Agricultura, Actividad Forestal y Pesca sugiere que la eficacia de los programas administrados por el Ministerio podría mejorarse considerablemente cuando se tiene en cuenta el cambio climático. El análisis podría respaldar las peticiones de financiación del Ministerio de Economía y Finanzas, que introdujo en 2016 un requisito en las directrices para el presupuesto nacional de que se señalaran programas pertinentes para el clima (véase Cambodia Climate Change Alliance, 2015 y Gobierno de Camboya, 2016).

En un entorno favorable más adecuado, la financiación pública, también limitada, puede actuar como catalizador para galvanizar los compromisos que procedan de otras fuentes de los sectores público y privado. La amplia coalición de organizaciones no gubernamentales y empresas privadas que firmaron la Declaración de Nueva York sobre los Bosques en 2014 es un ejemplo de la función catalizadora que puede desempeñar la financiación pública. La coalición tiene por objetivo reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero entre 4,5 y 8,8 Gt por año (Conway *et al.*, 2015). Es probable que la financiación pública de los esfuerzos para reducir las emisiones debidas a la deforestación haya contribuido a catalizar esta participación del sector público disminuyendo los riesgos relacionados con la participación de los países y mejorando la preparación de estos últimos en cuanto a los marcos institucionales necesarios.

Uno de los principales objetivos expresados por el sector privado en la declaración es eliminar, de aquí a 2020, la deforestación relacionada con la obtención de productos agrícolas, tales como aceite de palma, soja, papel y productos de carne de vacuno. Algunos grandes inversores

institucionales también están redirigiendo las inversiones para alinearlas con objetivos relacionados con el clima, como pueden ser la reducción de las emisiones debidas a la deforestación. Por ejemplo, el Fondo Noruego de Pensiones ha comenzado a vender sus acciones en empresas relacionadas con la producción no sostenible de aceite de palma, lo que puede considerarse una alineación de la financiación privada con los objetivos mundiales de mitigación del cambio climático.

La incorporación del cambio climático en los presupuestos nacionales

Los presupuestos de los gobiernos nacionales son una fuente esencial de financiación pública relacionada con el clima. Constituyen una fuente de inversión pública en agricultura mucho más significativa que los proveedores de financiación pública internacional para el clima. No existe una evaluación exhaustiva que haga un seguimiento de la financiación para el clima procedente de los

presupuestos nacionales, y no hay un sistema de clasificación acordado de la asignación de presupuestos nacionales para el clima que permita realizar comparaciones o agregaciones.

No obstante, los datos empíricos de 11 países indican que los recursos internos son una parte importante y, en algunos casos incluso una parte dominante, del gasto en cambio climático (PNUD, 2015). Además, puede haber fondos de desarrollo rural que, en sentido estricto, no corresponderían a la categoría de financiación para el clima pero que son “pertinentes para el clima”, en el sentido de que, mediante la consecución de otros objetivos de política, pueden influir en los resultados relativos al cambio climático en esferas tales como la resiliencia o los niveles de emisión de gases de efecto invernadero.

A los efectos de poder alcanzar los objetivos de las políticas relacionadas con el clima, es necesario que los presupuestos nacionales destinados a las inversiones agrícolas reflejen la integración sistemática de consideraciones relativas al cambio climático en las políticas y la planificación, como se apunta en el Capítulo 5. Al respecto, las políticas de apoyo agrícola deben considerarse en el contexto más amplio de las políticas sobre el clima. Por ejemplo, las subvenciones a los insumos pueden inducir al uso ineficiente de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y aumentar la intensidad de emisiones de la producción.

En un metaanálisis del gasto público pertinente para el clima y de estudios institucionales realizados en 20 países de África, Asia y el Pacífico se destaca el hecho de que la agricultura ocupa un lugar muy prominente, seguido solo por las obras públicas y el transporte, siendo el agua y el riego otra esfera destacada en el gasto. Una importante proporción del gasto pertinente para el clima se canaliza a través de los gobiernos locales. El uso eficaz de los fondos canalizados de este modo requiere una coordinación adecuada con las políticas nacionales y mejores capacidades para la ejecución a nivel local. En el estudio se demostró que, si bien los países habían logrado importantes progresos en el establecimiento de políticas nacionales sobre el clima, la integración con las políticas sectoriales y subnacionales había sido limitada, lo que daba lugar a una falta de

coherencia en la forma de abordar el cambio climático. También se carecía de mecanismos para garantizar que las prioridades de las políticas se reflejaran en los programas de gasto público, así como faltaban marcos para evaluar el desempeño del gasto en cambio climático (si bien se habían notado algunos progresos en este campo). Al igual que en el caso de los mecanismos de financiación internacionales, la capacidad tanto técnica como operativa sigue siendo un reto global en muchos contextos (PNUD, 2015).

El estudio del PNUD recomienda que, a fin de garantizar la plena incorporación del cambio climático en el gasto público, se adopte un marco amplio de financiación para el clima o fiscal que incluya: planificar y calcular los costos de las estrategias y medidas sobre el cambio climático a medio y más largo plazo; emplear un enfoque que cubra todo el sector público en el que participen todos los interesados pertinentes; incluir las fuentes públicas de financiación para el cambio climático (nacionales e internacionales) en la planificación y el sistema presupuestario nacionales a través de sistemas de los países; alinear las fuentes privadas de financiación para el cambio climático con el marco general de las políticas. Varios países han logrado progresos en el fortalecimiento de sus mecanismos de evaluación de inversiones para integrar el cambio climático (Recuadro 27).

Los datos de los estudios de país destacan la necesidad de desarrollar capacidad para que los gobiernos puedan avanzar hacia la integración sistemática de la acción para el cambio climático en sus presupuestos (PNUD, 2015).

La financiación específica para el clima debería apoyar el fortalecimiento de los sistemas nacionales y la capacidad para la incorporación. Esto comprende:

- ▶ reexaminar los procesos de planificación y presupuestación y las funciones institucionales relacionadas, para identificar y resolver los cuellos de botella, los cuales obstaculizan un planteamiento integrado ante el cambio climático;
- ▶ fortalecer la capacidad de las instituciones y los interesados pertinentes a nivel nacional y

subnacional, en particular los conocimientos especializados técnicos y funcionales necesarios para traducir las políticas a programas y presupuestos y para hacer un seguimiento y evaluación del desempeño;

- ▶ mejorar los marcos de transparencia para demostrar resultados y asegurar la rendición de cuentas.

También se requiere trabajar más a fondo para mejorar las metodologías de los análisis y evaluaciones de la eficacia del gasto público pertinente para el clima, y desarrollar directrices y herramientas prácticas que los países puedan adaptar a sus circunstancias específicas, con inclusión de la integración del cambio climático en los análisis de la eficacia en función del costo y la evaluación de las inversiones. Al definir los mecanismos de diseño y evaluación de inversiones apropiados para un país, los gobiernos también pueden aprovechar la experiencia de las instituciones financieras internacionales que ya han elaborado enfoques y protocolos para incorporar el cambio climático en sus carteras (Recuadro 28).

Los esfuerzos para mejorar la integración del cambio climático en los presupuestos nacionales siempre deben estar en consonancia con los esfuerzos en curso para fortalecer la gestión de la financiación y el gasto público. Al igual que el cambio climático no debe considerarse una cuestión autónoma, la incorporación del cambio climático en los presupuestos se debe abordar en el contexto de los sistemas generales de gestión financiera de un país.

La apertura del capital privado a la inversión para la agricultura climáticamente inteligente¹⁵

La inversión privada es la fuente más importante de inversión en agricultura (FAO, 2012). Sin embargo, como se expuso en el Capítulo 3, la

falta de acceso a fondos adecuados y suficientes, que podrían liberar el pleno potencial de la inversión privada, sigue siendo una limitación importante para los pequeños productores y las empresas agrícolas pequeñas y medianas (pymes). Las principales dificultades son los costos de transacción de los préstamos a clientes de pequeña escala y geográficamente dispersos, que cuentan con escasos conocimientos financieros o no los tienen, las lagunas de información y las asimetrías en cuanto a qué constituye una propuesta de financiación viable en la agricultura y la gestión de los riesgos reales o percibidos. Una de las principales dificultades, que se verá exacerbada por los aumentos esperados en la variabilidad del clima, es la incapacidad tanto de los agricultores como de las instituciones de préstamo para gestionar adecuadamente los efectos de la estacionalidad en los flujos de efectivo.

El ajuste de los sistemas de producción de alimentos para responder al cambio climático requerirá inversiones iniciales sustanciales para aumentar la productividad de los agricultores y su capacidad para adaptarse, reduciendo al mismo tiempo la intensidad de emisiones de la producción. Esto requiere no solo un aumento importante en la cantidad de capital disponible sino también vencimientos más prolongados (de 5 a 7 años) y calendarios de reembolso más flexibles que se ajusten a los flujos de efectivo. Ello permitiría que los agricultores realizaran las inversiones necesarias para mantener los rendimientos corrientes, producir más alimentos con menos tierras y adoptar prácticas y tecnologías que aumentarían la resiliencia y reducirían al mismo tiempo las emisiones.

La financiación para el clima puede ayudar a abordar las limitaciones que impiden que los proveedores de servicios financieros ofrezcan los tipos de servicios financieros que requieren los pequeños productores y las pymes para realizar inversiones climáticamente inteligentes. Puede desempeñar una función catalizadora al liberar otras fuentes de capital privado y apoyando al sector agrícola para que se convierta en parte de la solución al cambio climático. La financiación para el clima, si salva la brecha

15 Basado en Banco Mundial (2016).

de financiación y cataliza inversiones que no se producirían en ausencia de las condiciones favorables correctas, puede fortalecer los mecanismos de gestión de riesgos, fomentar el desarrollo de productos financieros apropiados y responder a las limitaciones de capacidad tanto de los prestamistas como de los prestatarios. Por medio del apoyo estratégico, la financiación para el clima puede poner de manifiesto la viabilidad de las inversiones agrícolas climáticamente inteligentes ante los inversionistas privados y los bancos que siguen mostrándose reticentes a extender sus préstamos a la agricultura.

En particular, la financiación para el clima puede apoyar el diseño de *mecanismos innovadores* para apalancar fuentes de capital adicionales, de fuentes tanto públicas como privadas, que se pueden dirigir hacia inversiones climáticamente inteligentes. Estos mecanismos comprenden:

- ▶ el fomento de las asociaciones público-privadas para aprovechar los recursos, los conocimientos especializados y las capacidades de diferentes interesados. Estas asociaciones pueden salvar la brecha entre los posibles inversionistas y las pymes, o bien los agricultores que no pueden, individualmente, ni acercarse a los inversionistas ni presentar un argumento válido en favor de sus propuestas de inversión;
- ▶ diseñar y probar experimentalmente vehículos de inversión innovadores que pueden ayudar a atraer capital adicional diversificando y gestionando el perfil de riesgo de rendimiento de diferentes inversionistas (por ejemplo, estructuras de capital estratificadas en las que la financiación pública puede absorber los riesgos del cambio climático o aplazar los reembolsos de manera que coincidan más con los flujos de efectivo de los proyectos);
- ▶ apoyar el desarrollo y la agrupación de una variedad más amplia de instrumentos financieros para aumentar la eficacia y ofrecer soluciones más holísticas y abarcadoras. Tales instrumentos comprenden los productos de seguro, certificados de almacenamiento y la financiación de la cadena de valor.

La financiación para el clima también podría financiar la asistencia técnica que resulta de importancia crítica a fin de que los agentes del sistema financiero mejoren su capacidad para gestionar los riesgos agrícolas, y para abordar los requisitos específicos de los pequeños productores y las pymes, cuyas habilidades de negocios y gestión financiera también se podrían reforzar, de manera que puedan aprovechar las nuevas opciones de financiación. El apoyo en materia de capacidades debería centrarse en reforzar las habilidades de los prestadores y los prestamistas para identificar y aplicar inversiones que mejoren la resiliencia ante el clima y, donde sea posible, contribuyan a reducir las emisiones. El apoyo en materia de capacidad para los prestamistas debería centrarse en profundizar su comprensión de los riesgos de los sectores agrícolas y en desarrollar productos y servicios financieros agrícolas especiales para apoyar las inversiones.

Los costos de transacción continuarán siendo una dificultad para la financiación agrícola en el futuro previsible. No obstante, si se aprovechan las ventajas de la tendencia hacia los servicios financieros móviles, la financiación para el clima puede apoyar y reforzar aún más el desarrollo y la implantación de aquellos servicios que abordan las necesidades de los pequeños productores y las pymes en cuanto a inversiones climáticamente inteligentes en zonas remotas. ■

INCORPORACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS INTERNACIONALES

A medida que la importancia del cambio climático y su índole transversal ha ido logrando reconocimiento en la comunidad del desarrollo, las instituciones financieras internacionales han comenzado a desarrollar enfoques, herramientas y protocolos específicos para integrar las consideraciones relativas al cambio climático en la planificación y la ejecución. Los compromisos públicos conjuntos recientes destacan la convergencia en torno a principios clave y mayor ambición. En diciembre de 2015, un grupo de 26 importantes instituciones financieras adoptaron cinco principios voluntarios, los “Principios para incorporar la acción por el clima en las instituciones financieras” (Banco Mundial, 2015):

- ▶ comprometerse con las estrategias para el clima;
- ▶ gestionar los riesgos derivados del clima;
- ▶ promover objetivos climáticamente inteligentes;
- ▶ mejorar el desempeño en relación con el clima; y
- ▶ rendir cuentas por la acción por el clima.

El ejemplo del Banco Mundial ilustra enfoques de aplicación específicos. La Asociación Internacional de Fomento (AIF), la parte del Banco que presta ayuda a los países más pobres del mundo, se ha comprometido a incorporar las consideraciones relativas a los riesgos climáticos y de desastres en el análisis de las dificultades y prioridades de los países en cuanto al desarrollo y en los programas resultantes. En todas las operaciones nuevas, se estudian los riesgos de cambio

climático y de desastres a corto y a largo plazo y, en aquellos casos en que existen riesgos, estos se abordan con medidas de resiliencia apropiadas. Se han desarrollado herramientas de estudio para el nivel de las políticas nacionales, junto con herramientas para el nivel de los proyectos y una herramienta específica para la agricultura. Las herramientas tienen la finalidad de aumentar la eficacia y longevidad de las inversiones. A los efectos de complementar el estudio y de facilitar el desarrollo de soluciones apropiadas, el Banco Mundial, en asociación con una amplia variedad de organizaciones, también ha aumentado la disponibilidad de conjuntos de datos, herramientas y conocimientos destinados a apoyar la planificación para el desarrollo climáticamente inteligente. El estudio de riesgos climáticos ahora se aplica a todos los proyectos de la AIF, y se ampliará a otras operaciones del Banco Mundial a principios de 2017. El Plan de acción para el cambio climático 2016 del Banco reconoce que el cambio climático plantea una amenaza para su misión esencial de reducir la pobreza y establece el compromiso de avanzar de la detección temprana a la planificación ex-ante desde la perspectiva del clima, en apoyo de la aplicación de las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional y las contribuciones determinadas a nivel nacional de los países (Banco Mundial, 2016).

CONCLUSIONES

Hay muchas acciones necesarias para fortalecer el entorno favorable de las inversiones agrícolas climáticamente inteligentes, incorporar las consideraciones relativas al cambio climático en las asignaciones y la aplicación de los presupuestos nacionales y liberar el capital privado para el desarrollo agrícola climáticamente inteligente. La financiación internacional para el clima se puede usar de manera estratégica con el fin de apalancar fondos públicos nacionales y financiación del sector privado, así como otros recursos públicos internacionales.

Todavía no resulta claro qué proporción de las nuevas promesas destinadas a la financiación para el clima se dedicará a apoyar la acción por la adaptación y la mitigación en los sectores agrícolas, pero las sumas pueden ser

importantes. La transición a sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles, resilientes y climáticamente inteligentes requiere la adaptación al cambio climático y un compromiso con la mitigación del cambio climático en todos los sectores agrícolas. La transición dependerá de la acción de los responsables de la formulación de políticas, la sociedad civil, los agricultores, los ganaderos, los trabajadores forestales y los pescadores, así como de los interesados en las cadenas de valor de la alimentación y la agricultura en todo el mundo. Resulta vital garantizar que la financiación para clima que se pone a disposición de los sectores agrícolas sea proporcional a la función que debe cumplir el sector para garantizar la seguridad alimentaria y responder al desafío del cambio climático hoy y en el futuro.

ANEXO

DATOS SOBRE FINANCIACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL PARA EL CLIMA DESTINADA A LA AGRICULTURA, LA ACTIVIDAD FORESTAL Y LA PESCA

Los datos que se presentan en el Capítulo 6 se utilizan a fin de comprender la financiación pública internacional para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo en el sector agrícola. Estos son el Sistema de notificación por parte de los países acreedores de la OCDE (CRS) y el Climate Funds Update (Información actualizada sobre fondos para el clima, CFU) del Instituto de Desarrollo de Ultramar (ODI) del Reino Unido.

Los datos del CRS abarcan algunos fondos específicos para el clima, así como compromisos bilaterales y multilaterales dirigidos a la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo. Los datos del CFU se centran en fondos multilaterales específicos para el clima, que se han establecido expresamente con la finalidad de abordar el cambio climático. En lo relativo a la financiación para el clima específica dirigida al sector agrícola, el CRS incluye muchos, aunque no todos, los fondos específicos para el clima que se consideran en el CFU. Los datos del CRS también incluyen la porción relacionada con el clima de los fondos de desarrollo general de instituciones multilaterales, mientras que los datos del CFU no incluyen financiación de fondos generales de desarrollo (véase el Cuadro). El CRS incluye fondos de donantes bilaterales, mientras que estos quedan fuera del ámbito del CFU.

Al igual que con cualquier otro conjunto de datos, el uso de los datos del CRS y CFU para comprender la financiación pública

proceden de dos conjuntos de datos que se internacional de los proyectos relacionados con el clima en el sector agrícola presenta algunas claras limitaciones. En ambos conjuntos de datos se consideran algunos de los mismos fondos para el clima. Por lo tanto, para las figuras y los cuadros de este capítulo, que incluyen datos tanto del CRS como del CFU, se ha ajustado en consecuencia cada conjunto de datos (quitando los fondos que se muestran en texto sombreado en el cuadro del conjunto de datos respectivo) de tal modo que se reduzca al mínimo posible el doble cómputo. No resulta posible identificar y, por lo tanto, quitar, los fondos del ASAP de los datos del CRS o del CFU.

Ambos conjuntos de datos también presentan deficiencias en cuanto a su exhaustividad. Por ejemplo, el conjunto del CRS de la OCDE no incluye a todos los países donantes, sino que se limita a la asistencia comprometida por los Estados miembros de la OCDE y, por lo tanto, excluye la asistencia de países como China. Además, se carece de información acerca de la medida en que los proyectos y la financiación notificados están apoyando en su totalidad resultados relacionados con el clima. Se han suscitado numerosos problemas referentes a la manera en que los proyectos se identifican como de apoyo a la adaptación al cambio climático o de mitigación del mismo (Caravani, Nakhlooda y Terpstra, 2014; Michaelowa y Michaelowa, 2011).

COBERTURA DE LOS CONJUNTOS DE DATOS DE FINANCIACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL PARA EL CLIMA INCLUIDOS EN EL CAPÍTULO 6

	Sistema de notificación por parte de los países acreedores (CRS) de la OCDE	Climate Funds Update (CFU) del ODI
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sistema de notificación por parte de los países acreedores (CRS) de la OCDE 	
Fondos específicos para el clima	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Programa de inversión forestal (FIP) ▶ Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA) ▶ Programa Piloto de Resiliencia Climática (PPCR) ▶ Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fondo de Adaptación (AF) ▶ Fondo Amazónico ▶ Fondos Forestales de la Cuenca del Congo (FFCC) ▶ Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF) ▶ Alianza Mundial contra el Cambio Climático (AMCC) ▶ Programa ONU-REDD
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fondo para el Medio Ambiente Mundial – Todas las esferas de actividad 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Programa de inversión forestal (FIP) ▶ Fondo para los Países Menos Adelantados (FPMA) ▶ Programa Piloto de Resiliencia Climática (PPCR) ▶ Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC)
Demás asistencia multilateral para el desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) ▶ Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) ▶ Asociación Internacional de Fomento (AIF) ▶ Banco Asiático de Desarrollo ▶ Fondo Nórdico de Desarrollo 	No aplicable
Asistencia bilateral para el desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compromisos de miembros y no miembros del CAD de la OCDE 	No aplicable

FUENTES: OCDE (2015a) y ODI (2015).



ANEXO ESTADÍSTICO

ANEXO ESTADÍSTICO

NOTAS SOBRE LOS CUADROS DEL ANEXO

LEYENDA

En el cuadro se utilizan los siguientes signos convencionales:

.. = no se dispone de datos

0 ó 0,0 = nulo o insignificante

celda vacía = no se aplica

Las cifras presentadas en los cuadros pueden diferir de las fuentes originales de los datos por haberse redondeado o como consecuencia del procesamiento de los datos. Para separar los decimales de los enteros se usa una coma (,).

NOTAS TÉCNICAS

CUADRO A.1

Cambios previstos en el rendimiento de cultivos debido al cambio climático en todos los lugares del mundo

Fuente: Los datos son los mismos que los empleados en Porter *et al.* (2014) y Challinor *et al.* (2014). En el sitio web <http://www.ag-impacts.org> se encuentra disponible una versión actualizada de los datos.

Notas: Los estudios proceden de un análisis estudio de las publicaciones, que comprendió modelos basados en procesos estadísticos. Existen notables variaciones metodológicas entre los estudios, los cuales se basan en diferentes modelos climáticos, niveles de emisiones y modelos de cultivo. En algunos estudios se incluye la adaptación, mientras que en otros no.

En **Referencia** figuran el autor o autores y el año del estudio que contiene las estimaciones del cambio en el rendimiento de los cultivos. Las citas completas se proporcionan en el apartado Referencias del informe principal.

Ubicación geográfica es la provincia, estado, país o región a la que hace referencia la estimación del cambio en el rendimiento de los cultivos, y utiliza los términos y las clasificaciones geográficas del conjunto de datos original. Algunas estimaciones hacen referencia a todo el mundo. Se utiliza la notación siguiente: (1) se considera que la estimación se refiere a una ubicación en una región desarrollada; (2) la estimación se refiere a una ubicación en una región en desarrollo; y (3) la ubicación es mundial o no se especifica.

Período hace referencia al año intermedio de las previsiones, que se calcula desde el primer año hasta el último año de la simulación, y representa el período de tiempo al que dicho año pertenece. Por ejemplo, las estimaciones de un estudio redactado en 2010 pueden ser previsiones para 2050 y 2080; es este caso se considera que el punto medio es 2065 y las estimaciones se agrupan en consecuencia en el conjunto 2050-69.

En **Cultivos** (cambio previsto en el rendimiento) se registran los cultivos o grupos de cultivos y, entre paréntesis, las estimaciones de los cambios inducidos por el cambio climático en los respectivos rendimientos. En algunos estudios se registra más de una estimación para una ubicación, período de tiempo y cultivos dados; ello se debe al empleo de más de una combinación de modelos climáticos y niveles de emisión y a si se da o no adaptación.

CUADRO A.2**Emisiones y absorciones netas de la agricultura, los bosques y otros usos de la tierra en dióxido de carbono equivalente, 2014***Fuente:* FAO, 2016.

Las **emisiones de la agricultura** se expresan en dióxido de carbono (CO₂) equivalente y están compuestas por metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), producidos por los procesos de descomposición aeróbica y anaeróbica que tienen lugar en las actividades de producción y gestión pecuaria. Se calculan mediante métodos de Nivel 1, de acuerdo con las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Las emisiones se estiman como el producto de un grado de actividad (como el número de cabezas de ganado, la superficie cosechada, la aplicación de fertilizantes u otras actividades) y un factor de emisión definido por el IPPC. Las emisiones se dividen en los dominios siguientes: quema de residuos de cosecha (CH₄ y N₂O); quema de sabana (CH₄ y N₂O); residuos de cosecha (N₂O); cultivo de suelos orgánicos (N₂O); fermentación entérica (CH₄); gestión del estiércol (CH₄ y N₂O); remanente de estiércol en los pastizales (N₂O); estiércol aplicado a los suelos (N₂O); cultivo de arroz (CH₄); y fertilizantes sintéticos (N₂O).

Las emisiones y absorciones de los bosques son las emisiones de CO₂ debidas a la degradación de las tierras forestales y las absorciones de carbono (sumidero de carbono) por la tierra que se ha mantenido como tierra forestal desde el año $t - 1$ hasta el año t . A escala de los países, los datos relativos a los bosques pueden ser positivos (emisiones netas) o negativos (sumideros netos).

Las **emisiones debidas a la conversión neta de los bosques** son las emisiones de CO₂ procedentes de la deforestación o de la conversión de tierras forestales a otros usos.

Las **emisiones debidas a la quema de biomasa** están compuestas por los gases producidos por la quema de biomasa de bosques húmedos tropicales, otros bosques y suelos orgánicos. Están compuestas por metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y, solo en el caso de los suelos orgánicos, también dióxido de carbono (CO₂).

Las **emisiones de los suelos orgánicos de tierras de cultivo** son las relacionadas con las pérdidas de carbono originadas por el drenaje de los suelos orgánicos de las tierras de cultivo.

Las **emisiones de los suelos orgánicos de pastizales** son las relacionadas con las pérdidas de carbono originadas por el drenaje de los suelos orgánicos de los pastizales.

CUADRO A.3**Emisiones de la agricultura en dióxido de carbono equivalente por fuente, 2014***Fuente:* FAO, 2016.

Las **emisiones debidas a la quema de residuos de cosecha** están compuestas por el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) que se generan en la combustión de una proporción de los residuos de cosecha en las explotaciones. La masa de combustible disponible para la quema debería estimarse teniendo en cuenta las fracciones absorbidas antes de la quema como consecuencia del consumo de los animales, la descomposición en el terreno y la utilización en otros sectores (por ejemplo, los biocombustibles, los piensos para el ganado doméstico y los materiales de construcción). Las emisiones se estiman como el producto de un factor de emisión definido por el

IPCC y los datos sobre actividad (la cantidad de biomasa quemada, que se calcula a partir de la superficie cosechada de trigo, maíz, arroz y caña de azúcar).

Las **emisiones debidas a la quema de sabana** están compuestas por los gases de metano (NH_4) y óxido nitroso (N_2O) producidos en la quema de biomasa vegetal en los cinco tipos de cubierta terrestre siguientes: sabana, sabana leñosa, matorrales abiertos, matorrales cerrados y pastizales. Las emisiones se calculan como el producto del factor de emisión del IPCC y los datos sobre actividad (masa total de combustible quemado utilizando la Base de datos sobre emisiones mundiales por incendios).

Las **emisiones debidas a los residuos de cosecha** están compuestas por emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N_2O) derivado del nitrógeno (N) contenido en los residuos de cosecha y del que queda en los campos debido a la renovación de los forrajes o pastos. Las emisiones directas se estiman como el producto del grado de actividad (rendimiento de cosecha y superficie cosechada) y un factor de emisión definido por el IPCC. Los cultivos analizados son la cebada, los frijoles desecados, el maíz, el mijo, la avena, las patatas, el arroz, el centeno, el sorgo, la soja y el trigo. También se hace una estimación de las emisiones indirectas; comprenden el N contenido en los residuos de cosecha generados en la renovación de los cultivos de forraje y pasto, que se pierde a través de la escorrentía y la lixiviación.

Las **emisiones debidas al cultivo de suelos orgánicos** son las relacionadas con el gas de óxido nitroso procedente de los suelos orgánicos cultivados (tanto de tierras de cultivo como de pastizales). Las emisiones se estiman como el producto del grado de actividad (superficie de suelos orgánicos cultivados) y un factor de emisión definido por el IPCC.

Las **emisiones debidas a la fermentación entérica** están compuestas por gas metano (CH_4) producido en el aparato digestivo del ganado (tanto de rumiantes como de otros animales). Las emisiones se estiman como el producto del grado de actividad (número de cabezas de ganado) y un

factor de emisión definido por el IPCC. El ganado considerado comprende búfalos, ovejas, cabras, camellos, llamas, caballos, mulas, asnos, cerdos, vacunos lecheros y no lecheros y aves de corral.

Las **emisiones debidas a la gestión del estiércol** están compuestas por gases de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) procedentes de los procesos de descomposición aeróbica y anaeróbica. Las emisiones se estiman como el producto del grado de actividad (número de cabezas de ganado) y un factor de emisión definido por el IPCC. El ganado considerado comprende búfalos, ovejas, cabras, camellos, llamas, caballos, mulas, asnos, patos, pavos, vacunos lecheros y no lecheros, gallinas ponedoras y pollos de engorde y cerdos para la venta y la cría.

Las **emisiones debidas al estiércol que queda en los pastizales** están compuestas por emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N_2O) procedentes del nitrógeno contenido en el estiércol que queda en los pastizales debido al pastoreo del ganado. Los datos relativos al ganado abarcan las siguientes categorías de animales: búfalos, ovejas, cabras, camellos, llamas, caballos, mulas, asnos, patos, pavos, bovinos lecheros y no lecheros, gallinas ponedoras y pollos de engorde, y cerdos para la venta y la cría.

Las **emisiones debidas al estiércol que se aplica a los suelos** están compuestas por las emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N_2O) procedentes del nitrógeno (N) contenido en el estiércol que los agricultores añaden a los suelos agrícolas. Los datos relativos al ganado abarcan las siguientes categorías de animales: búfalos, ovejas, cabras, camellos, llamas, caballos, mulas, asnos, patos, pavos, bovinos lecheros y no lecheros, gallinas ponedoras y pollos de engorde, y cerdos para la venta y la cría.

Las **emisiones debidas al cultivo de arroz** están compuestas por el gas metano (CH_4) emitido por la descomposición anaeróbica de materia orgánica en los arrozales. Las emisiones se estiman como el producto del grado de actividad (superficie de arrozal) y un factor de emisión definido por el IPCC.

Las **emisiones debidas a los fertilizantes sintéticos** están compuestas por las emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N₂O) procedentes del nitrógeno (N) que los agricultores añaden a los suelos agrícolas. Las emisiones se estiman como el producto del grado de actividad (aplicación de fertilizantes nitrogenados) y un factor de emisión definido por el IPCC.

GRUPOS DE PAÍSES Y AGREGADOS REGIONALES

En los cuadros A.2 y A.3 se presentan los grupos de países y los agregados regionales para todos los indicadores, que se calculan para las agrupaciones de países y regiones que se describen a continuación. Los totales del mundo y de las regiones pueden diferir ligeramente de los disponibles en FAOSTAT.

En los cuadros A.2 y A.3, así como en algunas figuras y cuadros del texto, las agrupaciones regionales y la designación de las regiones desarrolladas y en desarrollo siguen una clasificación parecida a la UNSD M94, de la División de Estadística de las Naciones Unidas, disponible en el sitio web <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49.htm>.

La principal diferencia es que los “Países y territorios en regiones desarrolladas”, tal como se emplean aquí, comprenden los países designados como regiones desarrolladas por la clasificación UNSD M49, así como países del Asia central (Kazajstán, Kirguistán, Turkmenistán y Uzbekistán). Los datos relativos a China excluyen los datos correspondientes a Hong Kong (Región Administrativa Especial de China) y Macao (Región Administrativa Especial de China). ■

CUADRO A.1
CAMBIOS PREVISTOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN TODOS LOS LUGARES DEL MUNDO

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Abraha & Savage, 2006	KwaZulu-Natal, (Sudáfrica) (2)	2030/49	Maíz (-10,7, -10,7, -8,7,-8,7, -6,6, -6,6, 5,9, 6,0, 8,1, 8,1, 10,2, 10,3)
Alexandrov y Hoogenboom, 2000	Bulgaria (1)	2010/29	Maíz (-12,0); trigo (11,0, 13,0)
		2050/69	Maíz (-19,0, -1,0); trigo (25,0, 30,0)
		2070/89	Maíz (-18,0); trigo (26,0)
Arndt <i>et al.</i> , 2011	Mozambique central (2)	2030/49	Yuca (-6,2, -3,1); maíz (-5,6, -3,0)
	Norte de Mozambique (2)	2030/49	Yuca (-6,5, -0,1); maíz (-2,9, -1,9)
	Sur de Mozambique (2)	2030/49	Yuca (-3,2, 0,4); maíz (-4,4, -3,9)
Berg <i>et al.</i> , 2013	África e India (2)	2030/49	Mijo (-26,7, -24,1, -22,6, -14,6, -14,1, -13,2, -13,1, -12,4, -11,4, -10,5, -8,7, -7,3, -7,2, -6,8, -6,8, -6,7, -6,2, -6,2, -5,8, -5,6, -5,5, -4,9, -4,8, -4,7, -4,5, -4,4, -4,0, -3,7, -3,6, -3,6, -2,9, -2,8, -2,4, -2,3, -2,1, -1,8, -1,1, 0,0, 0,6, 0,8, 1,3, 2,1, 2,9, 4,1, 11,7, 17,1, 20,3, 30,5)
	África e India (2)	2070/89	Mijo (-90,5, -44,3, -41,0, -25,8, -25,1, -24,6, -23,1, -23,0, -22,5, -22,5, -22,0, -21,5, -20,5, -20,0, -18,4, -18,0, -17,8, -17,4, -17,2, -16,9, -15,3, -14,6, -14,1, -13,6, -12,6, -12,5, -12,4, -11,2, -11,1, -11,0, -10,8, -10,2, -9,2, -8,2, -8,0, -5,7, -5,6, -4,8, -3,8, -3,6, -3,2, 7,9, 18,9, 23,0, 45,8, 48,6, 56,4, 62,2)
Brassard y Singh, 2007	Sur de Quebec (Canadá) (1)	2050/69	Trigo (4,3, 10,7, 24,0); maíz (9,4, 30,2, 31,3)
Brassard y Singh, 2008	Quebec, Canadá (1)	2050/69	Maíz (-6,8, -6,5, -0,6, 1,1, 4,0, 4,1); patata (-18,6, -16,2, -14,4, -12,0, -11,3, -10,8); soja (-5,1, 15,1, 18,7, 39,3, 67,3, 84,8); trigo (-18,9, -3,2, 4,1, 4,2, 11,4, 14,8)
Butt <i>et al.</i> , 2005	Malí, 85 zonas agroecológicas (2)	2030/49	Maíz (-13,5, -11,2, -10,3, -8,6)
Calzadilla <i>et al.</i> , 2009	África subsahariana (2)	2050/69	Trigo (-24,1); cereales en grano (1,1); arroz (3,0)
Chhetri <i>et al.</i> , 2010	Sureste de los EE.UU. (1)	2010/29	Maíz (1,2, 2,0, 2,7, 3,6)
		2030/49	Maíz (4,2, 4,4, 5,7, 6,1)
		2050/69	Maíz (5,3, 5,3, 5,8, 6,0)
Ciscar <i>et al.</i> , 2011	Islas Británicas (1)	2070/89	Trigo, maíz y soja (-11,0, -9,0, 15,0, 19,0)
	Norte de Europa central (1)	2070/89	Trigo, maíz y soja (-8,0, -3,0, -1,0, 2,0)
	Centro de Europa meridional (1)	2070/89	Trigo, maíz y soja (-3,0, 3,0, 5,0, 5,0)
	Europa septentrional (1)	2070/89	Trigo, maíz y soja (36,0, 37,0, 39,0, 52,0)
	Europa meridional (1)	2070/89	Trigo, maíz y soja (-27,0, -12,0, -4,0, 0,0)
Deryng <i>et al.</i> , 2011	Argentina (2)	2050/69	Maíz (-30,3, -26,3, -17,7,-10,0, -9,8, -4,8, -4,6, -2,2); soja (-39,3, -36,1, -24,6, -20,5, -20,5, -19,5, -19,3, -13,2)
	Brasil (2)	2050/69	Maíz (-38,1, -34,6, -28,6, -26,3, -25,2, -23,2, -23,2, -19,2); soja (-32,6, -31,4, -24,2, -24,2, -23,5, -19,7, -19,0, -15,7)

CUADRO A.1
(SIGUE)

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Deryng <i>et al.</i> , 2011	Canadá (1)	2050/69	Maíz (-54,6, -45,2, -36,2, -27,1, 4,9, 5,3, 6,0, 21,6); soja (-66,5, -60,9, -56,2, -46,8, -27,7, -16,9, -11,4, -4,9); trigo (-35,4, -34,5, -22,2, -21,2, -5,1, -3,3, -1,1, -0,7)
	China (2)	2050/69	Soja (-45,9, -43,9, -33,6, -32,5, -13,9, -8,7, -6,7, -6,1); trigo (-29,3, -29,1, -19,2, -18,8, -5,6, -5,5, -4,3, -1,8)
	Francia (1)	2050/69	Maíz (-59,7, -46,2, -43,9, -41,7, -30,3, -27,0, -21,6, -11,6); trigo (-49,1, -42,5, -32,8, -31,3, -25,5, -21,4, -13,7, -0,5)
	Alemania (1)	2050/69	Trigo (-29,0, -26,7, -15,5, -12,6, -8,5, -3,8, 4,0, 8,9)
	India (2)	2050/69	Maíz (-31,0, -28,2, -26,3, -22,9, -19,8, -18,6, -16,9, -14,6); soja (-32,9, -27,8, -24,6, -24,5, -21,8, -20,0, -17,4, -15,5)
	Indonesia (2)	2050/69	Maíz (-11,9, -10,4, -10,3, -8,6, -3,2, -2,8, 0,8, 1,0)
	Kazajistán (1)	2050/69	Trigo (-38,0, -28,0, -22,4, -20,0, -12,3, -8,3, 0,9, 2,4)
	México (2)	2050/69	Maíz (-39,7, -37,0, -29,1, -27,0, -24,6, -23,9, -18,9, -16,0)
	Paraguay (2)	2050/69	Soja (-43,3, -28,8, -28,0, -25,2, -18,0, -17,3, -16,5, -13,6)
	Polonia (1)	2050/69	Trigo (-23,1, -19,6, -11,0, -11,0, 6,5, 8,2, 11,1, 17,6)
	Rumania (1)	2050/69	Maíz (-48,1, -45,7, -30,5, -25,9, -16,9, -13,9, 1,2, 2,5)
	Rusia (1)	2050/69	Trigo (-29,6, -25,2, -24,7, -21,3, -8,5, -6,3, -6,0, 0,3)
	Sudáfrica (2)	2050/69	Maíz (-38,8, -31,4, -29,4, -27,9, -26,0, -22,6, -17,1, -14,6)
	Reino Unido (1)	2050/69	Trigo (-32,9, -31,9, -26,3, -20,1, -8,2, -0,3, 3,4, 4,2)
	Ucrania (1)	2050/69	Trigo (-28,8, -23,1, -21,4, -17,2, -3,5, -2,1, 7,1, 10,3)
	EE.UU. (1)	2050/69	Maíz (-44,7, -30,6, -25,7, -22,8, -18,9, -14,2, -1,3, -0,5); soja (-52,7, -39,3, -36,5, -33,2, -26,6, -24,9, -14,8, -13,1); trigo (-32,6, -23,2, -21,6, -21,0, -17,2, -11,9, -4,3, -2,8)
Giannakopoulos <i>et al.</i> , 2009	Mediterráneo nororiental (Serbia, Grecia y Turquía) (3)	2030/49	Cereales (4,4, 12,5); legumbres (-7,2, -0,9); maíz (-0,6, -0,2); patata (-9,3, 4,4); girasol (-5,4, -0,9)
	Mediterráneo noroccidental (Portugal, España, Francia e Italia) (1)	2030/49	Cereales (-0,3, 4,7); legumbres (-14,4, -4,9); maíz (4,2, 8,8); patata (4,9, 7,5); girasol (-12,4, -2,8)

CUADRO A.1
(SIGUE)

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Giannakopoulos <i>et al.</i> , 2009	Mediterráneo suroriental (Jordania, Egipto y Libia) (2)	2030/49	Cereales (-10,1, -4,9); legumbres (-30,1, -23,3); maíz (-7,9, -6,7); patata (-5,7, -4,3); girasol (-0,4, 3,7)
	Mediterráneo suroccidental (Túnez, Argelia y Marruecos) (2)	2030/49	Cereales (-3,8, -3,4); legumbres (-23,9, -18,5); maíz (-9,4, -6,4); patata (-13,3, -1,5); girasol (-10,3, -4,3)
Hermans <i>et al.</i> , 2010	Europa (1)	2050/69	Trigo (34,0, 97,0)
Iqbal <i>et al.</i> , 2011	Faisalabad (Pakistán) (2)	2010/29	Maíz (-1,5, -1,3, -0,4, -0,3, -0,3, 0,7, 0,8, 1,7, 3,9)
		2010/29	Maíz (-2,1, -1,1, -0,5, 0,0, 0,3, 0,7, 1,7, 2,7, 3,2)
		2050/69	Maíz (-8,1, -5,4, -4,1, -3,6, -3,0, -1,4, -0,6, -0,5, 0,5)
Izaurrealde <i>et al.</i> , 2001	EE.UU., regional (1)	2010/29	Maíz (4,3, 15,4)
		2030/49	Soja (-9,4, 7,9); trigo (25,2, 37,1)
		2050/69	Trigo (0,1, 5,0, 15,3, 15,8)
		2090/2109	Maíz (7,9, 17,1)
		2090/2109	Soja (-8,7, 6,6); trigo (29,5, 40,5)
Kim <i>et al.</i> , 2010	Corea (2)	2010/29	Arroz (-4,2, -1,1, 0,7)
		2050/69	Arroz (-9,9, -2,6, 0,3)
		2070/89	Arroz (-14,1, -3,0, 1,9)
Lal, 2011	India central, India meridional, Sri Lanka (2)	2010/29	Arroz (6,0, 18,0); trigo (22,0, 24,0)
		2050/69	Arroz (-30,0, -21,0, -4,0, -1,0, 3,0); trigo (-23,0, -19,0, -8,0, 7,0, 9,0)
		2070/89	Arroz (-8,0); trigo (-1,0)
	Planicies centrales de la India, India meridional, Sri Lanka (2)	2010/29	Arroz (3,0, 18,0); trigo (23,0, 25,0)
		2050/69	Arroz (-6,0, 1,0)
		2050/69	Trigo (-3,0, 9,0)
		2070/89	Arroz (-5,0); trigo (-2,0)
	Pakistán, N, NE y NO de la India, Nepal, Bangladesh (2)	2010/29	Arroz (4,0, 5,0, 15,0); trigo (21,0, 23,0, 26,0, 26,0)
		2010/29	Arroz (17,0)
		2050/69	Arroz (-31,0, -24,0, -7,0, -5,0, -1,0, 1,0, 2,0); trigo (-18,0, -11,0, -3,0, -1,0, 11,0, 12,0, 16,0)
2070/89	Arroz (-12,0, -8,0); trigo (1,0, 2,0)		
Li <i>et al.</i> , 2011	China, latitud media, central (2)	2030/49	Maíz (10,7, 22,8)
	EE.UU., región centro-occidental (1)	2030/49	Maíz (-7,4, 41,6)
Lobell <i>et al.</i> , 2008	Región andina (2)	2010/29	Cebada (-2,1); yuca (1,5); maíz (0,0); palma (2,9); patatas (-2,6); arroz (-0,5); soja (-0,2); caña de azúcar (0,5); trigo (-2,5)
	Brasil (2)	2010/29	Yuca (-4,9); maíz (-2,3); arroz (-4,5); soja (-4,1); azúcar de caña (0,6); trigo (-6,8)
	África central (2)	2010/29	Yuca (-1,5); cacahuete (-2,2); mijo (-4,9); maíz (-0,5); palma (-2,4); arroz (-2,9); sorgo (-3,9); trigo (-1,2)
	América central (2)	2010/29	Yuca (2,3); maíz (-1,0); arroz (-0,5); caña de azúcar (7,4); trigo (-4,7)

CUADRO A.1
(SIGUE)

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Lobell <i>et al.</i> , 2008	China (2)	2010/29	Arroz (-0,2); soja (2,3); patatas (2,1); cacahuets (2,0); maíz (-2,3); trigo (2,0); caña de azúcar (1,5)
	África oriental (2)	2010/29	Cebada (31,8); frijoles (4,0); yuca (1,7); caupíes (-18,5); cacahuets (3,5); maíz (-0,2); arroz (7,6); sorgo (-1,1); caña de azúcar (-4,0); trigo (5,4)
	Sahel (2)	2010/29	Caupíes (8,8); cacahuets (-0,5); maíz (-3,6); mijo (-2,3); arroz (2,9); sorgo (-5,6); trigo (-8,0)
	Asia meridional (2)	2010/29	Cacahuets (1,2); mijo (-2,1); maíz (-4,8); colza (-6,5); arroz (-3,3); soja (3,9); caña de azúcar (0,0); sorgo(0,1); trigo (-2,9)
	Asia sudoriental (2)	2010/29	Soja (-2,4); yuca (-0,7); trigo (-1,1); caña de azúcar (5,3); arroz (-1,2); maíz (-3,0); cacahuets (-1,2)
	África austral (2)	2010/29	Yuca (0,8); cacahuets (1,2); arroz (4,4); soja (-8,3); caña de azúcar (-3,1); trigo (-9,0); sorgo (-8,2); maíz (-22,5)
	África occidental (2)	2010/29	Yuca (0,7); cacahuets (-7,1); maíz (-3,8); mijo (-0,1); sorgo(-4,1); arroz (0,5); trigo (-2,1); ñame (-6,0)
	Asia occidental (2)	2010/29	Cebada (1,2); maíz (-1,1); patatas (3,4); arroz (-4,4); sorgo (0,7); caña de azúcar (-5,4); girasol (-5,8); remolacha azucarera (0,1); soja (-2,3); trigo (-0,5)
	Moriondo <i>et al.</i> , 2010	Europa septentrional (1)	2030/49	Trigo blando/girasol (-5,0); trigo de primavera (7,0); soja (-13,0, -4,0); girasol (8,0)
Müller <i>et al.</i> , 2010	China y economías de planificación centralizada de Asia (2)	2050/69	Cultivos principales (-3,7, -3,6, -3,4, -2,9, 11,8, 14,3, 15,4, 15,8)
	Europa (1)	2050/69	Cultivos principales (-0,3, 0,8, 1,2, 3,7, 16,7, 16,7, 16,8, 17,5)
	Antigua Unión Soviética (1)	2050/69	Cultivos principales (-0,5, -0,2, 0,9, 4,3, 21,4, 21,4, 21,4, 22,3)
	América Latina y el Caribe (2)	2050/69	Cultivos principales (-11,3, -9,4, -8,2, -3,7, 9,5, 11,8, 12,2, 13,3)
	Oriente Medio y África del Norte (2)	2050/69	Cultivos principales (-16,6, -14,8, -14,5, -13,2, -3, -2,5, -2,1, -0,7)
	América del Norte (1)	2050/69	Cultivos principales (-10,3, -9,3, -7,1, -1,8, 10,6, 11,6, 12,2, 14,7)
	Asia Pacífico (2)	2050/69	Cultivos principales (-18,5, -18, -16, -11,7, 19,9, 21,9, 22,8, 23)
	OCDE Pacífico (3)	2050/69	Cultivos principales (-15, -14,7, -13,5, -9,8, 3,3, , 3,5, 3,6, 4,6)
	Asia meridional (2)	2050/69	Cultivos principales (-18,9, -16,4, -15,3, -14,4, 14,6, 19,8, 21,3, 24,6)
	África subsahariana (2)	2050/69	Cultivos principales (-8,5, -8,2, -7,6, -5,9, 6,7, 7,5, 7,8, 8,4)
	Mundo (3)	2050/69	Cultivos principales (-8,2, -7,6, -6,5, -3,5, 12,4, 12,5, 12,6, 13,1)

CUADRO A.1
(SIGUE)

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Osborne, Rose y Wheeler, 2013	Mundial y los principales 15 países productores (3)	2030/49	Soja (-48,4, -45,5, -43,0, -41,4, -39,5, -39,2, -36,5, -35,0, -35,0, -34,0, -33,9, -33,7, -33,6, -31,1, -29,6, -29,4, -28,8, -27,5, -26,3, -25,8, -22,6, -20,8, -20,6, -20,4, -20,4, -20,3, -19,9, -19,9, -19,3, -19,3, -18,2, -13,8, -12,0, -11,3, -5,1, -2,9, -2,4, 0,5, 1,0, 2,1, 2,2, 5,4, 8,8, 13,7, 48,3); trigo de primavera (-41,0, -36,5, -32,1, -29,4, -26,0, -25,0, -22,4, -21,6, -20,5, -18,5, -18,2, -17,3, -15,5, -14,5, -14,4, -13,5, -12,7, -12,5, -11,0, -10,1, -10,1, -8,9, -8,6, -7,1, -6,8, -6,8, -6,8, -6,8, -5,1, -5,1, -4,3, -3,3, 0,5, 0,6, 0,7, 4,2, 6,6, 6,6, 8,5, 15,2, 24,5, 25,3, 27,9, 39,5, 40,7)
Peltonen-Sainio, Jauhainen, y Hakala, 2011	Finlandia (1)	2010/29	Trigo de primavera (-5,9); avena de primavera (-5,1); cebada de primavera (-5,7); centeno de invierno (3,0); trigo de invierno (2,4)
Piao <i>et al.</i> , 2010	Sin especificar (3)	2010/29	Maíz (-2,0, 10,0); arroz (5,0); trigo (15,0, 17,0)
	Sin especificar (3)	2050/69	Maíz (-4,0, 20,0); arroz (4,0, 8,0); trigo (21,0, 25,0)
	China, todo el país (2)	2010/29	Arroz (2,0)
Ringler <i>et al.</i> , 2010	África central y subsahariana (2)	2050/69	Yuca (-0,1); arroz (-0,6); maíz (-0,8); caña de azúcar (0,9); boniato y ñame (-0,1)
	África subsahariana oriental (2)	2050/69	Yuca (0,4); maíz (-1,9); arroz (0,2); caña de azúcar (0,4); boniato y ñame (1,1)
	Golfo de Guinea (2)	2050/69	Yuca (-11,9); maíz (0,2); arroz (1,4); caña de azúcar (-0,5); boniato y ñame (-15,1)
	África subsahariana meridional (2)	2050/69	Yuca (-0,8); maíz (-0,9); arroz (-2,3); caña de azúcar (1,1); boniato y ñame (1,1)
	Región sudanoheliana del África subsahariana (2)	2050/69	Yuca (1,2); maíz (3,3); arroz (-0,8); caña de azúcar (0,3); boniato y ñame (2,0)
Rowhanji <i>et al.</i> , 2011	República Unida de Tanzania (2)	2050/69	Maíz (-13,0); arroz (-7,6); sorgo (-8,8)
Schlenker y Roberts, 2009	EE.UU. (1)	2030/49	Algodón (-22,0); maíz (-29,0); soja (-21,0)
		2070/89	Algodón; (-65,0); maíz (-72,0); soja (-65,0)
Shuang-He <i>et al.</i> , 2011	Cuencas media y baja del río Yangtzé, China (2)	2030/49	Arroz (-15,2, -14,8, -4,1, -3,3)
Southworth <i>et al.</i> , 2000	Estados Unidos de América, Illinois (1)	2050/69	Maíz (-25,9, -17,1)
	Estados Unidos de América, Indiana (1)	2050/69	Maíz (-18,5, -11,2)
	Estados Unidos de América, Michigan (1)	2050/69	Maíz (15,4, 18,3)
	Estados Unidos de América, Ohio (1)	2050/69	Maíz (-9,5, -5,4)
	Estados Unidos de América, Wisconsin (1)	2050/69	Maíz (-0,2, 14,1)
Tan <i>et al.</i> , 2010	Ghana (2)	2090/2109	Maíz (-19,0, -18,0, -18,0)
Tao <i>et al.</i> , 2009	Llanura del norte de China (Henan) (2)	2010/29	Maíz (-9,7)
		2050/69	Maíz (-15,7)
		2070/89	Maíz (-24,7)
	Llanura del norte de China (Shandong) (2)	2010/29	Maíz (-9,1)
		2050/69	Maíz (-19,0)
		2070/89	Maíz (-25,5)

CUADRO A.1
(SIGUE)

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Tao y Zhang, 2010	Llanura del norte de China (2)	2050/69	Maíz (-21,5, -19,1, -16,8, -15,4, -14,7, -13,7, -13,2, -13,0, -9,7, -9,1, -9,1, -7,2, -3,3, 0,5, 15,6, 30,2)
Tao y Zhang, 2011	China (2)	2070/89	Maíz (-19,6, -19,1, -14,0, -13,5, -6,5, -5,3, -5,0, -4,6, -3,4, -3,3, -2,0, -1,9)
Thornton <i>et al.</i> , 2009	África oriental (2)	2010/29	Maíz (-15,0; -11,0; -3,0; -1,0)
Thornton <i>et al.</i> , 2010	Burundi (2)	2030/49	Maíz (6,0, 8,6, 9,4, 11,7)
		2050/69	Maíz (8,2, 8,6, 9,6, 9,9)
	África oriental (2)	2050/69	Maíz (-58,0, -53,0, -51,0, -47,0, -44,0, -43,0, -42,0, -35,0)
	Kenya (2)	2030/49	Maíz (11,7, 12,9, 15,4, 16,7)
		2050/69	Maíz (15,8, 16,2, 17,6, 17,7)
	Rwanda (2)	2030/49	Maíz (9,3, 10,9, 11,9, 12,8)
		2050/69	Maíz (13,2, 14,9, 16,9, 17,0)
	República Unida de Tanzania (2)	2030/49	Maíz (-4,7, -3,1, -2,8, -1,5)
		2050/69	Maíz (-13,0, -10,1, -5,7, -4,1)
	Uganda (2)	2030/49	Maíz (-3,6, -2,5, -2,3, -1,3)
		2050/69	Maíz (-15,6, -12,3, -5,1, -3,3)
Thornton <i>et al.</i> , 2011	África subsahariana central (2)	2090/2109	Frijoles (-69,0); maíz (-13,0)
	África subsahariana oriental (2)	2090/2109	Frijoles (-47,0); maíz (-19,0)
	África subsahariana meridional (2)	2090/2109	Frijoles (-68,0); maíz (-16,0)
	África subsahariana (2)	2090/2109	Frijoles (-71,0); maíz (-24,0)
	África subsahariana occidental (2)	2090/2109	Frijoles (-87,0); maíz (-23,0)
Tingem y Rivington, 2009	Camerún (2)	2010/29	Maíz (7,4, 8,2, 61,0, 62,3)
		2070/89	Maíz (-14,6, -5,6, 32,1, 45,0)
	Camerún, cuatro localizaciones (2)	2010/29	Maíz (-10,9, 9,9, 29,6, 31,8)
		2070/89	Maíz (-7,5, -1,6, 8,5, 12,0)
Walker y Schulze, 2008	Sudáfrica (2)	2070/89	Maíz (-18,3, -8,0, -6,3, 3,0, 8,7, 9,7, 9,7, 16,7, 22,3)
Wang <i>et al.</i> , 2011	Condado de Baicheng, China (2)	2010/29	Maíz (-14,6)
		2050/69	Maíz (-27,9)
		2070/89	Maíz (-35,9)
	Condado de Baishan, China (2)	2010/29	Maíz (12,2)
		2050/69	Maíz (32,3)
		2070/89	Maíz (34,8)
	Condado de Chuangchun, China (2)	2010/29	Maíz (-10)
		2050/69	Maíz (-26,2)
		2070/89	Maíz (-34,6)

CUADRO A.1**(SIGUE)**

REFERENCIA	LUGAR GEOGRÁFICO	PERÍODO	CULTIVOS (CAMBIO ESTIMADO DEL RENDIMIENTO)
Wang <i>et al.</i> , 2011	Distrito de Jilin, China (2)	2010/29	Maíz (-3,2)
		2050/69	Maíz (-14,6)
		2070/89	Maíz (-9,5)
	Condado de Liaoyuan, China (2)	2010/29	Maíz (-23,9)
		2050/69	Maíz (-31,6)
		2070/89	Maíz (-11)
	Condado de Siping, China (2)	2010/29	Maíz (-26,4)
		2050/69	Maíz (-35)
		2070/89	Maíz (-8,7)
	Condado de Songyuan, China (2)	2010/29	Maíz (-23,9)
		2050/69	Maíz (-32,8)
		2070/89	Maíz (-0,3)
	Condado de Tonghua, China (2)	2010/29	Maíz (-9,6)
		2050/69	Maíz (-18,9)
		2070/89	Maíz (11,1)
Yanji, China (2)	2010/29	Maíz (24,6)	
	2050/69	Maíz (23,9)	
	2070/89	Maíz (23,9)	
Xiong <i>et al.</i> , 2007	Arroz de riego, China, sin adaptación (2)	2010/29	Arroz (-0,4, 3,8)
		2050/69	Arroz (-1,2, 6,2)
		2070/89	Arroz (-4,9, 7,8)
	Maíz de secano, China, sin adaptación (2)	2010/29	Maíz (1,1, 9,8)
		2050/69	Maíz (8,5, 18,4)
		2070/89	Maíz (10,4, 20,3)
	Trigo de secano, china, sin adaptación (2)	2010/29	Trigo (4,5, 15,4)
		2050/69	Trigo (6,6, 20)
		2070/89	Trigo (12,7, 23,6)
Xiong <i>et al.</i> , 2009	China (2)	2010/29	Arroz (-4,9, 3,4, 6,3, 15,8)
		2050/69	Arroz (-12,6, -8,6, 0,0, 8,0)
		2070/89	Arroz (-26,2, -18,4, -5,6, -0,9)

CUADRO A.2
EMISIONES Y ABSORCIONES NETAS DE LA AGRICULTURA, LOS BOSQUES Y OTROS USOS DE LA TIERRA EN DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE, 2014

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
(Miles de toneladas)						
MUNDO	5.241.761	-1.845.936	2.913.158	1.302.674	756.075	25.705
PAÍSES Y REGIONES EN REGIONES EN DESARROLLO	3.971.916	-617.225	2.786.785	1.047.486	504.550	17.946
Asia oriental y sudoriental	1.200.079	-30.495	566.447	426.306	359.610	10.492
Brunei Darussalam	147	0	0	169	380	0
Camboya	19.354	1.310	21.424	1.045	0	0
China, RAE de Hong Kong	81	..	..	0	0	0
China, RAE de Macao	3	..	..	0	0	0
China continental	707.640	-313.720	0	1.422	1.052	164
República Popular Democrática de Corea	4.542	-129	14.063	166	201	1
Indonesia	165.614	629.248	368.819	389.752	285.367	8.982
República Democrática Popular Lao	8.097	16.199	0	1.867	0	0
Malasia	14.276	-206.783	24.183	16.115	36.509	961
Mongolia	21.476	-14	15.962	529	7.796	331
Myanmar	66.510	-30.534	105.869	11.462	18.258	51
Filipinas	53.173	-60.353	0	57	0	0
República de Corea	12.710	-43.408	3.808	11	0	0
Singapur	102	44	0	0	0	0
Tailandia	63.040	12.467	0	2.357	1.142	1
Timor-Leste	784	1.938	4.161	14	0	0
Viet Nam	62.530	-36.760	8.160	1.340	8.906	1
América Latina y el Caribe	909.180	-456.940	1.158.474	33.366	15.309	1.748
Anguila	0	4	0	0	0	0
Antigua y Barbuda	22	7	0	0	0	0
Argentina	112.377	-32.733	121.466	4.125	994	756
Aruba	0	0	0	0	0	0
Bahamas	26	346	0	41	0	0
Barbados	53	3	1	0	0	0
Belice	318	-803	2.270	228	542	42
Bolivia (Estado Plurinacional de)	23.183	-348	84.090	1.971	0	0
Brasil	441.905	-205.413	499.443	12.112	35	2
Islas Vírgenes Británicas	8	2	1	0	0	0
Islas Caimán	4	9	0	0	0	0
Chile	9.839	-105.380	0	306	115	19
Colombia	53.628	-3.154	17.542	1.564	3.058	504
Costa Rica	3.466	-24.861	13.421	7	70	0

CUADRO A.2
(SIGUE)

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Cuba	10.498	-14.007	0	44	0	0
Dominica	33	30	87	0	0	0
República Dominicana	7.783	-8.727	0	26	0	0
Ecuador	12.999	-552	34.285	17	150	0
El Salvador	2.625	-39	771	1	0	0
Islas Malvinas (Falkland Islands)	142	0	0	0	0	0
Guayana francesa	59	-465	1.198	4	165	0
Granada	14	0	0	0	0	0
Guadalupe	132	-24	25	0	0	0
Guatemala	8.393	-5.642	13.122	65	0	0
Guyana	2.282	330	10.670	6.001	3.199	297
Haití	3.904	-181	319	0	0	0
Honduras	5.916	-107	27.974	259	0	0
Jamaica	621	-50	197	2	631	0
Martinica	39	0	0	0	0	0
México	84.719	-3.414	10.748	113	0	0
Montserrat	19	2	0	0	0	0
Antillas Neerlandesas	9	1	0	0	0	0
Nicaragua	7.681	-3.589	3.598	162	56	0
Panamá	3.389	-240	7.573	6	1.208	0
Paraguay	27.645	-8.031	149.672	1.673	0	0
Perú	23.264	-13.761	84.077	173	1.358	0
Puerto Rico	790	-2.200	0	7	280	0
Saint Kitts y Nevis	66	7	0	0	0	0
Santa Lucía	28	14	20	0	0	0
San Vicente y las Granadinas	14	18	0	0	0	0
Suriname	759	33	1.755	803	1.961	71
Trinidad y Tabago	249	-921	420	2	0	0
Islas Turcas y Caicos	0	23	0	0	0	0
Islas Vírgenes (EE.UU.)	16	-93	12	0	0	0
Uruguay	24.209	-10.663	0	2	103	40
Venezuela (República Bolivariana de)	36.053	-12.372	73.720	3.651	1.385	16
África septentrional y Asia occidental	156.430	-85.564	5.757	72	1	0
Argelia	12.794	-804	364	37	0	0
Armenia	1.366	-147	0	0	0	0
Azerbaiyán	6.447	-8.474	0	7	0	0
Bahrein	35	-5	0	0	0	0
Chipre	369	-312	7	0	0	0
Egipto	31.055	-219	0	1	0	0

CUADRO A.2
(SIGUE)

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Georgia	2.612	0	0	6	0	0
Iraq	8.577	-2.040	0	1	0	0
Israel	1.375	-73	0	0	0	0
Jordania	1.185	0	0	0	0	0
Kuwait	417	-15	0	0	0	0
Líbano	752	-4	0	0	0	0
Libia	2.554	0	0	0	0	0
Marruecos	13.644	-5.178	3.711	1	0	0
Palestina	273	-23	0	0	0	0
Omán	1.578	-5	0	0	0	0
Qatar	822	0	0	0	0	0
Arabia Saudita	7.221	0	0	0	0	0
República Árabe Siria	6.253	-1.214	0	2	0	0
Túnez	4.436	-293	0	8	0	0
Turquía	43.192	-66.545	1.674	9	1	0
Emiratos Árabes Unidos	1.676	-213	0	0	0	0
Sáhara occidental	184	0	0	0	0	0
Yemen	7.612	0	0	0	0	0
Oceanía, excepto Australia y Nueva Zelanda	7.570	-2.551	3.682	15.015	42.156	2
Samoa Americana	5	-5	14	0	0	0
Islas Cook	14	0	0	0	0	0
Fiji	882	-3.124	0	7	127	0
Polinesia Francesa	35	0	0	0	0	0
Guam	4	0	0	0	0	0
Kiribati	8	-6	0	0	0	0
Islas Marshall	0	0	0	0	0	0
Micronesia (Estados Federados de)	17	-29	0	0	0	0
Nauru	1	0	0	0	0	0
Nueva Caledonia	221	0	0	3	0	0
Niue	0	0	48	0	0	0
Islas Marianas septentrionales	0	0	61	0	0	0
Palau	0	0	0	0	0	0
Papua Nueva Guinea	5.658	331	1.869	15.005	42.029	2
Islas Pitcairn	0	0	0	0	0	0
Samoa	149	0	0	0	0	0
Islas Salomón	62	294	1.686	0	0	0
Tokelau	0	0	0	0	0	0
Tonga	89	0	0	0	0	0
Tuvalu	0	0	0	0	0	0

CUADRO A.2
(SIGUE)

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSION NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Vanuatu	426	-14	0	0	0	0
Islas Wallis y Futuna	0	2	5	0	0	0
Asia meridional	929.770	178.218	24.761	3.455	47.940	269
Afganistán	14.794	0	0	0	0	0
Bangladesh	74.594	-5.037	2.507	501	31.226	24
Bhután	453	-3.813	0	24	0	0
India	626.864	112.200	0	1.785	8.484	26
Irán (República Islámica del)	34.842	67.076	0	3	0	0
Maldivas	2	2	0	0	0	0
Nepal	22.058	0	0	1.090	5.234	219
Pakistán	150.341	7.450	21.151	1	0	0
Sri Lanka	5.823	342	1.103	51	2.996	0
África subsahariana	768.886	-219.893	1.027.664	569.273	39.534	5.435
Angola	29.584	155	34.311	59.602	111	97
Benin	4.776	-185	10.723	289	0	0
Botswana	5.569	-14.382	21.715	14.942	0	103
Burkina Faso	19.868	-3.845	12.646	296	0	0
Burundi	2.222	-1.606	0	789	3.068	6
Cabo Verde	112	-195	27	0	0	0
Camerún	11.595	-1.273	109.806	3.810	1.078	0
República Centroafricana	17.678	5.857	7.343	125	0	0
Chad	19.264	-700	25.633	275	0	0
Comoras	237	-42	108	1	0	0
Congo	1.810	-597	8.664	3.064	1.135	29
Côte d'Ivoire	4.790	555	3.112	37	1.697	68
República Democrática del Congo	18.528	-431	145.631	20.318	28	5
Djibouti	650	0	0	0	0	0
Guinea Ecuatorial	21	52	5.301	0	7	0
Eritrea	4.114	-749	1.409	0	0	0
Etiopía	96.256	-6.021	3.370	8.729	12.101	336
Gabón	438	-94.600	0	44	392	4
Gambia	1.210	-359	0	114	0	0
Ghana	9.185	8.103	0	60	146	0
Guinea	11.301	-783	13.249	967	656	55
Guinea-Bissau	1.651	-284	1.751	6	0	0
Kenya	37.133	-31.533	0	34	262	1
Lesotho	1.447	-264	66	5	0	0
Liberia	420	-13.973	15.154	47	116	14
Madagascar	21.957	4.918	9.749	4.340	1.321	1.360
Malawi	5.239	-1.764	4.698	857	550	1

CUADRO A.2
(SIGUE)

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Malí	29.722	6	6.536	625	0	0
Mauritania	7.693	-2.161	643	0	0	0
Mauricio	148	-15	0	0	0	0
Mayotte	0	-2	49	0	0	0
Mozambique	17.705	2.615	34.785	2.276	0	0
Namibia	6.060	45	7.846	1.059	0	0
Níger	23.128	27	1.440	80	0	0
Nigeria	64.239	-4.492	187.825	5.022	0	0
Reunión	163	0	0	0	0	0
Rwanda	2.996	-2.413	0	530	2.731	14
Santa Helena	2	1	0	0	0	0
Santo Tomé y Príncipe	16	0	0	0	0	0
Senegal	10.599	-4.371	8.771	734	0	0
Seychelles	4	0	0	0	0	0
Sierra Leona	2.826	5.683	0	431	0	0
Somalia	20.309	-3.359	16.559	2	0	0
Sudáfrica	30.000	0	0	2.067	248	7
Sudán del Sur	43.098	..	..	..	..	..
Sudán	72.517	..	..	..	..	..
Sudán (antiguo)	..	-27.982	72.044	75.394	750	154
Swazilandia	925	8	138	98	0	0
Togo	2.605	-123	6.680	19	0	0
Uganda	23.999	-717	18.317	1.739	6.404	68
República Unida de Tanzania	49.696	-4.326	165.381	40.463	6.721	165
Zambia	22.954	-24.381	30.152	319.957	12	2.951
Zimbabwe	10.428	10	36.034	25	0	0
PAÍSES Y TERRITORIOS EN REGIONES DESARROLLADAS	1.269.845	-1.228.711	126.373	255.187	251.525	7.758
Albania	2.830	-737	224	0	156	0
Andorra	0	-22	0	0	0	0
Australia	141.847	-72.969	0	3.269	3.150	29
Austria	6.601	-5.428	295	0	234	7
Belarús	19.989	-25.520	0	377	24.708	107
Bélgica	8.787	-3.156	274	0	245	8
Bermudas	4	0	0	0	0	0
Bosnia y Herzegovina	2.573	0	0	13	135	0
Bulgaria	5.493	-11.367	0	11	1.441	0
Canadá	61.783	-53.446	60.330	100.626	12.937	1.440
Croacia	2.572	-4.133	290	0	0	0
República Checa	6.295	-12.687	0	0	190	0

CUADRO A.2
(SIGUE)

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Dinamarca	9.445	-2.200	0	0	1.700	5
Estonia	2.636	-1.531	108	9	5.742	65
Islas Feroe	27	0	0	0	0	0
Finlandia	5.612	0	0	0	5.619	95
Francia	72.264	-92.657	6.857	8	6.700	257
Alemania	60.636	-49.867	0	0	11.979	521
Gibraltar	0	0	0	0	0	0
Grecia	8.396	-2.200	0	30	1.492	0
Groenlandia	5	0	0	0	0	0
Santa Sede	0	..	..	..	0	0
Hungría	7.034	-3.593	0	12	7.819	11
Islandia	452	-183	0	0	0	0
Irlanda	20.476	-1.393	0	0	477	476
Isla de Man	2	-3	0	0	5	0
Italia	30.073	-35.200	0	1	905	7
Japón	20.709	-678	1.065	22	7.027	25
Kazajstán	20.712	0	0	216	0	0
Kirguistán	4.537	-816	0	0	0	0
Letonia	3.150	-17.027	967	4	5.183	32
Liechtenstein	18	0	0	..	0	0
Lituania	4.724	-7.594	1.654	1	6.345	30
Luxemburgo	645	0	0	0	4	0
Malta	99	0	0	0	0	0
Mónaco	0	..	..	..	0	0
Montenegro	384	0	0	0	62	0
Países Bajos	18.325	-2.493	0	0	3.505	148
Nueva Zelandia	38.654	-18.731	398	0	2.846	85
Noruega	4.616	-25.770	1.570	2	2.135	114
Polonia	34.158	-40.333	0	1	14.867	357
Portugal	6.324	-603	1.924	11	427	3
República de Moldova	1.613	-1.254	0	5	165	1
Rumania	13.963	-165.066	0	142	1.155	0
Federación de Rusia	92.228	-232.738	12.738	80.894	29.855	1.563
Saint-Pierre y Miquelon	0	-1	3	0	0	0
San Marino	0	0	0	..	0	0
Serbia	6.453	-3.105	1.785	1	3	0
Eslovaquia	2.549	-5.296	163	0	43	0
Eslovenia	1.433	-6.387	81	0	62	0
España	36.426	-33.587	0	23	409	1
Islas Svalbard y Jan Mayen	0	..	..	0	0	0

CUADRO A.2**(SIGUE)**

	EMISIONES DE LA AGRICULTURA	BOSQUES		OTROS USOS DE LA TIERRA		
		EMISIONES Y ABSORCIONES POR LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA CONVERSIÓN NETA DE LOS BOSQUES	EMISIONES DEBIDAS A LA QUEMA DE BIOMASA	EMISIONES PROCEDENTES DE LAS TIERRAS CULTIVABLES	EMISIONES PROCEDENTES DE PASTIZALES
Suecia	6.640	-42.436	34.003	296	4.148	29
Suiza	5.192	-1.833	0	0	268	13
Tayikistán	5.530	0	0	0	0	0
ex República Yugoslava de Macedonia	1.203	0	0	0	0	0
Turkmenistán	8.076	0	0	1	0	0
Ucrania	30.967	-18.333	0	2.400	12.400	117
Reino Unido	45.014	-15.400	0	0	2.801	383
Estados Unidos de América	351.475	-192.867	0	66.783	72.180	1.828
Uzbekistán	28.195	-18.071	1.645	30	0	0

CUADRO A.3
EMISIONES DE LA AGRICULTURA EN DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR FUENTE, 2014

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTERICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
	(Miles de toneladas)									
MUNDO	29.732	213.438	211.685	132.815	2.084.835	350.874	845.353	191.495	522.790	658.744
PAÍSES Y REGIONES EN REGIONES EN DESARROLLO	21.721	165.043	133.883	65.465	1.617.857	198.919	712.007	116.462	500.039	440.522
Asia oriental y sudoriental	8.125	3.776	54.597	45.521	291.009	107.795	117.309	53.302	315.408	203.238
Brunei Darussalam	0	0	0	40	5	20	42	30	8	2
Camboya	148	1.216	834	0	3.740	1.291	936	408	10.159	622
China continental	5.011	112	35.899	883	203.958	73.639	82.777	38.049	112.860	154.453
China, RAE de Hong Kong	..	0	..	0	6	26	5	7	..	37
China, RAE de Macao	..	0	..	0	..	1	1	1	..	0
Filipinas	431	15	1.833	0	6.489	3.323	2.257	1.073	33.300	4.452
Indonesia	920	217	5.914	34.168	20.844	7.454	11.156	4.902	61.260	18.779
Malasia	31	8	205	4.289	1.065	927	1.122	756	2.592	3.282
Mongolia	9	825	45	3.065	9.956	1.183	5.406	868	..	119
Myanmar	336	859	2.393	1.962	21.549	7.554	5.787	2.725	22.315	1.029
República de Corea	37	0	386	0	3.486	1.594	1.173	801	3.596	1.637
República Democrática Popular Lao	62	66	365	0	3.219	1.154	871	382	1.976	..
República Popular Democrática de Corea	67	2	428	45	1.051	322	588	171	1.869	..
Singapur	..	0	..	0	6	52	12	15	..	17
Tailandia	625	327	3.018	122	6.380	3.054	2.127	1.179	36.389	9.819
Timor-Leste	4	6	14	0	365	136	110	39	110	..
Viet Nam	445	123	3.263	947	8.891	6.067	2.936	1.895	28.972	8.991
América Latina y el Caribe	3.886	13.017	25.960	2.667	528.368	24.866	211.737	26.422	17.107	55.151
Anguila	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Antigua y Barbuda	0	0	0	0	13	1	6	2	..	0
Antillas Neerlandesas	..	0	..	0	4	1	3	1	..	..
Argentina	578	2.040	7.393	638	65.016	2.036	26.805	1.405	1.430	5.036
Aruba	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Bahamas	0	6	0	0	4	3	8	5	..	..
Barbados	0	0	0	0	18	7	15	9	..	3
Belice	3	3	6	76	118	7	51	6	2	46
Bolivia (Estado Plurinacional de)	55	394	452	0	14.180	857	6.214	652	226	153
Brasil	1.932	7.726	12.386	5	265.069	10.990	103.429	12.184	3.193	24.992
Chile	18	32	222	107	4.437	491	2.027	801	104	1.601

CUADRO A.3
(SIGUE)

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGANICOS	FERMENTACIÓN ENTERICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINÉTICOS
Colombia	92	943	287	539	30.928	1.485	11.199	2.196	2.027	3.930
Costa Rica	6	10	20	7	1.856	123	558	274	33	579
Cuba	43	21	81	0	5.625	354	2.397	325	1.009	643
Dominica	0	0	0	0	21	1	7	3	..	0
Ecuador	54	2	207	16	6.055	504	2.434	720	1.755	1.252
El Salvador	29	2	68	0	1.389	95	499	149	4	390
Granada	0	0	0	0	8	1	5	1	..	..
Guadalupe	1	0	..	0	89	4	36	3	..	..
Guatemala	82	41	138	0	4.489	436	1.685	508	7	1.008
Guayana francesa	0	0	0	18	22	1	9	1	7	..
Guyana	13	12	72	466	170	30	111	46	1.285	78
Haití	33	0	55	0	2.295	183	1.063	167	108	..
Honduras	24	49	39	0	3.544	175	1.348	259	5	474
Islas Caimán	..	0	..	0	3	0	1	0	..	..
Islas Malvinas (Falkland Islands)	..	0	..	0	80	2	60	0	..	..
Islas Turcas y Caicos	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Islas Vírgenes (EE.UU.)	..	0	..	0	11	1	5	1	..	..
Islas Vírgenes Británicas	..	0	..	0	5	0	3	0	..	..
Jamaica	2	0	0	67	270	44	162	46	0	31
Martinica	0	0	..	0	23	3	11	2	..	..
México	616	243	2.215	0	45.492	3.491	20.542	3.233	98	8.789
Montserrat	0	0	0	0	13	0	5	1	..	..
Nicaragua	31	56	78	6	4.878	202	1.711	337	56	326
Panamá	11	6	33	128	2.026	105	817	112	26	124
Paraguay	91	305	1.059	0	17.307	490	6.928	256	353	856
Perú	63	15	370	144	12.349	866	5.103	756	1.880	1.716
Puerto Rico	0	0	0	30	486	31	192	52	..	..
República Dominicana	14	4	58	0	3.935	310	1.826	416	940	280
Saint Kitts y Nevis	..	0	0	0	4	15	25	22	..	0
San Vicente y las Granadinas	0	0	0	0	7	1	4	1	..	..
Santa Lucía	..	0	..	0	15	2	7	2	..	2
Suriname	3	5	20	239	46	11	29	13	366	30
Trinidad y Tabago	0	0	1	0	57	39	84	59	9	0
Uruguay	30	1	490	28	14.923	361	6.143	276	984	973
Venezuela (República Bolivariana de)	61	1.101	212	154	21.091	1.105	8.171	1.119	1.199	1.840

CUADRO A.3
(SIGUE)

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTERICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
África septentrional y Asia occidental	793	266	6.259	0	61.043	3.559	50.067	2.101	4.929	27.414
Arabia Saudita	5	1	65	0	2.297	212	2.328	149	..	2.165
Argelia	52	141	348	0	5.531	293	4.538	170	1	1.721
Armenia	4	1	51	0	625	50	502	29	..	105
Azerbaiyán	22	5	190	0	3.239	164	2.483	101	6	237
Bahrein	..	0	0	0	16	1	14	1	..	4
Chipre	0	1	3	0	116	68	100	35	..	46
Egipto	138	0	1.423	0	10.072	471	6.556	230	3.702	8.463
Emiratos Árabes Unidos	0	0	3	0	883	59	605	19	..	107
Georgia	13	0	31	0	1.143	85	897	48	..	394
Iraq	72	54	477	0	3.505	200	2.669	113	541	946
Israel	2	0	28	0	423	86	510	69	..	258
Jordania	1	0	9	0	467	35	467	22	..	184
Kuwait	0	0	3	0	112	35	232	35	..	0
Líbano	1	0	18	0	192	40	346	47	..	107
Libia	5	0	34	0	1.273	71	1.129	41	..	0
Marruecos	105	2	615	0	5.690	357	5.105	240	26	1.504
Omán	0	0	2	0	803	47	561	10	..	156
Palestina	0	1	3	0	128	9	126	6	..	..
Qatar	0	0	0	0	138	13	104	7	..	561
República Árabe Siria	42	11	260	0	3.105	128	2.519	36	..	152
Sáhara occidental	..	0	..	0	129	5	49	1	..	..
Túnez	22	10	195	0	1.761	133	1.684	108	..	523
Turquía	301	38	2.427	0	15.514	793	13.325	508	652	9.634
Yemen	7	0	73	0	3.883	204	3.217	78	..	150
Oceanía, excepto Australia y Nueva Zelanda	3	103	2	4.482	1.090	1.043	536	175	14	121
Fiji	2	1	1	14	462	108	242	29	6	18
Guam	0	0	0	0	1	2	0	1	..	..
Islas Cook	..	0	..	0	1	11	0	1	..	0
Islas Marianas septentrionales	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Islas Marshall	..	0	..	0	..	..	..	..	..	0
Islas Pitcairn	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Islas Salomón	0	0	0	0	22	21	10	4	5	..
Islas Wallis y Futuna	0	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Kiribati	..	0	..	0	0	5	0	2	..	..
Micronesia (Estados Federados de)	0	0	0	0	1	12	1	2	1	..

CUADRO A.3
(SIGUE)

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTERICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
Nauru	..	0	..	0	0	1	0	0	..	..
Nueva Caledonia	0	1	0	0	124	24	64	5	..	4
Palau	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Papua Nueva Guinea	1	102	1	4.469	162	682	62	101	2	77
Polinesia Francesa	0	0	0	0	13	12	7	3	..	1
Samoa	0	0	..	0	45	72	21	11	..	0
Samoa Americana	0	0	..	0	0	4	0	1	..	..
Tokelau	..	0	..	0	0	0	0	0	..	..
Tonga	..	0	..	0	22	30	11	5	..	21
Tuvalu	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Vanuatu	0	0	0	0	237	59	119	11	..	..
Wallis and Futuna Islands	0	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Asia meridional	5.447	270	34.818	5.223	426.528	42.739	112.636	25.483	138.043	138.583
Afganistán	103	8	554	0	8.415	680	3.257	514	647	616
Bangladesh	546	4	4.067	3.329	23.793	2.268	9.530	1.695	24.673	4.690
Bhután	3	2	12	0	275	25	67	13	49	6
India	3.779	160	24.759	913	283.500	28.428	64.594	15.216	96.207	109.309
Irán (República Islámica del)	247	53	1.391	0	15.070	2.053	9.149	2.467	2.723	1.690
Maldivas	0	0	0	0	..	..	..	..	..	2
Nepal	164	8	749	663	11.930	1.112	2.928	664	3.270	570
Pakistán	562	25	3.013	0	82.329	8.024	22.830	4.827	8.500	20.232
Sri Lanka	44	10	272	318	1.216	150	282	88	1.974	1.468
África subsahariana	3.467	147.611	12.247	7.571	309.819	18.917	219.721	8.980	24.538	16.017
Angola	129	21.097	207	53	3.922	618	2.918	341	177	122
Benin	79	1.012	136	0	1.816	155	1.373	75	44	86
Botswana	8	2.287	10	44	1.742	71	1.247	26	..	137
Burkina Faso	65	1.268	354	0	9.062	826	6.846	378	755	312
Burundi	9	13	48	329	896	101	699	56	35	36
Cabo Verde	2	0	1	0	44	16	39	10	..	..
Camerún	78	1.279	260	115	4.944	502	3.755	255	248	158
Chad	23	4.898	210	0	8.176	382	5.259	96	221	..
Comoras	1	0	4	0	52	2	42	1	134	..
Congo	2	1.145	3	133	271	27	209	13	5	2
Côte d'Ivoire	45	834	190	209	1.461	153	1.288	91	241	277
Djibouti	0	0	0	0	377	17	251	4	..	..
Eritrea	2	26	31	0	2.375	98	1.536	42	..	3
Etiopía	221	3.432	1.289	1.436	50.196	2.048	35.179	794	138	1.524
Gabón	2	186	3	43	67	39	60	24	1	12

CUADRO A.3
(SIGUE)

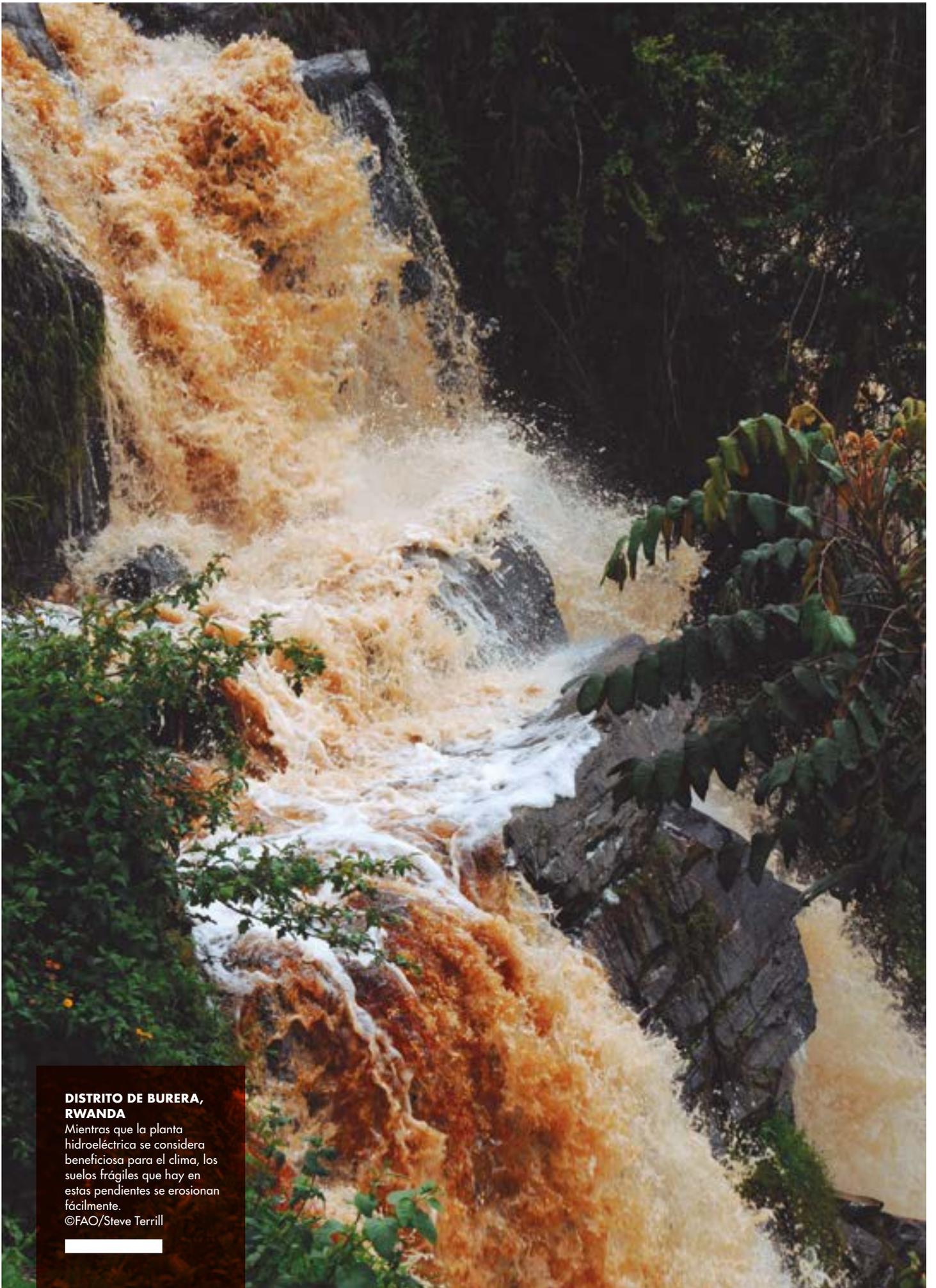
	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTERICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
Gambia	6	131	20	0	389	19	283	7	351	5
Ghana	90	3.580	207	15	2.290	249	2.050	141	316	246
Guinea	81	1.714	265	93	3.835	173	2.768	68	2.288	17
Guinea-Bissau	6	228	25	0	612	100	448	55	176	..
Guinea Ecuatorial	..	0	..	1	9	2	8	1	..	..
Kenya	175	218	371	45	20.718	869	13.942	420	42	334
Lesotho	8	68	11	0	755	27	557	20	..	..
Liberia	11	0	37	18	101	54	109	34	54	..
Madagascar	92	1.669	393	719	7.388	532	5.238	279	5.574	73
Malawi	138	237	340	59	1.554	507	1.273	307	103	721
Malí	93	3.904	531	0	12.418	591	8.978	221	1.006	1.980
Mauricio	3	0	0	0	10	12	60	9	2	52
Mauritania	4	45	31	0	4.409	217	2.677	57	253	..
Mozambique	153	12.685	212	0	1.732	373	1.411	229	553	357
Namibia	2	2.032	10	0	2.215	102	1.644	38	..	16
Níger	2	215	547	0	12.766	598	8.689	179	23	110
Nigeria	599	2.331	2.143	0	25.847	2.313	20.967	1.167	7.117	1.755
República Centroafricana	9	10.911	19	0	3.596	298	2.674	143	25	1
República Democrática del Congo	166	15.497	208	5	1.045	220	921	130	256	81
República Unida de Tanzania	377	6.734	871	787	21.102	874	14.977	453	3.019	502
Reunión	1	0	1	0	34	22	87	17	0	..
Rwanda	21	17	124	296	1.215	208	922	124	24	45
Santa Helena	..	0	..	0	1	0	1	0	..	..
Santo Tomé y Príncipe	0	0	0	0	3	6	3	4	..	..
Senegal	18	2.630	96	0	3.970	289	3.128	132	198	137
Seychelles	..	0	..	0	1	1	1	1	..	0
Sierra Leona	30	157	135	0	837	67	679	28	894	..
Somalia	8	25	33	0	13.010	648	6.439	143	4	..
Sudáfrica	290	2.341	1.030	29	12.529	869	9.677	407	7	2.823
Sudán	15	4.142	926	0	37.898	1.563	24.742	893	46	2.293
Sudán del Sur	22	21.485	106	145	11.911	488	8.727	214	..	0
Swazilandia	10	40	7	0	482	25	348	13	0	..
Togo	58	344	127	0	901	128	811	72	20	144
Uganda	94	1.164	294	720	11.737	830	8.484	464	140	72
Zambia	99	13.453	224	2.277	3.075	313	2.341	162	49	960
Zimbabwe	120	2.135	157	0	4.020	275	2.957	141	0	621

CUADRO A.3
(SIGUE)

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTÉRICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
PAÍSES Y TERRITORIOS EN REGIONES DESARROLLADAS	8.011	48.395	77.803	67.350	466.978	151.955	133.347	75.033	22.752	218.222
Albania	7	0	47	17	1.479	426	410	248	0	197
Alemania	139	0	3.410	4.740	22.018	10.346	2.950	5.268	..	11.766
Andorra	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Australia	422	42.022	3.040	348	50.475	5.251	29.635	1.092	496	9.066
Austria	27	0	339	47	3.199	1.282	468	684	..	555
Belarús	32	2	578	5.708	6.778	1.991	600	1.357	..	2.944
Bélgica	12	0	243	43	3.786	1.959	526	995	..	1.224
Bermudas	..	0	0	0	2	1	0	0	..	..
Bosnia y Herzegovina	15	0	66	25	1.049	375	207	231	..	605
Bulgaria	72	0	626	161	1.294	357	243	267	65	2.408
Canadá	393	1.516	4.058	8.873	15.820	6.121	5.050	1.655	..	18.296
Croacia	25	0	176	0	889	433	163	223	..	664
Dinamarca	22	0	677	383	3.015	2.704	359	1.134	..	1.151
Eslovaquia	29	0	302	9	792	286	99	195	..	837
Eslovenia	4	0	38	7	729	229	112	133	..	180
España	106	22	1.401	44	12.289	7.847	3.036	3.404	1.164	7.112
Estados Unidos de América	3.297	808	31.024	10.021	119.973	42.990	37.995	16.463	8.682	80.221
Estonia	5	0	89	1.496	472	182	66	95	..	231
ex República Yugoslava de Macedonia	5	0	46	0	597	168	135	96	30	125
Federación de Rusia	962	1.415	8.379	12.791	35.487	11.157	4.980	8.197	1.150	7.710
Finlandia	8	0	292	1.600	1.543	604	223	322	..	1.019
Francia	312	2	4.674	934	29.666	9.881	4.836	5.969	177	15.815
Gibraltar	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Grecia	32	9	294	159	3.102	745	1.505	473	321	1.756
Groenlandia	..	0	..	0	3	0	1	0	..	..
Hungría	128	0	961	899	1.509	752	226	539	14	2.006
Irlanda	2	0	181	1.402	10.705	2.683	1.881	1.709	..	1.912
Isla de Man	..	0	..	2	..	..	..	..	..	..
Islandia	..	0	0	0	231	45	78	28	..	70
Islas Feroe	..	0	0	0	16	2	7	2	..	..
Islas Svalbard y Jan Mayen	..	0	..	0	..	..	..	..	..	..
Italia	136	3	1.242	99	11.970	5.323	2.170	2.933	2.323	3.873
Japón	76	0	795	833	4.647	2.111	1.606	1.178	6.876	2.587
Kazajstán	388	2.524	1.551	0	9.474	1.751	3.116	1.082	439	387

CUADRO A.3
(SIGUE)

	QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA	QUEMA DE SABANA	RESIDUOS DE COSECHAS	CULTIVO DE SUELOS ORGÁNICOS	FERMENTACIÓN ENTÉRICA	GESTIÓN DEL ABONO ANIMAL	ESTIÉRCOL REMANENTE EN LOS PASTOS	ESTIÉRCOL APLICADO A LOS SUELOS	CULTIVO DE ARROZ	FERTILIZANTES SINTÉTICOS
Kirguistán	18	0	119	0	2.559	443	859	299	37	202
Letonia	12	0	164	1.237	733	267	100	152	..	485
Liechtenstein	..	..	..	0	11	3	2	2	..	..
Lituania	24	0	349	1.476	1.294	487	171	265	..	658
Luxemburgo	0	0	10	1	299	87	43	50	..	155
Malta	0	0	2	0	30	27	5	10	..	25
Mónaco	..	..	..	0	..	..	..	..	..	..
Montenegro	0	0	3	7	225	63	43	35	..	8
Noruega	2	1	89	937	1.719	511	399	303	..	657
Nueva Zelandia	3	1	75	379	21.179	3.198	11.240	465	..	2.115
Países Bajos	5	0	180	1.373	7.749	4.208	1.084	2.132	..	1.594
Polonia	127	0	1.679	4.676	9.758	3.900	865	2.620	..	10.534
Portugal	12	6	79	47	2.673	1.345	567	683	301	612
Reino Unido	61	0	1.775	2.164	20.019	4.935	5.175	3.396	..	7.490
República Checa	34	0	602	40	2.103	705	205	486	..	2.121
República de Moldova	47	0	199	33	509	195	113	181	..	336
Rumania	263	0	1.401	123	5.520	1.917	1.316	1.389	75	1.959
Saint-Pierre y Miquelon	..	0	..	0	0	0	0	0	..	..
San Marino	..	..	..	0	..	..	..	..	..	..
Santa Sede	..	..	..	0	..	..	..	..	..	..
Serbia	102	0	641	0	2.093	1.067	393	520	..	1.637
Suecia	14	0	395	1.006	2.398	818	382	457	..	1.169
Suiza	4	0	67	105	2.766	966	396	521	..	367
Tayikistán	11	4	101	0	3.151	593	886	366	51	366
Turkmenistán	15	24	121	0	4.560	785	1.745	549	277	..
Ucrania	552	5	4.627	3.104	8.273	4.393	885	2.487	60	6.582
Uzbekistán	51	32	597	0	14.349	3.039	3.788	1.696	212	4.433



**DISTRITO DE BURERA,
RWANDA**

Mientras que la planta hidroeléctrica se considera beneficiosa para el clima, los suelos frágiles que hay en estas pendientes se erosionan fácilmente.

©FAO/Steve Terrill

REFERENCIAS

CAPÍTULO 1

- Alexandratos, N. y Bruinsma, J.** 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. Roma, FAO.
- Asfaw, S., McCarthy, N., Lipper, L., Arslan, A. y Cattaneo, A.** 2014. *Climate variability, adaptation strategies and food security in Malawi*. ESA Working Paper No. 14-08. Roma, FAO.
- Branca, G., McCarthy, N., Lipper, L. y Jolejole, M.** 2011. *Climate-smart agriculture: a synthesis of empirical evidence of food security and mitigation benefits from improved cropland management*. FAO Mitigation of Climate Change in Agriculture Series No. 3. Roma, FAO.
- Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K.L., Hauengue, M., Kovats, R.S., Revich, B. y Woodward, A.** 2007. En: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, eds. *Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, pp. 391-431.
- De Pinto, A., Thomas, T. y Wiebe, K.** 2016. *Synthesis of recent IFPRI research on climate change impacts on agriculture and food security*. Background paper prepared for *The State of Food and Agriculture 2016*. Washington DC, IFPRI (International Food Policy Research Institute). (no publicado).
- FAO.** 2006. *Food security*. Policy brief, Issue 2, June 2006. Roma.
- FAO.** 2010. *"Climate-smart" agriculture: policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. Roma.
- FAO.** 2011. *"Energy-Smart" Food for People and Climate*. An Issue Paper. Roma.
- FAO.** 2012. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012*. Roma.
- FAO.** 2013. *Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales*. Estudio FAO Montes 172. Roma.
- FAO.** 2014. *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. Principios y enfoques*. Roma.
- FAO.** 2016. *The agriculture sectors in the Intended Nationally Determined Contributions: Summary*. Roma.
- FAO.** FAOSTAT. Base de datos estadísticos en línea (disponible en <http://faostat.fao.org/>). Roma.
- Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch U., Rozenberg, J., Treguer, D. y Vogt-Schilb, A.** 2016. *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Climate Change and Development Series. Washington, DC, Banco Mundial.
- IFPRI (Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias).** 2015. *Global Nutrition Report 2015: Actions and accountability to advance nutrition and sustainable development*. Washington, DC.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).** 2014. Summary for Policy-makers. En: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx, eds. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EEUU, Cambridge University Press.
- Myers, S.S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D.B., Bloom, A.J., Carlisle, E., Dietterich, H.L., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N.M., Nelson, R.L., Ottman, M.J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K.A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M. y Usui, Y.** 2014. Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*, 510: 139-142.
- Paerl, H. y Huisman, J.** 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*, Vol. 1(1): 1-95.
- Paterson, R. y Lim, N.** 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43: 1902-1914.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. y Travasso, M.I. 2014. Food security and food production systems. *En: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EEUU, Cambridge University Press, pp. 485-533.

Schleussner, C.F., Lissner, T.K., Fischer, E.M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Hare, W. y Schaeffer, M. 2016. Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 °C and 2 °C. *Earth System Dynamics*, 7: 327-351.

Searchinger, D.T., Zhang, X., Davidson, E.A., Mauzerall, D.L., Dumas, P. y Shen, Y. 2015. Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528: 51-59.

Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N. H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F. y Tubiello, F. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). *En: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx, eds. Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EEUU, Cambridge University Press.

Thornton P., Ericksen P.J., Herrero M., y Challinor A.J. 2014. Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global Change Biology*, 20: 3313-3328.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 1992. *United Nations Framework Convention on Climate Change.* New York, UN.

UNFCCC. 2015. *Adoption of the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.* Paris.

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. y Ingram, J.S.I. 2012. Climate Change and Food Systems, *Annual Review of Environment and Resources*, 37: 195-222.

WHO (World Health Organization). 2003. *Climate Change and Human Health – Risks and Responses.* Geneva.

Wijesinha-Bettoni, R., Kennedy, G., Dirorimwe, C. y Muehlhoff, E. 2013. Considering Seasonal Variations in Food Availability and Caring Capacity when Planning Complementary Feeding Interventions in Developing Countries. *International Journal of Child Health and Nutrition*, 2 (4): 335-352.

Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlik, P., Obersteiner, M., Tubiello, F.N., Herold, M., Gerber, P., Carter, S., Reisinger, A., van Vuuren, D., Dickie, A., Neufeldt, H., Sander, B.O., Wassman, R., Sommer, R., Amonette, J.E, Falcucci, A., Herrero, M., Opio, C., Roman-Cuesta, R., Stehfest, E., Westhoek, H., Ortiz-Monasterio, I., Sapkota, T., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Verchot, L., West, P.C., Soussana, J.-F., Baedeker, T., Sadler, M., Vermeulen, S. y Campbell, B.M. 2016. Reducing Emissions from Agriculture to meet 2 °C target. *Global Change Biology.* In press.

World Bank. 2008. *World development Report 2008: Agriculture for Development.* Washington, DC, Banco Mundial.

Zeza, A., Davis, B., Azzarri, C., Covarrubias, K., Tasciotti, L. y Anríquez, G. 2008. *The impact of rising food prices on the poor.* ESA Working Paper 08-07. Roma, FAO.

CAPÍTULO 2

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A. y Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684.

REFERENCIAS

- Alling, A., Doherty, O., Logan, H., Feldman, L. y Dustan, P.** 2007. Catastrophic coral mortality in the remote Central Pacific Ocean: Kiribati, Phoenix Islands. *Atoll Research Bulletin*, 551: 1–19.
- Antle, J.M. y Crissman, C.C.** 1990. Risk, efficiency, and the adoption of modern crop varieties: evidence from the Philippines. *Economic Development and Cultural Change*, 38(3): 517–537.
- Arnell, N.W., Cannell, M.G., Hulme, M., Kovats, R.S., Mitchell, J.F., Nicholls, R.J., Parry, M.L., Livermore, M.T.J. y White, A.** 2002. The consequences of CO₂ stabilisation for the impacts of climate change. *Climatic Change*, 53(4): 413–446.
- Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S., Cattaneo, A. y Kokwe, M.** 2015. Climate- Smart agriculture? Assessing the adaptation implications in Zambia. *Journal of Agricultural Economics*, 66(3): 753–780.
- Arslan, A., Belotti, F. y Lipper, L.** 2016. *Smallholder productivity under climatic variability: Adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania*. ESA Working Paper 16-03. Roma, FAO.
- Asfaw, S., Coromaldi, M. y Lipper, L.** 2015a. *Welfare cost of weather fluctuations and climate shocks in Ethiopia*. Mimeo.
- Asfaw, S., Coromaldi, M. y Lipper, L.** 2015b. *Adaptation to climate change and food security in Ethiopia*. <https://www.economic.com/esa/publications/details/en/c/279717/>. Evidence from smallholder farmers in Ethiopia. Roma, FAO.
- Asfaw, S., Di Battista, F. y Lipper, L.** 2015. *Effects of weather fluctuations and climate shocks on household welfare: evidence from Niger*. Mimeo
- Asfaw, S., Maggio, G. y Lipper, L.** 2015. *Gender differentiated impact of climate shock in Malawi*. ESA Working Paper.
- Banco Mundial.** 2010. *World Development Report 2010. Development and climate change*. Washington, DC.
- Bárcena, A., Prado, A., Samaniego, J. y Pérez, R.** 2014. *The economics of climate change in Latin America and the Caribbean: paradoxes and challenges*. United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- Brander, K.M.** 2007. Global fish production and climate change. *PNAS*, 104(50): 19709–19714.
- CGIAR, CCAFS y University of Leeds.** 2016. *Agriculture Impacts*. (Disponible en <http://www.ag-impacts.org>).
- Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. y Chhetri, N.** 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4: 287–291.
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D. y Pauly, D.** 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology*, 16: 24–35.
- Chomo, V. y De Young, C.** 2015. Towards sustainable fish food and trade in the face of climate change. *BIORES*, 9(2).
- Ciais, P., Schelhaas, M.J., Zaehle, S., Piao, L., Cescatti, A., Liski, J., Luyssaert, S., Le-Maire, G., Schulze, E.D., Bouriaud, O., Freibauer, A., Valentini, R. y Nabuurs, G.J.** 2008. Carbon accumulation in European forests. *Nature Geoscience*, 1(7): 425–429.
- Cline, W.R.** 2007. *Global warming and agriculture: impact estimates by country*. Washington, DC, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Dercon, S. y Christiaensen, L.** 2011. Consumption risk, technology adoption and poverty traps: evidence from Ethiopia. *Journal of Development Economics*, 96: 159–173.
- De Pinto, A., Thomas, T. y Wiebe, K.** 2016. Synthesis of recent IFPRI research on climate change impacts on agriculture and food security. Background paper prepared for *The State of Food and Agriculture 2016*. Washington DC, IFPRI (International Food Policy Research Institute). (no publicado).
- Fafchamps, M.** 1992. Solidarity networks in pre-industrial societies: rational peasants with a moral economy. *Economic Development and Cultural Change*, 41: 147–174.
- FAO.** 2011. *FAO-Adapt: Framework Programme on Climate Change Adaptation*. Roma.

FAO. 2015. *The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition*. Roma.

FAO. 2016a. *Climate change and food security: risks and responses*. Roma.

FAO. 2016b. *2015–2016 El Niño – Early action and response for agriculture, food security and nutrition*. Roma.

FAO. 2016c. *Climate change implications for fisheries and aquaculture: Summary of the findings of the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report*, by Seggel, A. y C. De Young C. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1122. Roma.

FAO. 2016d. FAOSTAT. Online Statistical Database (retrieved 30 July 2016) (disponible en <http://faostat.fao.org/>).

FAO. (de próxima aparición). FAOSTAT. Online Statistical Database (disponible en <http://faostat.fao.org/>).

Feder, G., Just, R. y Zilberman, D. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33: 255–298.

GANESAN (Grupo de alto nivel de expertos en seguridad y nutrición). 2012. *La seguridad alimentaria y el cambio climático: Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición*, Roma.

Gray, J., Dautel, H., Estrada-Peña, A., Kahl, O. y Lindgren, E. 2009. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases* 2009: ID 593232.

Hallegatte, S., Mook B., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., Rozenberg, J., Treguer, D. y Vogt-Schilb, A. 2015. *Shock waves: managing the impacts of climate change on poverty*. Climate Change and Development Series. Washington, DC, Banco Mundial.

Helberg, R. y Tarp, F. 2002. Agricultural supply response and poverty in Mozambique. *Food Policy*, 27(2): 103–124.

Hurley, T. 2010. *Review of agricultural production risk in the developing world*. Harvest Choice Working Paper 11. Washington, DC, IFPRI.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. En: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (Core Writing Team, R.K. Pachauri and A. Reisinger, eds.) Ginebra, Suiza, 104 pp.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. En: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.

Kassie, M., Pender, J., Mahmud, Y., Kohlin, G., Bluffstone, R. y Mulugeta, E. 2008. Estimating returns to soil conservation adoption in the Northern Ethiopian Highlands. *Agricultural Economics*, 38: 213–232.

Kirtman, B., Power, S.B., Adedoyin, J.A., Boer, G.J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblaz-Reyes, F.J., Fiore, A.M., Kimoto, M., Meehl, G.A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G.J., Vecchi, G. y Wang, H.J. 2014. Near-term climate change: projections and predictability. En: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley, eds. *Cambio climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en español solo está disponible un “Resumen para responsables de políticas”)*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.

Krishnamurthy, P.K., Lewis, K. y Choularton R.J. 2014. A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25: 121–132.

Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Swartz, W. y Sumaila, U.R. 2012. Climate change impacts on fisheries in West Africa: implications for economic, food and nutritional security. *African Journal of Marine Science*, 34(1): 103–117.

REFERENCIAS

- Lancelot, R., de La Rocque, S. y Chevalier, V.** 2008. Bluetongue and Rift Valley fever in livestock: a climate change perspective with a special reference to Europe, the Middle East and Africa. *En*: P. Rowlinson, M. Steele y A. Nefzaoui, eds. *Livestock and global climate change*. Pp. 87–89. *Proceedings of the British Society of Animal Science (BSAS) International Conference on Livestock and Global Climate Change*, Hammamet, Tunisia, 17–20 May 2008. Pp. 87–89. Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press.
- Lobell, D.B., Schlenker, W. y Costa-Roberts, J.** 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042): 616–620.
- Lozanoff, J. y Cap, E.** 2006. *El impacto del cambio climático sobre la agricultura argentina: un estudio económico*. Argentina, INIA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).
- Marlier M.E., DeFries R.S., Voulgarakis A., Kinney P.L., Randerson J.T., Shindell D.T., Chen Y. y Faluvegi G.** 2013. El Niño and health risks from landscape fire emissions in Southeast Asia. *Nature Climate Change*, (3): 131–6.
- Mendelsohn, R.O., Arellano, J. y Christensen, P.** 2010. A Ricardian analysis of Mexican farms. *Environment and Development Economics*, 15(2): 153–171.
- Met Office Hadley Centre y WFP.** 2015. Food Insecurity and Climate Change. (Disponible en sitio web: <http://www.metoffice.gov.uk/food-insecurity-index/>).
- Met Office Hadley Centre.** 2015. *Food Insecurity and Climate Change Technical Report*. Exeter, Met Office.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. y Gordon, J.E.** 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3): 491–505.
- Moss, R.H., Babiker, M., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J., Elgizouli, I., Emori, S., Erda, L., Hibbard, K., Jones, R., Kainuma, M., Kelleher, J., Lamarque, J.F., Manning, M., Matthews, B., Meehl, J., Meyer, L., Mitchell, J., Nakicenovic, N., O'Neill, B., Pichs, R., Riahi, K., Rose, S., Runci, P., Stouffer, R., van Vuuren, D., Weyant, J., Wilbanks, T., van Ypersele, J.P., y Zurek, M.** 2008. *Exploración de nuevos escenarios para el análisis de las emisiones, del cambio climático, de sus impactos y de las estrategias de respuesta* (en español solo un resumen técnico). Ginebra, Suiza. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Müller, C. y Elliott, J.** 2015. The Global Gridded Crop Model intercomparison: approaches, insights and caveats for modelling climate change impacts on agriculture at the global scale. *En*: A. Elbehri, ed. *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade*. Roma, FAO.
- Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M. y Lee, D.** 2009. *Climate change – impact on agriculture and cost of adaptation*. Washington, DC, IFPRI.
- Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., Tokgoz, S., Zhu, T., Sulser, T.B., Ringler, C. y Msangi, S.** 2010. *Food security, farming, and climate change to 2050: scenarios, results, policy options*. Washington, DC, IFPRI.
- Nelson, G., van der Mensbrugghe, D., Ahammad, H., Blanc, E., Calvin, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Heyhoe, E., Kyle, P., Lotze-Campen, H., von Lampe, M., Mason d’Croz, D., van Meijl, H., Müller, C., Reilly, J., Robertson, R., Sands, R., Schmitz, C., Tabeau, A., Takahashi, K., Valin, H. y Willenbockel, D.** 2014a. Agriculture and climate change in global scenarios: why don’t the models agree? *Agricultural Economics*, 45(1): 85–101.

Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlik, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., Von Lampe, M., Lotze-Campen, H., d’Croze, D.M., van Meijl, H., van der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Schmid, E., Schmitz, C., Tabeau, A. y Willenbockel, D. 2014b. Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3274–3279.

Niang, I., Ruppel, O.C., Abdrabo, M.A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J. y Urquhart, P. 2014. Africa. *En: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.*

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2015. NOAA declares third ever global bleaching event. (Disponible en: <http://www.noaa.gov/stories/2015/100815-noaa-declares-third-ever-global-coral-bleaching-event.html>).

Obura, D. y Mangubhai, S. 2011. Coral mortality associated with thermal fluctuations in the Phoenix Islands, 2002–2005. *Coral Reefs*, 30(3): 607 – 619.

O’Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., Carter, T.R., Mathur, R. y van Vuuren, D.P. 2014. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socio-economic pathways. *Climatic Change*, 122(3): 387-400.

O’Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S., van Ruijven, B.J., van Vuuren, D.P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M. y Solecki, W. 2015. The roads ahead: Narratives for shared socio-economic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*.

Parry, M., Rosenzweig, C. y Livermore, M. 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360 (1463): 2125–2138.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. y Trnka, M.J. 2014. Food security and food production systems. *En: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press, pp. 485-533.*

Roe, T. y Graham-Tomasi, T. 1986. Yield risk in a dynamic model of the agricultural household. *En: I. Singh, L. Squire y J. Strauss, eds. Agricultural household models: extension, applications and policy. Una publicación de investigación del Banco Mundial. Baltimore (EE.UU.), Johns Hopkins University Press, pp. 255–276.*

Rosenthal, J. 2009. Climate change and the geographic distribution of infectious diseases. *Ecohealth*, 6: 489–495.

Rosenzweig, C. y Parry, M.L. 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367: 133–138.

Rosenzweig, M.R. y Binswanger, H.P. 1993. Wealth, weather risk and the composition and profitability of agricultural investments. *The Economic Journal*, 103: 56–78.

Rosenzweig, C., Jones, J., Hatfield, J., Ruane, A., Boote, K., Thorburne, P., Antle, J., Nelson, G., Porter, C., Janssen, S., Asseng, S., Basso, B., Ewert, F., Wallach, D., Baigorria, G. y Winter, J. 2013. The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 166-182.

Rosenzweig, C., Elliott, J., Deryng, D., Ruane, A.C., Müller, C., Arneth, A., Boote, K.J., Folberth, C., Glotter, M., Khabarov, N., Neumann, K., Piontek, F., Pugh, T.A.M., Schmid, E., Stehfest, E., Yang, H. y Jones, J.W. 2014. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3268–3273.

REFERENCIAS

- Rozenberg, J. y Hallegatte, S.** 2015. *The impacts of climate change on poverty in 2030 and the potential from rapid, inclusive, and climate-informed development*. Policy Research Paper No. 7483. Washington, DC, Banco Mundial.
- Sadoulet, E. y de Janvry, A.** 1995: *Quantitative development policy analysis*. Chapter 5. Baltimore, USA, Johns Hopkins University Press.
- Sanghi, A. y Mendelsohn, R.** 2008. The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. *Global Environmental Change*, 18(4): 655–665.
- Sejian, V., Maurya, V.P., Kumar, K. y Naqvi, S. M.K.** 2012. Effect of multiple stresses (thermal, nutritional and walking stress) on growth, physiological response, blood biochemical and endocrine responses in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*, 45: 107-116.
- Seo, N. y Mendelsohn, R.** 2007. *An analysis of crop choice: adapting to climate change in Latin American Farms*. Washington, DC, Banco Mundial.
- Seo, N. y Mendelsohn, R.** 2008. A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1): 69-79.
- Seo, N.** 2011. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. *Ecological Economics*, 70(4): 825–834.
- Settele, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J.T. y Taboada, M.A.** 2014. Terrestrial and inland water systems. *En: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.
- Skees, J., Hazell, P. y Miranda, M.** 1999. *New approaches to crop yield insurance in developing countries*. Environmental and Production Technology Division (EPTD). Discussion Paper No. 55. Washington, DC, IFPRI, 40 pp.
- Thornton, P., van de Steeg, J., Notenbaert, A. y Herrero, M.** 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101 (3): 113–127.
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gallo, A. y Frank, J.M.** 2010. Climate change and food safety: en revisión. *Food Research International*, 43(7): 1745–1765.
- Turrall, H., Burke, J. y Faurès, J.M.** 2011. *Climate change, water and food security*. Roma, FAO.
- Valenzuela, E. y Anderson, K.** 2011. *Climate change and food security to 2050: a global economy-wide perspective*. Informe presentado en la 55 Conferencia Anual de la Sociedad de Recursos Económicos y Agrícolas de Australia, 9-11February 2011.
- Van der Mensbrugge, D.** 2015. *Shared Socio-Economic Pathways and Global Income Distribution*. Presentado en la 18.ª Conferencia Anual sobre Análisis Económico Mundial, 17-19 June 2015, Melbourne (Australia).
- Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugge, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D’Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., van Meijl, H. y Willenbockel, D.** 2015. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios, *Environmental Research Letters*, 10(08): 1–15.
- Williams, A.P., Allen, C.D., Macalady, A.K., Griffin, D., Woodhouse, C.A., Meko, D.M., Swetnam, T.W., Rauscher, S.A., Seager, R., Grissino-Mayer, H.D., Dean, J.S., Cook, E.R., Gangodagamage, C., Cai, M. y McDowell, N.G.** 2013. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change*, 3: 292–297.

Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlik, P., Obersteiner, M., Tubiello, F.N., Herold, M., Gerber, P., Carter, S., Reisinger, A., van Vuuren, D., Dickie, A., Neufeldt, H., Sander, B.O., Wassman, R., Sommer, R., Amonette, J.E, Falcucci, A., Herrero, M., Opio, C., Roman-Cuesta, R., Stehfest, E., Westhoek, H., Ortiz-Monasterio, I., Sapkota, T., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Verchot, L., West, P.C., Soussana, J.-F., Baedeker, T., Sadler, M., Vermeulen, S. y Campbell, B.M. 2016. Reducing emissions from agriculture to meet 2 °C target. *Global Change Biology*. (en prensa)

Yohe, G.W., Lasco, R.D., Ahmad, Q.K., Arnell, N.W., Cohen, S.J., Hope, C., Janetos, A.C. y Perez, R.T. 2007. Perspectives on climate change and sustainability. En: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, eds. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, pp. 811-841.

CAPÍTULO 3

Acosta, M., Ampaire, E., Okolo, W. y Twyman, J. 2015. *Gender and climate change in Uganda: effects of policy and institutional frameworks*. CCAFS Info Note. Copenhagen, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

Agwu, J. y Okhimamwe, A.A. 2009. *Gender and climate change in Nigeria*. Lagos, Nigeria, Heinrich Böll Stiftung (HBS).

Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, y A., Lana, M.A. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems, *Agronomy for Sustainable Development* 5-869.

Archer, L. y Yamashita, H. 2003. Theorizing inner-city masculinities: race, class, gender and education. *Gender and Education*, 15(2): 115-132.

Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S., Cattaneo, A. y Kokwe, M. 2015. Climate smart agriculture? Assessing the adaptation implications in Zambia. *Journal of agricultural economics*, 66(3): 753-780.

Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S. y Cattaneo, A. 2014. Adoption and Intensity of adoption of conservation agriculture in Zambia. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 187: 72-86.

Arslan, A., Lamanna, C., Lipper, L., Rosenstock, T. y Rioux, J. 2016a. *A meta-analysis on the barriers to adoption of practices with CSA potential in Africa*. Mimeo.

Arslan, A., Cavatassi, R., Alfani, F., McCarthy, N., Lipper, L. y Kokwe, M. 2016b. *Is diversification a climate-smart agriculture strategy in rural Zambia?* Estudio de contribución aceptado en la 7ª Conferencia Internacional de Estadísticas Agrícolas, conferencia organizada por la FAO y el ISTAT (Instituto Nacional de Estadística de Italia), Roma. (De próxima aparición como documento de trabajo ESA FAO).

Asfaw, S. y Lipper, L. 2016. *Managing climate risk using climate-smart agriculture*. Roma, FAO.

Asfaw, S., McCarthy, N., Lipper, L., Arslan, A. y Cattaneo, A. 2014. *Livelihood diversification and vulnerability to poverty in rural Malawi*. Documento de trabajo de la ESA 14-08, Roma, FAO.

Asfaw, S., McCarthy, N., Arslan, A., Lipper, L. y Cattaneo, A. 2015. *Diversification, climate risk and vulnerability to poverty: evidence from rural Malawi*. Documento de trabajo de la ESA 15-02. Roma, FAO.

Asfaw, S., McCarthy, N., Lipper, L., Arslan, A. y Cattaneo, A. 2016a. What determines farmers' adaptive capacity? Empirical evidence from Malawi. *Food Security*, 8, (3): 643-664

Asfaw, S., Maggio, G. y Lipper, L. 2016. *Gender, climate shock and welfare: evidence from Malawi*. Mimeo.

Asfaw, S., Di Battista, F. y Lipper, L. 2016. Agricultural Technology Adoption under Climate Change in the Sahel: micro-evidence from Niger. *Journal of African Economies*.

Asfaw, S., Coromaldi, M. y Lipper, L. 2016. *Welfare Cost of Climate and Weather Fluctuation in Ethiopia*. Mimeo.

REFERENCIAS

- Asfaw, S., Mortari, A., Arslan, A., Karfakis, P. y Lipper, L.** 2016b, *Welfare impacts of climate shocks: evidence from Uganda*. Documento técnico de la FAO.
- Banco Mundial.** 2010a, *Informe sobre el desarrollo mundial 2010. Desarrollo y cambio climático*. Washington, D.C.
- Banco Mundial.** 2010b, *Economics of adaptation to climate change Synthesis Report*. Washington, D.C.
- Banco Mundial.** 2010c: *economics of adaptation to climate change*. Washington, D.C.
- Banco Mundial, FAO y FIDA.** 2015, *Gender in climate-smart agriculture: module 18 for gender in agriculture source-book*. Agriculture global practice. Washington, D.C.
- Barrett, C.B., Reardon, T. y Webb, C.** 2001. Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy*, 26(4): 315-331.
- Barrett, C.B. y Swallow, B. M.** 2006. Fractal poverty traps. *World Development*, 34(1): 1-15.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. y Palutikof, J.P., eds.** 2008. *El cambio climático y el agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza, Secretaría del IPCC, 210 pp.
- Baudron, F., Moti J., Oriama O. y Asheber T.** 2013. Conservation agriculture in African mixed crop-livestock systems: Expanding the niche. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187(4): 171-182.
- Bondeau, A., Smith, P., Zaehle, S., Schaphoff, S., Lucht, W., Cramer, W., Gert en, D., Lotze-Campen, H., Müller, C., Reichstein, M. y Smith, B.** 2007. Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance. *Global Change Biology*, 13: 679-706.
- Burney J.A., Davis S.J. y Lobell, D.B.** 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 12057.
- Cacho, O.J., Moss, J., Thornton, P., Herrero, M., Henderson, B. y Bodirsky, B.L.** 2016. *Adaptation paths for vulnerable areas*. Background paper prepared for *The State of Food and Agriculture 2016* (no publicado).
- Carter, M.R. y Barrett, C.B.** 2006. The economics of poverty traps and persistent poverty: an asset-based approach. *Journal of Development Studies*, 42(2): 178-199.
- Cassman, K.** 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11): 5952-5959.
- Challinor, A.J., Koehler, A.-K., Ramirez-Villegas, J., Whitfield, S. y Das, B.** 2016. Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. *Nature Climate Change*, 10: (en prensa)
- Cole, S.A., Giné X. y Vickery, J.I.** 2013. How does risk management influence production decisions? Evidence from a field experiment (en prensa). World Bank Policy Research Working Paper 6546. Washington DC, Banco Mundial.
- Dankelman, I.** 2008. *Gender and climate change: an introduction*. Londres (Reino Unido), Earthscan.
- De Pinto, A., Thomas, T. y Wiebe, K.** 2016. *Synthesis of recent IFPRI research on climate change impacts on agriculture and food security*. Documento de antecedentes preparado para *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016*. Washington DC, IFPRI (Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias). (no publicado).
- Dercon, S.** 1996. Risk, crop choice, and savings. *Economic Development and Cultural Change*, (44): 485-513.
- Dercon, S. y Christiaensen L.** 2007. *Consumption risk, technology adoption and poverty traps: evidence from Ethiopia*. The Centre for the Study of African Economies Working Paper Series 2007-06. Oxford, Reino Unido, Centre for the Study of African Economies.
- DESA (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas).** 2012. *World urbanization prospects, the 2011 revision*. Nueva York.

Erickson, P., Thornton, P., Notenbaert, A., Cramer, L., Jones, P. y Herrero, M. 2011. *Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics*. Copenhagen. Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del CGIAR (CCFAS).

Fafchamps, M. 2003. *Rural poverty, risk and development*. Cheltenham, Reino Unido, Edward Elgar Publishing.

FAO. 2007. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2007. Pagos a los agricultores por servicios ambientales*. Roma.

FAO. 2009. *Food security and agricultural mitigation in developing countries: options for capturing synergies*. Roma.

FAO. 2011a. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010-11. Las mujeres en la agricultura: Cerrar la brecha de género en aras del desarrollo*. Roma.

FAO. 2011b. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW)—Managing systems at risk*. Roma, FAO y Londres, Earthscan.

FAO. 2011c. *Ahorrar para crecer: guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala*. Roma.

FAO. 2012. *Coping with water scarcity: an action framework for agriculture and food security*. Roma.

FAO. 2013a. *Guidelines to control water pollution from agriculture in China: decoupling water pollution from agricultural production*. Roma.

FAO. 2013b. *Climate-smart agriculture source book*. Roma.

FAO. 2014a. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2014. La innovación en la agricultura familiar*. Roma.

FAO. 2014b. *The Water-Energy-Food Nexus – a new approach in support of food security and sustainable agriculture*. Roma.

FAO. 2015a. *Directrices voluntarias en apoyo de la integración de la diversidad genética en la planificación nacional para la adaptación al cambio climático*. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Roma.

FAO. 2015b. *The economic lives of smallholder farmers: an analysis based on household data from nine countries*. Roma.

FAO. 2015c. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2015. La protección social y la agricultura: romper el ciclo de pobreza rural*. Roma.

FAO. 2016a. *Climate change and food security: risks and responses*. Roma.

FAO. 2016b. *Smallholder productivity under climatic variability: Adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania*, por A. Arslan, F. Belotti, y L. Lipper. Documento de trabajo de la ESA n.º 16-03. Roma.

FAO. 2016c. *Welfare impacts of climate shocks: Evidence from Uganda*, por S. Asfaw, A. Mortari, A. Arslan, P. Karfakis y L. Lipper. Roma.

FAO. 2016d. *Social protection in protracted crises, humanitarian and fragile contexts. FAO's agenda for action for social protection and cash-based programmes*. Roma.

FAO y Banco Mundial. 2011. *Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. Informes de la FAO sobre el agua*. Roma.

FAO y Consejo Mundial del Agua. 2015. *Towards a water and food secure future critical perspectives for policy-makers*. Roma y Marsella.

Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T.W., Garcia, F., Norton, R. y Zingore, S. 2015. *Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends*. En: P. Dreschler, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen y D. Wichelns. 2015. *Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification*. París, International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI).

REFERENCIAS

- GANESAN** (Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición) 2015. *Contribución del agua a la seguridad alimentaria y la nutrición*. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición. Roma, FAO.
- GANESAN** 2016. *Desarrollo agrícola sostenible para la seguridad alimentaria y la nutrición: ¿qué función desempeña la ganadería?*. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición. Roma, FAO.
- Goh, A.H.X.** 2012. *A literature review of the gender-differentiated impacts of climate change on women's and men's assets and well-being in developing countries*. CAPRI Working Paper No. 106. Washington DC, IFPRI.
- Gray, E., y A. Srinidhi.** 2013. *Watershed development in India: economic valuation and adaptation considerations*. Documento de trabajo. Washington, DC, Instituto de Recursos Mundiales.
- Gumucio T. y Tafur-Rueda M.** 2015. Influencing gender-inclusive climate change policies in Latin America. *Journal of Gender, Agriculture, Food Security*, 1(2): 42-61.
- Hansen J.W., Mason, S.J., Sun, L. y Tall, A.** 2011. Review of seasonal climate forecasting for agriculture in sub-Saharan Africa. *Experimental Agriculture*, 47(2): 205-240.
- Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, J., Lynam, J., Parthasarathy, R., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Seré, C. y Rosegrant, M.** 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(1): 822-825.
- Herrero, M., Havlik, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel M, Weiss F, Grace D. y Obersteiner, M.** 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52): 20888-20893.
- Hijioka, Y., Lin, E., Pereira, J.J., Corlett, R.T., Cui, X., Insarov, G.E., Lasco, R.D., Lindgren, E. y Surjan, A.** 2014. Asia. En: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press, pp. 1327-1370.
- Holmes, R. y Jones, N.** 2009. *Gender inequality, risk and vulnerability in the rural economy: refocusing the public works agenda to take account of economic and social risk*. Documento de trabajo de la ESA n.º 11-13. Roma, FAO.
- Huynh, P.T. y Resurrección, B.P.** 2014. Women's differentiated vulnerability and adaptations to climate-related agricultural water scarcity in rural Central Vietnam. *Climate and Development*, 6(3): 226-237.
- IIED (Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo).** 2010. *Moving to adapt to climate change. Reflect & Act*. Londres, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).** 2001. En: J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C.A. Johnson, eds. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press, 881pp.
- Jost, C., Kyazze, F., Naab, J., Neelormi, S., Kinyangi, J., Zougmore, R., Aggarwal, P., Bhatta G., Chaudhury, M., Tapio-Bistrom M.L., Kristjanson, P. y Nelson, S.** 2015. Understanding gender dimensions of agriculture and climate change in smallholder farming communities. *Climate and Development*, 8(2): 133-144.
- Kandulu, J.M., Bryan, B.A., King, D. y Connor, J.D.** 2012. Mitigating economic risk from climate variability in rain-fed agriculture through enterprise mix diversification. *Ecological Economics*, 79: 105-112.

Kebede, Y. 1992. Risk taking behaviour & new technologies: the case of producers in the Central Highlands of Ethiopia. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 31: 269-289.

Kelly, V., Adesina, A.A. y Gordon, A. 2003. Expanding access to agricultural inputs in Africa: a review of recent market development experience. *Food Policy*, 28(4): 379-404.

KNOMAD (Global Knowledge Partnership on Migration and Development). 2014. *Environmental change and migration: state of the evidence. KNOMAD thematic working group on environmental change and migration.* Washington DC.

Klopper, E. y Bartman, A. 2003. Forecasts and commercial agriculture: a survey of user needs in South Africa. En: K. O'Brien y C. Vogel, eds. *Coping with climate variability: the use of seasonal climate forecasts in Southern Africa*, pp. 170–182. Abingdon, Reino Unido, Ashgate Publishing.

Kremen, C. y Miles, A. 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17(4): 40.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623-1626.

Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B.M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D., Henry, K., Hottle, R., Jackson, L., Jarvis, A., Kossam, F., Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., Sen, P.T., Sessa, R., Shula, R., Tibu, A. y Torquebiau, E.F. 2015. Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4: 1068-1072.

Liu, J., You, L., Amini, M., Obersteiner, M., Herrero, M., Zehnder, A.J. y Yang, H. 2010. A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17): 8035-8040.

Lotze-Campen, H., Müller, C., Bondeau, A., Rost, S., Popp, A. y Lucht, W. 2008. Global food demand, productivity growth, and the scarcity of land and water resources: a spatially explicit mathematical programming approach. *Agricultural Economics*, 39 (3): 325–338.

Markanday, A., Cabot-Venton, C. y Beucher, O. 2015. *Economic assessment of the impacts of climate change in Uganda, final study report.* Uganda. Climate and Development Knowledge Network (CDKN).

Masters, W.A., Djurfeldt, A.A., De Haan, C., Hazell, P., Jayne, T., Jirström, M. y Reardon, T. 2013. Urbanization and farm size in Asia and Africa: implications for food security and agricultural research. *Global Food Security*, 2(3): 156-165.

McCarthy, N., Lipper, L. y Branca, G. 2011. *Climate-Smart Agriculture: Smallholder Adoption and Implications for Climate Change Adaptation and Mitigation.* Mitigation of Climate Change in Agriculture Series 4. Roma, FAO.

McOmber, C., Bartels, W., McKune, S., Panikowski, A. y Russo, S. 2013. *Investigating climate information services through a gendered lens.* CCAFS Working Paper No. 42. Copenhagen, CCAFS.

Morduch, J. 1994. Poverty and vulnerability. *The American Economic Review*, 84(2): 221-225.

Mudombi, S. y Nhamo, G. 2014. Access to weather forecasting and early warning information by communal farmers in Seke and Murewa districts, Zimbabwe. *Journal of Human Ecology*, 48(3): 357-366.

Naciones Unidas. 2010. *La mujer en el mundo, 2010: tendencias y estadísticas.* (Disponible en: unstats.un.org/unsd.org).

Nelson, V. 2011. *Gender, Generations, Social Protection & Climate Change: A thematic review.* Londres, ODI.

Nelson, V., Stathers, T. 2009. Resilience, power, culture, and climate: a case study from semi-arid Tanzania, and new research directions. *Gender and Development*, Vol. 17 (1): 81-95

Ngugi, R.K., Mureithi, S.M. y Kamande P.N. 2011. Climate forecast information: the status, needs and expectations among smallholder agro-pastoralists in Machakos district, Kenya. *International Journal of Current Research*, 3(11): 006-012.

Nicholls, C.I., Altieri, M.A. y Vazquez, L. 2016. Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystem & Ecography*, S5: 010.

REFERENCIAS

- O'Brien, K., Sygna, L., Naess, L.O., Kingamkono, R. y Hochobeb, B.** 2000. Is Information Enough? User responses to seasonal climate forecasts in Southern Africa. Oslo, *Centre for International Climate and Environmental Research (CICERO)*, University of Oslo, Report 2003:3.
- ODI (Overseas Development Institute).** 2015. *Cash transfers. Doing cash differently: how cash transfers can transform humanitarian aid.* Report of the High Level Panel on Humanitarian Cash Transfers, Londres.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos).** 2012. *Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050: Consecuencias de la inacción.* París.
- OCDE.** 2015. *The Economic Consequences of Climate Change.* Paris.
- Olinto, P., Beegle, K., Sobrado, C. y Uematsu, H.** 2013. The state of the poor: Where are the poor, where is extreme poverty harder to end, and what is the current profile of the world's poor? *Economic Premise No. 125.* Washington, DC, Banco Mundial.
- Oweis, T.** 2014. The need for a paradigm change: agriculture in water-scarce MENA region. En: G. Holst-Warhaft, T. Steenhuis y F. de Châtel, eds. *Water scarcity, security and democracy: a Mediterranean mosaic.* Athens, Global Water Partnership Mediterranean, Cornell University and the Atkinson Center for a Sustainable Future.
- Phillips, J.G., Makaudze, E., y Uganai, L.** 2001. Current and potential use of climate forecasts for resource-poor farmers in Zimbabwe. En: C. Rosenzweig, ed. *Impacts of El Niño and climate variability in agriculture*, pp. 87-100. *American Society of Agronomy Special Publication (63)*, Madison, Wisconsin, USA.
- Pinca, V.** 2016. *Documento de antecedentes preparado para El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016 de la FAO.* Roma, FAO. (no publicado).
- PNUD.** 2010. Informe sobre el desarrollo humano 2010. *La verdadera riqueza de las naciones: Caminos al desarrollo humano. Edición del vigésimo aniversario.* New York, USA, Palgrave Macmillan for UNDP.
- PNUMA 2016. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.** *UNEP Frontiers 2016 Report: emerging issues of environmental concern.* Nairobi: PNUMA.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E., Bodirsky, B.L. et al.** 2016. In revision. Land use futures in the shared socio-economic Pathways. *Global Environmental Change.* (de próxima aparición).
- Poulton, C., Kydd, J. y Dorward, A.** 2006. Overcoming market constraints to pro-poor agricultural growth in sub Saharan Africa. *Development Policy Review*, 24(3): 243-277.
- Rasmussen, L. V., Mertz, O., Rasmussen, K., Nieto, H., Ali, A. y Maiga, I.** 2014. Weather, climate, and resource information should meet the needs of sahelian pastoralists. *Weather, Climate, and Society*, 6: 482-494.
- Ricketts, T. H.** 2001. *Conservation Biology and Biodiversity Encyclopedia of Life Sciences.* Londres: MacMillan Reference Ltd.
- Rosegrant, M.W., Jawoo K., Cenacchi, N., Ringler, C., Robertson, R., Fisher, M., Cox, C., Garrett, K., Perez, N.D. y Sabbagh, P.** 2014. *Food security in a world of natural resource scarcity: the role of agricultural technologies.* Washington, DC, IFPRI.
- Rural and Agricultural Finance Learning Lab.** 2016. *Inflection point: Unlocking growth in the era of farmer finance.* [Available at <https://www.rafllearning.org/post/inflection-point-unlocking-growth-era-farmer-finance>].
- Sadoff, C.W. y Muller, M.** 2009. *Better water resources management—greater resilience today, more effective adaptation tomorrow.* GWP TEC Perspectives Paper. Estocolmo. Alianza Mundial en favor del Agua.
- Shames, S., Wollenberg, E., Buck, L.E., Kristjanson, P., Masiga, M. y Biryahaho, B.** 2012. *Institutional innovations in African smallholder carbon projects.* Informe nº 8 del CCAFS. Copenhagen, CCAFS.
- Simtowe, F.** 2006. Can risk-aversion towards fertilizer explain part of the non-adoption puzzle for hybrid maize? Empirical evidence from Malawi. *Journal of Applied Sciences*, 6(7): 1490-1498.

Stern, N. 2007. *Stern Review: The economics of climate change*. Cambridge University Press.

Stern, N. 2014. *Growth, climate and collaboration: towards agreement in Paris 2015*. Policy Paper. Londres, Centre for Climate Change Economics and Policy and Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Stocking, M.A. 2003. Tropical soils and food security: the next 50 years. *Science*, 302(5649): 1356-1359.

Swiderska, K., Reid, H., Song, Y., Li, J., Mutta, D., Ongogu, P., Mohamed, P., Oros, R., Barriga, S. 2011. *The role of traditional knowledge and crop varieties in adaptation to climate change and food security in SWV China, Bolivian Andes and coastal Kenya*. Documento elaborado para el seminario UNI-IAS sobre los pueblos indígenas, las poblaciones marginadas y el cambio climático: vulnerabilidad, adaptación y conocimiento tradicional, México, julio de 2011.

Tall, A., Mason, S.J., Suarez, P., Ait-Chellouche, Y., Diallo, A.A., Braman, L. y van Aalst, M. (en prensa). 2012. Using seasonal forecasts to guide disaster management: the experience of the Red Cross during the 2008 floods in West Africa. *International Journal of Geophysics*.

Tall, A., Kristjanson, P., Chaudhury, M., McKune, S. y Zougmore, R. 2014. *Who gets the information? Gender, power and equity considerations in the design of climate services for farmers*. Documento de trabajo del CCFAS n.º 89. Copenhague. (CCAFS).

Thornton, P. y Lipper, L. 2014. *How does climate change alter agricultural strategies to support food security?* Documento de debate del IFPRI n.º 01340, Washington D.C., IFPRI.

Timmer, C.P. 2014. *Managing structural transformation: a political economy approach*. UNU-WIDER Annual Lecture 18. Helsinki, Instituto Mundial de Investigaciones de Economía del Desarrollo de la Universidad de las Naciones Unidas.

Trinh, T., Tran, N. y Cao, Q. 2016. *Climate-smart aquaculture: evidences and potentials for northern coastal area of Vietnam*. Documento de trabajo del CCFAS n.º 169. Copenhague (Dinamarca).

Vi Agroforestry. 2015. Vi Agroforestry and climate offsetting. (Disponible en: <http://www.viagroforestry.org/what-we-do/carbon-credit/>).

Watkiss, P. 2015. *A review of the economics of adaptation and climate-resilient development working paper*, No. 205. Londres. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Wheeler, D. 2011. *Quantifying vulnerability to climate change: implications for adaptation assistance*. Documento de trabajo n.º 240 del Center for Global Development. Washington, DC, Center for Global Development.

Wiggins, S. 2016. *Agricultural and rural development reconsidered. A guide to issues and debated*. Research Series No. 1. Roma, FIDA.

Winder Rossi N., Spano F., Sabates-Wheeler R. y Kohnstamm, S. 2016. *Social protection and resilience building: Supporting livelihoods in protracted crises, fragile and humanitarian contexts*. *FAO position paper*. Roma y Brighton (Reino Unido), FAO e Institute for Development Studies.

Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlik, P., Obersteiner, M., Tubiello, F.N., Herold, M., Gerber, P., Carter, S., Reisinger, A., van Vuuren, D., Dickie, A., Neufeldt, H., Sander, B.O., Wassman, R., Sommer, R., Amonette, J.E, Falcucci, A., Herrero, M., Opio, C., Roman-Cuesta, R., Stehfest, E., Westhoek, H., Ortiz-Monasterio, I., Sapkota, T., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Verchot, L., West, P.C., Soussana, J.-F., Baedeker, T., Sadler, M., Vermeulen, S. y Campbell, B.M. 2016. Reducing emissions from agriculture to meet 2 °C target. *Global Change Biology*.

Wright, H. y Chandani, A. 2014. *Gender in scaling up community based adaptation to climate change*. En: L. Schipper, J. Ayers, H. Reid, S. Huq y A. Rahman, eds. *Community based adaptation to climate change: scaling it up*. Nueva York (EE.UU.), Routledge.

Yang, X., Chen, Y., Pacenka, S., Gao, W., Zhang, M., Sui, P. y Steenhuis, T.S. 2015. Recharge and Groundwater Use in the North China Plain for Six Irrigated Crops for an Eleven Year Period. *PLoS ONE*, 10(1).

REFERENCIAS

Zhu, Y., Fen, H., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Hu, L. y Mundt, C.C. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406: 718–772.

CAPÍTULO 4

AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente). 2016. *Renewable energy in Europe 2016: recent growth and knock-on effects*. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. y Gilligan, C.A. 2014. Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 4: 924–929.

Bellarby, J. Foereid, B., Hastings, A. y Smith, P. 2008. *Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential*. Amsterdam, Greenpeace International.

Burney, J.A., Davis, S.J. y Lobell, D.B. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 12052-12057.

Chappell, A., Baldock, J. y Sanderman, J. 2016. The global significance of omitting soil erosion from soil organic carbon cycling schemes. *Nature Climate Change*, 6: 187–191.

CIFOR (Centro de Investigación Forestal Internacional) 2010. *Forests and climate change toolbox*. [Disponible en: <http://www.cifor.org/fctoolbox/>].

CIFOR. Annual Report. 2015. *A new landscape for forestry*. Montpellier (Francia).

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 2001. Third National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Londres, DEFRA.

CE (Comisión Europea). 2013. *Assessing the impact of biofuels production on developing countries from the point of view of Policy Coherence for Development - Final report*. Bruselas, Comisión Europea.

Erb, K.-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzer, C., Steinberger, J.K., Muller, C., Boudeau, A., Waha, K. y Pollack, G. 2009. *Eating the Planet: feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely – a scoping study*. Potsdam (Alemania), PIK.

Erismann, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z. y Winiwarter, W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 1: 636–639.

FAO. 2011a. *Food security through commercialization of agriculture (FSCA) project, Liberia – GTFS/LIR/010/ITA*. Fondo fiduciario mundial de la FAO para la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos. Contribución italiana, Plataforma del África Occidental.

FAO. 2011b. *The State of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk*. Roma, FAO, Londres y Earthscan.

FAO. 2011c. *Global food losses and food waste: extent, causes and prevention*. Roma.

FAO. 2011d. *“Energy-smart” food for people and climate – an issue paper*. Roma.

FAO. 2012. *State of the World's Forests 2012*. Roma.

FAO. 2013a. *Climate-smart agriculture source book*. Roma.

FAO. 2013b. *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains, a global life cycle assessment*. Roma.

FAO. 2014. *Walking the nexus talk – assessing the water-energy-food nexus*. Roma.

FAO. 2016a. Base de datos FAOSTAT en línea. [Disponible en: <http://faostat.fao.org>]. Roma.

FAO. 2016b. *Forty years of community-based forestry: a review of its extent and effectiveness*. FAO Forestry Paper 176. Roma.

FAO y GTIS (Grupo técnico intergubernamental sobre los suelos). 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWRS) – Main Report*. Roma.

FAO y FCRN (Food Climate Research Network). 2016. *Plates, pyramids, planet. Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment.* Roma y Oxford.

Fischbeck, P.S., Tom, M.S. y Hendrickson C.T. Energy use, blue water footprint, and greenhouse gas emissions for current food consumption patterns and dietary recommendations in the US. *Environmental System.* 36(1) 92–103.

GANESAN (Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición). 2014. *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles.* Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición, Roma.

Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J., Godfray H.C.J. 2013. Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science*, 341(6141): 33-34.

Garibaldi, L.A., Carvalheiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B.M. y An, J. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271): 388-391.

Garg, M.R., Sherasia, P.L., Bhandari, B.M., Phondba, B.T., Shelke S.K. y Makkar, H.P.S. 2013. Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions, *Animal Feed Science and Technology*, 179(4): 24–35.

Gerber, P.J., Vellinga, T., Opio, C. y Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139: 100–108.

Gerber, P. J., Hristov, A.N., Henderson, B., Makkar, H. P. S., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J. Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A.T., Yang, W.Z., Tricarico, J.M., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. y Oosting, S. 2013a. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock – a review. *Animal*, 7: 220–34.

Gerber, P.J., Henderson, B., Opio, C., Mottet, A. y Steinfeld, H. 2013b. *Tackling climate change through livestock – a global assessment of emissions and mitigation opportunities.* Roma.

Henderson, B., Falcucci, A., Mottet, A., Early, L., Werner, B., Steinfeld, H. y Gerber, P. 2015. Marginal costs of abating greenhouse gases in the global ruminant livestock sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1-26.

Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D. y Obersteiner, M. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52): 20888–93.

Herrick, J.E., Sala, O.E. y Jason, K. 2013. Land degradation and climate change: A sin of omission? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 283.

Houghton, R.A. 2012. Historic changes in terrestrial carbon storage. En: R. Lal, K. Lorenz, R.F. Hüttl, B.U. Schneider, J. von Braun, eds. *Recarbonization of the biosphere: ecosystems and the global carbon cycle*, pp. 59–82. Springer.

Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J.L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H.P.S., Adesogan, A.T., Yang, W., Lee, W., Gerber, P.J., Henderson, B. y Tricarico, J.M. 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91 (11): 5045-5069.

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) y FAO. 2016. *Feedipedia. Animal feed resources online system.*

INRA y CIRAD. 2009. *Agrimonde: Agricultures et alimentations du monde en 2050. Scénarios et défis pour un développement durable.* Paris, Quae.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.*

REFERENCIAS

- IPCC.** 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- IUFRO (Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal).** Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M., y Varjo, J. 2010. *Forests and Society – Responding to Global Drivers of Change.* World Series Volume 25. Vienna, IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations).
- Khatiwala, S., Tanhua, T., Mikaloff Fletcher, S., Gerber, M., Doney, S.C., Graven, H.D., Gruber, N., McKinley, G. A., Murata, A., Rios, A.F. y Sabine, C.L.** 2013. Global ocean storage of anthropogenic carbon. *Biogeosciences*, 10: 2169–2191.
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauka, C., Plutzar, C. y Searchinger, T. D.** 2013. Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(25): 10324–10329.
- Lal, R.** 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30: 981-990.
- Lal, R.** 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17: 197-209.
- Lal, R.** 2010. Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop science*, 50 (Suplemento 1), S: 120.
- Lal, R., Griffin, M., Apt, J., Lave, L. y Morgan, M.G.** 2004. Managing soil carbon. *Science*, 304(1): 393.
- Linquist, B.A., Anders, M.M., Adviento-Borbe, M.A.A., Chaney, R.L., Nalley, L.L., Da Rosa, E.F. y Kessel, C.** 2015. Reducing greenhouse gas emissions, water use, and grain arsenic levels in rice systems. *Global Change Biology*, 21(1): 407-417.
- Mottet, A., Henderson, B., Opio, C., Falcucci, A., Tempio, G., Silvestri, S., Chesterman, S. y Gerber, P.J.** 2016. Climate change mitigation and productivity gains in livestock supply chains: insights from regional case studies. *Regional Environmental Change*, 1-13.
- Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N. y Foley, J.A.** 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419): 254-257.
- Nellemann, C., Hain, S. y Alder, J, eds.** 2008. *In dead water: merging of climate change with pollution, over harvest and infestations in the world's fishing ground.* Arendal, Norway, UNEP, GRID-Arendal.
- Newbold J.** 2015. *Towards the zero methane cow.* Montpellier (Francia), 19 de marzo de 2015.
- Oenema, O., Ju, X., de Klein, C., Alfaro, M., del Prado, A., Lesschen, J.P., Zheng, X., Velthof, G., Ma, L., Gao, B., Kroeze, C. y Sutton, M.** 2014. Reducing nitrous oxide emissions from the global food system. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 9–10: 55–64.
- Oliveira Silva, R. de, Barioni, L.G., Hall, J.A.J., Folegatti, M.M., Zanett A.T., Fernandes, F.A. y Moran, D.** 2016. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. *Nature Climate Change*. (en prensa).
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B. y Steinfeld, H.** 2013. *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains: a global life cycle assessment.* Roma, FAO.
- Pan G., Smith, P. y Pan, W.** 2009. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. *Agriculture, Ecosystems, Environment*, 129: 344-348.
- Paustian, K., Babcock, B.A., Hatfield, J., Kling, C.L., Lal, R., McCarl, B.A., McLaughlin, S., Mosier, A.R., Post, W.M., Rice, C.W. y Robertson, G.P.** 2004. *Climate change and greenhouse gas mitigation: challenges and opportunities for agriculture.* Council on Agricultural Science and Technology. CAST.

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P. y Smith, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature*, 532, 49–57.

Penuelas, J., Poulter, B., Sardans, J., Ciais, P., van der Velde, M., Bopp, L., Boucher, O., Godderis, Y., Hinsinger, P., Llusia, J., Nardin, E., Vicca, S., Obersteiner, M. y Janssens, I.A. 2013. Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*, 4: 2934.

Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquist, B.A., Van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E. y van Kessel, C. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517(7534): 365-368.

Putz, F.E. y Romaro, C. 2015. *Futures of tropical production forests*. Occasional Paper 143. Bogor (Indonesia), CIFOR (Centro de Investigación Forestal Internacional).

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T. van der Leeuw, S., Rodhe, H. Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y Foley, J.A. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263): 472-475.

Running, S.W. 2012. Ecology. A measurable planetary boundary for the biosphere. *Science*, 337: 1458–9

Scharlemann, J.P., Tanner, E.V., Hiederer, R. y Kapos, V. 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5: 81-91.

Scoones, I. 1996. Hazards and opportunities: farming livelihoods in dryland Africa. Lessons from Zimbabwe. Londres, Zed Books.

Siikamäki, J. y Newbold, S.C. 2012. Potential biodiversity benefits from international programs to reduce carbon emissions from deforestation. *Ambio*, 2012 41(Suppl 1): 78–89.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. y Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society. R. Soc. B*, 363: 789–813.

Smith, D.M., Scaife, A.A., Boer, G.J., Caian, M., Doblaser, F.J., Guemas, V., Hawkins, E., Hazeleger, W., Hermanson, L., Ho, C.K., Ishii, M., Kharin, V., Kimoto, M., Kirtman, B., Lean, J., Matei, D., Merryfield, W.J., Müller, W.A., Pohlmann, H., Rosati, A., Wouters, B. y Wyser, K. 2013. Real-time multi-model decadal climate predictions. *Climate Dynamics*, 41(11-12): 2875-2888.

Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N. H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F. y Tubiello, F. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). En: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx, eds. *Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Roma, FAO.

Sommer S.G., Olesen J.E., Petersen S.O., Weisbjerg M.R., Valli L., Rohde L. y Béline F. 2009. Region-specific assessment of greenhouse gas mitigation with different manure management strategies in four agroecological zones. *Global Change Biology*, 15: 2825-2837.

Sommer, Bossio, D. 2014. Dynamics and climate change mitigation potential of soil organic carbon sequestration. *Journal of Environmental Management*, 144: 83-87.

REFERENCIAS

Soussana, J.-F., Dumont, B. y Lecomte, P. 2015.

Agroecology for food security and nutrition. Proceedings of the FAO International Symposium, 18–19 September 2014, Roma, Italia. Agroecology for food security and nutrition. Proceedings of the FAO International Symposium, 18–19 September 2014, Roma, Italia. pp. 225-2. Roma, FAO.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs, R., Carpenter, S.R., Wim de Vries, S.R., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. y Sörlin S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).

Sutton, M.A., Oenema, O., Erismann, J.W., Leip, A., van Grinsven, H. y Winiwarter W. 2011. Too much of a good thing. *Nature*: 472, 159–61.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. y Befort, B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50): 20260-20264.

Tilman, D. y Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515: 518–522.

Tukker, A., Goldbohm, R.A., de Koning, A., Verheijden, M., Kleijn, R., Wolf, O., Perez-Dominguez, I. y Rueda Cantuche, J. 2011. Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe. *Ecological Economics*, 70 (10): 1776–1788.

Van Dooren, C., Marinussen, M., Blonkb, H., Aiking, H. y Vellinga, P. 2014. Exploring dietary guidelines based on ecological and nutritional values: A comparison of six dietary patterns. *Food Policy*, 44: 36–46.

Veneman, J.B., Saetnan, E.R., Newbold, C.J. 2014. MitiGate: an on-line meta-analysis database of mitigation strategies for enteric methane emissions. [Disponible en: <http://mitigate.ifers.aber.ac.uk>].

CAPÍTULO 5

Antón, J., Cattaneo, A., Kimura, S. y Lankoski, J. 2013. Agricultural risk management policies under climate uncertainty. *Global Environmental Change*, 23: 1726–1736.

Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S. y Cattaneo, A. 2014. Adoption and intensity of adoption of conservation farming practices in Zambia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187: 72–86.

Arslan, A., Belotti, F. y Lipper, L. 2015. *Smallholder productivity under climatic variability: adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania.* Mimeo.

Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S., Cattaneo, A. y Kokwe, M. 2015. Climate smart agriculture? Assessing the adaptation implications in Zambia. *Journal of Agricultural Economics*, 66(3): 753–780.

Asfaw, S., Di Battista, F. y Lipper, L. 2014. *Food security impact of agricultural technology adoption under climate change: micro-evidence from Niger.* Documento de trabajo de la ESA 14-12. Roma. FAO.

Asfaw, S., Coromaldi, M. y Lipper, L. 2015. *Welfare cost of weather fluctuations and climate shocks in Ethiopia.* Mimeo.

Asfaw, S., McCarthy, N., Cavatassi, Cavatassi, R., Paolantonio, A. Amare, A. y Lipper, L. 2015. *Diversification, climate risk and vulnerability to poverty: evidence from rural Malawi.* Documento de trabajo ESA FAO de próxima aparición. Roma.

Banco Mundial. 2013. Informe sobre el desarrollo mundial 2013. *Riesgo y oportunidad: la administración del riesgo como instrumento de desarrollo.* Washington DC.

Bebber, D.P., Ramotowski, M.A.T. y Gurr, S.J. 2013. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature, Climate Change*, 3, 985–988.

Braatz, S. 2012. Building resilience for adaptation to climate change through sustainable forest management. En: A. Meybeck, J. Lankoski, S. Redfern, N. Azzu, y V. Gitz, eds. *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector.* Actas de un seminario conjunto de la FAO y la OCDE. Roma. FAO.

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2015a. NAMA Registry. (Disponible en: <http://www4.unfccc.int/sites/nama/SitePages/Home.aspx>).

CMNUCC. 2016b. *Focus: Mitigation – NAMAs, Nationally Appropriate Mitigation Actions*.

CMNUCC. PNAA recibidos por la Secretaría. (Disponibles en: http://unfccc.int/adaptation/workstreams/national_adaptation_programmes_of_action/items/4585.php).

De Gorter, H. y Just, D.R. 2009. The economics of a blend mandate for biofuels. *American Journal of Agricultural Economy* 91: (3), 738–750

Earley, J. 2009. Climate change, agriculture and international trade: Potential conflicts and opportunities. *Biores*, 3(3).

Enciso, S.R.A., Fellmann, T., Pérez Dominguez, I. y Santini, F. 2016. Abolishing biofuel policies: possible impacts on agricultural price levels price variability and global food security. *Food Policy*, 61: 9–26.

FAO. 2008. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Biofuels, prospects, risks and opportunities*. Roma.

FAO. 2013. *Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales*. Roma.

FAO. 2016. *Climate change and food security: risks and responses*. Roma.

FAO y AgriCord. 2012. *Strength in numbers – effective forest producer organizations*. Roma, FAO.

FAO y OECD. 2012. *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*. Actas de un seminario conjunto de la FAO y la OCDE. Meybeck, A., Lankoski, J., Redfern, S. Azzu, N., y Gitz, V. Roma.

Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T.W., Garcia, F., Norton, R. y Zingore, S. 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. En: P. Dreschler, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen, y D. Wichelns. *Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification*. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWM), International Plant Nutrition Institute (IPNI), e Instituto Internacional de la Potasa (IPI), pp. 8-38.

Gregory, P.J., Johnson, S.N., Newton, A.C. e Ingram, J.S.I. 2009. Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *Journal of Experimental Botany*, 60(10): 2827-2838.

McCarthy, M., Best, M. y Betts, R. 2010. Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical Research Letters*, 37(9).

Meybeck, A., Azzu, N., Doyle, M. y Gitz V. 2012. Agriculture in National Adaptation Programmes of Action (NAPA). En: A. Meybeck, J. Lankoski, S. Redfern, N. Azzu y V. Gitz. *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*. Proceedings of a joint FAO/OECD Workshop. Roma, FAO.

OECD. 2015. *Aligning policies for a low-carbon economy*. París.

OECD. 2016. *Producer and consumer support estimates database of the OECD*. (Available at: <http://www.oecd.org/tad/agricultural-policies/producerandconsumersupportestimatesdatabase.htm>). París.

Place, F. y Meybeck, A. 2013. *Food security and sustainable resource use – what are the resource challenges to food security?* Documento de antecedentes para la conferencia “Food Security Futures: Research Priorities for the 21st Century”, 11-12 April 2013, Dublín (Irlanda).

Rosenzweig, C., Elliott, J., Deryng, D., Ruane, A.C., Müller, C., Arneth, A., Boote, K.J., Folberth, C., Glotter, M., Khabarov, N., Neumann, K., Piontek, F., Pugh, T.A.M., Schmid, E., Stehfest, E., Yang, H. y Jones, J.W. 2014. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3268–3273.

REFERENCIAS

Sorda, G., Banse, M. y Kemfert, C. 2010. An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, 38 (11): 6977–6988.

Thomson, L.J., Macfadyen, S. y Hoffmann, A.A. 2010. Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. *Biological Control*, 52 (3): 296–306.

Wilkes, A., Tennigkeit, T. y Solymosi, K. 2013. *National planning for GHG mitigation in agriculture*. A guidance document. Roma, FAO.

Wu, M. y Salzman, J. 2014. The next generation of trade and environment conflicts: the rise of green industrial policy. *Scholarship Law Article, Northwestern University Law Review*, 108(2): 401-474.

CAPÍTULO 6

Banco Mundial. 2015. *Mainstreaming climate action within financial institutions: five voluntary principles*. (Disponible en <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Climate/5Principles.pdf>).

Banco Mundial. 2016. Making climate finance work in agriculture. Documento de antecedentes preparado para *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016*, Washington D.C. (no publicado).

Buchner, B.K., Trabacchi, C., Mazza, F., Abramskiehn, D. y David Wang. 2015. *Global landscape of climate finance 2015*. Venecia, Italia, Climate Finance Initiative.

Cambodia Climate Change Alliance. 2015. *Planning and budgeting for climate change in Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries*. Cambodia Climate Change Alliance Phnom Penh.

Caravani A., Nakhooda S. y Terpstra P. 2014, *The Rio markers in practice*. Londres y Washington, ODI e Instituto de Recursos Mundiales.

Cattaneo, A., Lubowski, R., Busch, J., Creed, A., Strassburg, B., Boltz, F. y Ashton, R. 2010. On international equity in reducing emissions from deforestation. *Environmental Science & Policy*, Vol. 13(8): 742-753.

Conway, D., Keenlyside, P., Roe, S., Streck, C., Vargas-Victoria, G. y Varns, T. 2015. *Progress on the New York Declaration on Forests – An assessment framework and initial report*. Preparado por Climate Focus, en colaboración con Environmental Defense Fund, Forest Trends, The Global Alliance for Clean Cookstoves, y The Global Canopy Program.

DONOR Tracker. 2014. Analyzing development strategies. (Disponible en <http://www.donortracker.org/>).

FAO. 2012. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2012. Invertir en la agricultura para construir un futuro mejor*. Roma.

Gobierno de Camboya. 2016. *Report on Climate Public Expenditure Review 2012-14*. Ministry of Economy and Finance, Phnom Penh.

Gobierno de Tailandia. 2014. *Strengthening the governance of climate change finance in Thailand*. Country Brief.

IFPRI (Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias). 2015. *Statistics on Public Expenditures for Economic Development (SPEED)*. (Disponible en <https://www.ifpri.org/>).

Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M., y Varjo, J. 2010. *Forests and Society – Responding to Global Drivers of Change*. World Series Volume 25. Vienna, IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations).

Michaelowa A. y Michaelowa, K. 2011. Coding error or statistical embellishment? The political economy of reporting climate aid. *World Development*, 39 (11): 2010-2020.

Naciones Unidas. 2013. Base de datos de agregados de las contabilidades nacionales. (Disponible en: <http://unstats.un.org/unsd/snaama/dnList.asp>).

Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., Tokgoz, S., Zhu, T., Sulser, T.B., Ringler, C., Msangi, S. y You L. 2010. *Food security, farming, and climate change to 2050*. Washington, DC, IFPRI.

Norman, M. y Nakhooda, S. 2014. *The State of REDD+ Finance*. Washington, DC, Center for Global Development.

ODI (Overseas Development Institute). 2015. Climate Funds Update dataset. (Available at: <http://www.climatefundsupdate.org/>).

ODI. Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M., y Varjo, J. 2010. *Forests and Society – Responding to Global Drivers of Change*. World Series Volume 25. Vienna, IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations).

OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos). 2015a. Sistema de notificación por parte de los países acreedores (CRS). (Disponible en: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CRS1>).

OCDE. 2015b. *Toolkit to enhance access to adaptation finance: for developing countries that are vulnerable to adverse effects of climate change, including LIDCs, SIDS and African states*. Informe al Grupo de estudio sobre la financiación para el clima del G20, preparado por la OCDE en colaboración con el FMAM, París.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 2015. *Budgeting for climate change: how governments have used national budgets to articulate a response to climate change*. Bangkok.

ANEXO ESTADÍSTICO

Abraha, M.G. y Savage, M.J. 2006. Potential impacts of climate change on grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 115(1-4): 150-160.

Alexandrov, V. y Hoogenboom, G. 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(4): 315-327.

Arndt, C., Strzepeck, K., Tarp, F., Thurlow, J., Fant IV, C. 2011. Adapting to climate change: an integrated biophysical and economic assessment for Mozambique. *African Regional Perspectives*, 6(1): 7-20.

Berg, A., Noblet-Ducoudre, M. de. Sultan, B., Langaigne, M. y Guimberteau, M. 2013. Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 89-102.

Brassard, J.P. y Singh, B. 2007. Effects of climate change and CO₂ increase on potential agricultural production in Southern Québec, Canada. *Climate Research*, 34: 105-117.

Brassard, J.P. y Singh, B. 2008. Impacts of climate change and CO₂ increase on crop yields and adaptation options for Southern Quebec, Canada. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13: 241-265.

Butt, T.A., McCarl, B.A., Angerer, J., Dyke, P.T. y Stuth, J.W. 2005. The economic and food security implications of climate change in Mali. *Climatic Change*, 68(3): 355-378.

Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R.S.J. y Ringer, C. 2009. *Economywide Impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa*. Washington, DC, Documento de debate del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) n.º 873. Washington, DC, IFPRI.

Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. y Chhetri, N. 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4: 287-291.

Chhetri, N., Easterling, W.E., Terando, A. y Mearns, L. 2010. Modeling path dependence in agricultural adaptation to climate variability and change. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4): 894-907.

Ciscar, J., Iglesias, A., Feyen, L., Szabo, L., Regemorter, D., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J. y Soria, A. 2011. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 2678-2683.

Deryng, D., Sacks, W.J., Barford, C.C. y Ramankutty, N. 2011. Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochemical Cycles*, 25: GB2006.

REFERENCIAS

- FAO.** 2016d. FAOSTAT. Base de datos estadísticas en línea (consultado el 30 de julio de 2016) (disponible en <http://faostat.fao.org/>).
- Giannakopoulos, C., Le Seger, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E. y Goodess, C.** 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*, 68: 209-224.
- Hermans, C., Geijzenborffer, I., Ewert, F., Metzger, M., Vereijken, P., Woltjer, G. y Verhgen, A.** 2010. Exploring the future of European crop production in a liberalized market, with specific consideration of climate change and the regional competitiveness. *Ecological Modelling*, 221: 2177-2187.
- Iqbal, M.A., Eitzinger, J., Formayer, H., Hassan, A. y Heng, L.K.** 2011. A simulation study for assessing yield optimization and potential for water reduction for summer-sown maize under different climate change scenarios. *Journal of Agricultural Science*, 149: 129-143.
- Izaurrealde, R., Rosenberg, N.J., Brown, R.A. y Thomson, A.M.** 2001. Integrated assessment of Hadley Center (HadCM2) climate-change impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095. *Agricultural and Forest Meteorology*, 117: 97-122.
- Kim, C., Lee, S., Jeong, H., Jang, J., Kim, Y. y Lee, C.** 2010. *Impacts of climate change on Korean agriculture and its counterstrategies*. Korea Rural Economic Institute.
- Lal, M.** 2011. Implications of climate change in sustained agricultural productivity in South Asia. *Regional Environmental Change*, 11(Suppl. 1): S79-S94.
- Li, X., Takahashi, T., Nobuhiro, S. y Kaiser, H.M.** 2011. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural Systems*, 104(4): 348-353.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. y Naylor, R.L.** 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*: 319: 607-610.
- Moriondo, M., Bindi, M., Kundzewicz, Z., Szwed, M., Chorynski, A., Matczak, P., Radziejewski, M., McEvoy, D. y Wreford, A.** 2010. Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability. *Mitigation and Adaptation in Strategies for Global Change*, 15: 657-679.
- Müller, C., Bondeau, A., Popp, A., Waha, K. y Fadar, M.** 2010. *Climate change impacts on agricultural yields*. Nota de antecedentes para el Informe sobre el desarrollo mundial 2010. *Desarrollo y cambio climático*. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Washington, D. C., Banco Mundial.
- Osborne, T.M., Rose, G. y Wheeler, T.** 2013. Variation in the global-scale impacts of climate change on crop productivity due to climate model uncertainty and adaptation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 183-194.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. y Hakala, K.** 2011. Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 149(1): 49-62.
- Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., Shen, Z., Peng, S., Li, J., Zhou, L., Liu, H., Ma, Y., Ding, Y., Friedlingstein, P., Liu, C., Tan, K., Yu, Y., Zhang, T. y Fang, J.** 2010. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature*, 467: 43-51.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B. y Travasso, M.I.** 2014. Food security and food production systems. En: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White, eds. 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.), Cambridge University Press.
- Ringler, C., Zhu, T., Cai, X., Koo, J. y Wang, D.** 2010. *Climate change impacts on food security in sub-Saharan Africa*. Documento de debate n.º 01042. Washington, DC, IFPRI.

Rowhanji, P., Lobell, D., Lindermann, M. y Ramankutty, N. 2011. Climate variability and crop production in Tanzania. *Agriculture and Forest Meteorology*, 151: 449-460.

Schlenker, W. y Roberts, M.J. 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37): 15594-15598.

Shuang-He, S., Shen-Bin, Y., Yan-Xia, Z., Yin-Long, X., Xiao-Yan, Z., Zhu-Yu, W., Juan, L. y Wei-Wei, Z. 2011. Simulating the rice yield change in the middle and lower reaches of the Yangtze River under SRES B2 scenario. *Acta Ecologica Sinica*, 31: 40-48.

Southworth, J., Randolph, J.C., Habeck, M., Doering, O.C., Pfeifer, R.A., Rao, D.G. y Johnston, J.J. 2000. Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82: 139-158.

Tan, Z., Tieszen, L.L., Liu, S. y Tachie-Obeng, E. 2010. Modeling to evaluate the response of savanna-derived cropland to warming-drying stress and nitrogen fertilizers. *Climatic Change*, 100: 703-715.

Tao, F. y Zhang, Z. 2010. Adaptation of maize production to climate change in North China Plain: quantify the relative contributions of adaptation options. *European Journal of Agronomy*, 33(3): 103-116.

Tao, F. y Zhang, Z. 2011. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. *Climatic Change*, 105: 409-432.

Tao, F., Zhang, Z., Liu, J. y Yokozawa, M. 2009. Modelling the impacts of weather and climate variability on crop productivity over a large area: a new super ensemble-based probabilistic projection. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1266-1278.

Thornton, P.K., Jones, P.G., Alagarswamy, G. y Andresen, J. 2009. Spatial variation of crop yield response to climate change in East Africa. *Global Environmental Change*, 19: 54-65.

Thornton, P.K., Jones, P.G., Alagarswamy, G. y Andresen, J. y Herrero, M. 2010. Adapting to climate change: agricultural system and household impacts in East Africa. *Agricultural Systems*, 103: 73-82.

Thornton, P.K., Jones, P.G., Ericksen, P.J. y Challinor, A.J. 2011. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4°C+ world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369: 117-136.

Tingem, M. y Rivington, M. 2009. Adaptation for crop agriculture to climate change in Cameroon: turning on the heat. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14: 153-168.

Walker, N.J. y Schulze, R.E. 2008. Climate change impacts on agro-ecosystem sustainability across three climate regions in the maize belt of South Africa. *Agriculture, Ecosystems, & Environment*, 124: 114-124.

Wang, M., Li, Y., Ye, W., Bornman, J. y Yan, X. 2011. Effects of climate change on maize production, and potential adaptation measures: a case study in Jilin Province, China. *Climate Research*, 46: 223-242.

Xiong, W., Lin, E., Ju, H. y Xu, Y. 2007. Climate change and critical thresholds in China's food security. *Climatic Change*, 81: 205-221.

Xiong, W., Conway, D., Lin, E. y Holman, I. 2009. Potential impacts of climate change and climate variability on China's rice yield and production. *Climate Research*, 40: 23-35.

CAPÍTULOS ESPECIALES DE EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

En cada uno de estos informes a partir de 1957 han figurado uno o más estudios especiales sobre problemas de interés a mayor plazo. En los años precedentes, los estudios especiales trataron los siguientes temas:

1957	Factores que influyen en el consumo de alimentos Repercusión en la agricultura de algunos cambios institucionales de la posguerra	1968	El aumento de la productividad agrícola en los países en desarrollo mediante el mejoramiento tecnológico La mejora del almacenamiento y su contribución a los suministros mundiales de alimentos
1958	El desarrollo de la agricultura y la alimentación en África al sur del Sahara El desarrollo de las industrias forestales y su efecto sobre los montes del mundo	1969	Programas de mejora del mercadeo de productos agrícolas: enseñanzas de la experiencia reciente Modernización institucional para promover el desarrollo forestal
1959	Ingresos y nivel de vida en países que pasan por etapas distintas de su desarrollo económico Algunos problemas generales de fomento agrario en los países menos adelantados, según las experiencias de la posguerra	1970	La agricultura al comenzar el Segundo Decenio para el Desarrollo
1960	La programación del desarrollo agrícola	1971	La contaminación de las aguas del mar y sus efectos en los recursos vivos y la pesca
1961	La reforma agraria y los cambios institucionales La extensión, la enseñanza y la investigación agrícola en África, Asia y América Latina	1972	La enseñanza y la capacitación para el desarrollo Intensificación de la investigación agrícola en los países en desarrollo
1962	Papel de las industrias forestales en la superación del desarrollo económico insuficiente La industria ganadera en los países menos adelantados	1973	El empleo agrícola en los países en desarrollo
1963	Factores básicos que influyen en el desarrollo de la productividad en la agricultura El uso de fertilizantes: punta de lanza del desarrollo agrícola	1974	Población, suministro de alimentos y desarrollo agrícola
1964	Nutrición proteica: necesidades y perspectivas Los productos sintéticos y sus efectos sobre el comercio agrícola	1975	Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo: análisis intermedio y evaluación
1966	Agricultura e industrialización	1976	Energía y agricultura
1967	El arroz en la economía alimentaria mundial Incentivos y frenos para la producción agrícola en los países en desarrollo La ordenación de los recursos pesqueros	1977	El estado de los recursos naturales y el medio humano para la agricultura y la alimentación
		1978	Problemas y estrategias en las regiones en desarrollo
		1979	La silvicultura y el desarrollo rural
		1980	La pesca marítima en la nueva era de la jurisdicción nacional
		1981	La pobreza rural en los países en desarrollo y formas de mitigarla
		1982	Producción pecuaria: perspectivas mundiales
		1983	La mujer en el desarrollo agrícola
		1984	Sistemas de urbanización, agricultura y alimentación

1985	Utilización de la energía para la producción agropecuaria Tendencias ambientales en la alimentación y la agricultura La comercialización y el desarrollo agrícola	2006	¿Permite la ayuda alimentaria conseguir la seguridad alimentaria?
1986	Financiación del desarrollo agrícola	2007	Pagos a los agricultores por servicios ambientales
1987-88	Cambios en las prioridades de la ciencia y la tecnología agrícola en los países en desarrollo	2008	Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades
1989	Desarrollo sostenible y ordenación de los recursos naturales	2009	La ganadería, a examen
1990	El ajuste estructural y la agricultura	2010-11	Las mujeres en la agricultura: cerrar la brecha de género en aras del desarrollo
1991	Políticas y cuestiones agrícolas: los años ochenta y perspectivas para los noventa	2012	Invertir en la agricultura para construir un futuro mejor
1992	La pesca marítima y el derecho del mar: un decenio de cambio	2013	Sistemas alimentarios para una mejor nutrición
1993	Las políticas de recursos hídricos y la agricultura	2014	Innovación en la agricultura familiar
1994	Dilemas del desarrollo y la política forestal	2015	La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural
1995	Comercio agrícola: ¿comienzo de una nueva era?		
1996	Seguridad alimentaria: dimensiones macroeconómicas		
1997	La agroindustria y el desarrollo económico		
1998	Los ingresos rurales no agrícolas en los países en desarrollo		
2000	La alimentación y la agricultura en el mundo: enseñanzas de los cincuenta últimos años		
2001	Los efectos económicos de plagas y enfermedades transfronterizas en animales y plantas		
2002	La agricultura y los bienes públicos mundiales diez años después de la Cumbre para la Tierra		
2003-04	La biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de las personas pobres?		
2005	Comercio agrícola y pobreza: ¿puede el comercio obrar en favor de las personas pobres?		

2016

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

CAMBIO CLIMÁTICO, AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Si no se toman con urgencia medidas para que la agricultura aumente su sostenibilidad, productividad y resiliencia, los efectos del cambio climático comprometerán seriamente la producción de alimentos en los países y las regiones que ya sufren una gran inseguridad alimentaria. El Acuerdo de París, adoptado en diciembre de 2015, representa un nuevo principio en el esfuerzo mundial por estabilizar el clima antes de que sea demasiado tarde. En él se reconoce la importancia de la seguridad alimentaria en la respuesta internacional al cambio climático, como queda reflejado en el hecho de que muchos países sitúen en un lugar destacado el sector de la agricultura en sus contribuciones previstas para la adaptación y la mitigación. Para ayudar a poner en práctica tales planes, en este informe se señalan las estrategias, las oportunidades de financiación y las necesidades de datos e información correspondientes. También se describen las políticas y las instituciones transformadoras que pueden superar los obstáculos para su realización.



ISBN 978-92-5-309374-8 ISSN 0251-1371



9 789253 093748

I6030S/1/10.16