



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

2020

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA, Y LA ALIMENTACIÓN

**SUPERAR LOS DESAFÍOS
RELACIONADOS CON EL AGUA
EN LA AGRICULTURA**

Esta publicación forma parte de la serie editada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura sobre **EL ESTADO DEL MUNDO**.

Cita requerida:

FAO. 2020. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura*. Roma.
<https://doi.org/10.4060/cb1447es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre el estado legal o de desarrollo de cualquier país, territorio, ciudad o área o sus autoridades, o sobre la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas específicas o productos de fabricantes, estén o no patentados, no implica que la FAO los haya respaldado o recomendado con preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las designaciones empleadas y la presentación del material en los mapas no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la FAO sobre el estatuto jurídico o constitucional de ningún país, territorio o zona marítima, ni sobre la delimitación de fronteras.

ISSN 0251-1371 [IMPRESA]

ISSN 1564-3379 [EN LÍNEA]

ISBN 978-92-5-133644-1

© FAO 2020



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

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

Toda mediación relativa a las controversias que se deriven con respecto a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) en vigor.

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

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


FOTO DE PORTADA ©FAO/Giulio Napolitano

KENYA. Los pastores y los rebaños de ganado se reúnen en un pozo de agua en una zona seca del lago de Magadi.

2020

**EL ESTADO
MUNDIAL DE
LA AGRICULTURA Y
LA ALIMENTACIÓN**

**SUPERAR LOS DESAFÍOS
RELACIONADOS CON EL AGUA
EN LA AGRICULTURA**



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Roma, 2020

ÍNDICE

PRÓLOGO

METODOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS

SIGLAS Y ABREVIATURAS

GLOSARIO

MENSAJES PRINCIPALES

RESUMEN

CAPÍTULO 1 **INTRODUCCIÓN: POBLACIÓN,** **AGUA Y AGRICULTURA**

Mensajes principales

Los retos para la sostenibilidad relacionados con el agua: un creciente sentido de urgencia

Presiones antrópicas y disponibilidad de agua: una ecuación desequilibrada

Mejora de la gobernanza para garantizar un acceso equitativo al agua

Agua, seguridad alimentaria y sistemas alimentarios

Descripción del alcance del informe

CUESTIONES ESPECÍFICAS

Mejora del acceso a agua potable salubre en las zonas rurales

CAPÍTULO 2 **SITUACIÓN DEL DÉFICIT** **HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE** **AGUA EN LA AGRICULTURA**

Mensajes principales

El déficit hídrico y la escasez de agua constituyen una preocupación mundial

Déficit hídrico y escasez de agua en contextos cambiantes

Los efectos del cambio climático

v Abordar el déficit hídrico y la escasez de agua: el contexto general 48

ix Conclusiones 49

xi **CUESTIONES ESPECÍFICAS**

xii **Agricultura, contaminación del agua y salinidad** 51

CAPÍTULO 3 **RESPUESTAS DE LA** **AGRICULTURA A LAS** **LIMITACIONES DE** **ABASTECIMIENTO HÍDRICO** 59

1 Mensajes principales 59

2 Reconsiderar las vías para superar el déficit hídrico y la escasez de agua 60

5 Aprovechar el potencial de la producción de cultivos de secano 63

14 Comprender la heterogeneidad de los rendimientos de los sistemas de regadío 67

16 Enfoques integrados a escala de las explotaciones agrícolas para mejorar la productividad del agua en la producción de secano y de regadío 76

21 Productividad del agua en la producción animal 80

23 Enfoques de la gestión del agua e impacto fuera de la explotación agrícola 82

Fuentes hídricas no convencionales para reducir la escasez 84

29 Lograr que la innovación, las comunicaciones y la tecnología sean útiles para todos 87

Conclusiones 89

30 **CUESTIONES ESPECÍFICAS**

36 **La acuicultura en el contexto del uso sostenible del agua en los sistemas alimentarios** 91

CAPÍTULO 4 **UNA MEJOR GOBERNANZA** **PARA LA GESTIÓN DE LOS** **RECURSOS HÍDRICOS EN LA** **AGRICULTURA** 97

Mensajes principales 97

La función de la gobernanza en la gestión de las limitaciones de abastecimiento hídrico 98

Contabilidad y auditoría transparentes del agua 100

Herramientas para gestionar la escasez de agua en la agricultura de regadío 102

Pensar más allá del riego: la gobernanza del agua en sistemas de secano e integrados 113

Conclusiones 116

CUESTIONES ESPECÍFICAS

¿Demasiada agua? Inundaciones, encharcamiento y agricultura 119

CAPÍTULO 5 **UNA VISIÓN INTEGRAL DE LA** **AGRICULTURA Y EL AGUA:** **POLÍTICAS Y PRIORIDADES** 125

Mensajes principales 125

Garantizar la armonización de las políticas relativas al agua, a la agricultura y a la seguridad alimentaria y la nutrición 127

Establecimiento de prioridades de políticas para reducir las limitaciones del abastecimiento hídrico en la agricultura 137

Conclusiones 145

ANEXO TÉCNICO 147

ANEXO ESTADÍSTICO 150

REFERENCIAS 168

CUADROS, FIGURAS Y RECUADROS

CUADROS

- 1** Huella de agua de determinados productos alimentarios
- 2** Productividad promedio del agua a escala mundial para determinadas categorías de alimentos
- 3** Ventajas y deficiencias habituales de los sistemas de riego
- 4** Productividad promedio del agua a escala mundial para algunos productos animales
- 5** Métodos de fijación de los precios del agua
- 6** Impacto de aspectos relativos a la gobernanza relacionados con el riego en la pesca continental y la acuicultura
- 7** Prioridades de las políticas para una mejor gestión de los recursos hídricos en la agricultura
- A1** Hectáreas y personas que viven en zonas agrícolas con déficit hídrico y escasez de agua, por país o territorio
- A2** Hectáreas y porcentaje de tierras por sistema de producción con déficit hídrico y escasez de agua, por país o territorio

FIGURAS

- 1** El agua y las metas pertinentes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

- 2** Recursos de agua dulce renovables per cápita desglosados por región, 1997-2017
- 3** Extracciones mundiales de agua por sectores
- 4** Extracciones totales de agua per cápita por región, 2010 y 2017
- 5** Frecuencia histórica de las sequías en tierras cultivables de secano, 1984-2018
- 6** Frecuencia histórica de las sequías en tierras de pastoreo de secano, 1984-2018
- 7** Indicador 6.4.2 de los ODS. Nivel de estrés hídrico en zonas de regadío, 2015
- 8** Contribución de la agricultura al nivel de estrés hídrico, por cuenca, 2015
- 9** Posicionamiento de países seleccionados sobre la base de la proporción de tierras cultivables de secano y de regadío con frecuencia de sequía de elevada a muy elevada o estrés hídrico de alto a muy alto, respectivamente
- 10** Proporción de tierras cultivables con limitaciones de abastecimiento hídrico, por sistema de producción, en países seleccionados
- 11** Proporción de tierras cultivables según el sistema de producción y el nivel de déficit hídrico y escasez de agua, por región
- 12** Proporción de tierras cultivables según el sistema de producción y el nivel de déficit hídrico y escasez de agua, por nivel de ingresos y grupos de países
- 13** Posicionamiento de las respuestas al déficit hídrico y la escasez de agua dentro del contexto normativo más amplio
- 14** Gestión de los recursos hídricos para uso agrícola en un espectro de condiciones que va de secano a de regadío
- 15** Rendimiento hortícola por región, 2012
- 16** Principales prácticas de gestión de los recursos hídricos en la agricultura de secano
- 17** Productividad económica del agua en cultivos de regadío seleccionados, por región
- 18** Productividad económica real del agua y brechas de productividad del agua en cultivos de regadío seleccionados, por región
- A1** Frecuencia histórica de sequías en tierras de cultivo de secano con altos insumos, 1984-2018
- A2** Frecuencia histórica de sequías en tierras de cultivo de secano con bajos insumos, 1984-2018

CUADROS, FIGURAS Y RECUADROS

A3 Indicador 6.4.2 de los ODS. Nivel de estrés hídrico a escala nacional, 2015

A4 Indicador 6.4.2 de los ODS. Nivel de estrés hídrico a escala de la cuenca, 2015

RECUADROS

1 *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1993*, Las políticas de recursos hídricos y la agricultura

2 El ciclo hidrológico y la agricultura

3 La competencia en la demanda de agua está determinada por el nivel de ingresos de los países

4 Las características inherentes al agua la convierten en un elemento difícil de gestionar

5 El nexo entre agua, energía y alimentación y la producción de biocombustible

6 Productividad de la tierra en la agricultura de regadío y de secano en el África subsahariana

7 Un vistazo a los diferentes sistemas de producción incluidos en el SPAM

8 El posible papel del comercio en la gestión de la escasez de agua

9 Función del riego suplementario en la productividad y sistemas de secano resilientes

10 Riego impulsado por los agricultores: pruebas de estudios sobre el África subsahariana

11 Los beneficios del riego moderno: pruebas de estudios sobre China, la India y los Estados Unidos de América

12 Efecto de la gestión de los cultivos en la evapotranspiración, el rendimiento y la productividad del agua: pruebas de estudios sobre la Argentina y la India

13 Un cálculo global del potencial de mejora de la producción de cultivos de secano y de regadío

14 Soluciones basadas en los bosques y la naturaleza

15 Base de datos de acceso libre sobre la productividad del agua: teledetección de la productividad hídrica

16 Gobernanza del agua en favor de la agricultura y la seguridad alimentaria

17 Evolución de la gobernanza del agua en Marruecos: la producción de zanahorias en la provincia de Berrechid

18 Examen de la tenencia del agua

19 Efectos de los mercados de aguas subterráneas en la equidad y en el uso eficiente del agua: los casos de China y la India

20 Gestión de las aguas subterráneas en los Estados Unidos de América

21 Las asociaciones de usuarios del agua aportan beneficios, pero es necesario prestar atención a la gobernanza: pruebas de estudios sobre Asia

22 Incentivos, escasez de agua y productividad en la región del Cercano Oriente y África del Norte

23 Bombas de riego alimentadas por energía solar para pequeños agricultores: pruebas de estudios sobre Bangladesh y la India

24 El papel del agua virtual y de su comercio en cuanto a garantizar un uso óptimo de los recursos hídricos

25 El reto de la coordinación de políticas: experiencias de Bolivia (Estado Plurinacional de) y Chile

PRÓLOGO

Nuestra existencia depende del agua: la que bebemos y la que utilizamos para cultivar alimentos. La agricultura necesita el agua dulce de los ríos, los lagos y los acuíferos. Los cultivos de secano y gran parte de la producción ganadera dependen del agua que aportan unas precipitaciones limitadas. Por otro lado, los ecosistemas relacionados con el agua también sustentan los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición mediante, entre otras cosas, el mantenimiento de la pesca continental y la acuicultura. El suministro de agua dulce no contaminada es necesario para asegurar la salubridad del agua potable y el respeto de las normas de higiene e inocuidad alimentaria con el fin de garantizar la salud humana. Además, el agua tiene muchos otros usos y contribuye a la realización de otras actividades del ser humano.

En este contexto, no cabe duda de que el agua es un elemento que sustenta muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El ODS 6, en particular, consiste en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Por desgracia, este informe demuestra que el logro de este objetivo para 2030 constituirá un reto. La necesidad de “producir más con menos” queda puesta de relieve por el hecho de que, como consecuencia del crecimiento demográfico, los recursos de agua dulce disponibles por persona han disminuido más de un 20% en los dos últimos decenios. A medida que la demanda aumenta, el agua dulce se vuelve cada vez más escasa, la competencia por ella se intensifica y las excesivas extracciones ponen en riesgo los ecosistemas relacionados con el agua y los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. La agricultura tiene un importante papel que desempeñar en la senda hacia la sostenibilidad, dado que la producción agrícola de regadío es responsable de más del 70% de las extracciones mundiales de agua y, en general, el 41% de las extracciones no son compatibles con el sostenimiento de los servicios ecosistémicos.

La agricultura de secano debe complementar el riego que se realiza con los escasos recursos de agua dulce, pero el agua de lluvia también se presenta en cantidades finitas. Además, el cambio climático ya está alterando gravemente los patrones de lluvias. El aumento en la frecuencia de las sequías y el consiguiente déficit hídrico en la agricultura de secano representan un riesgo significativo para los medios de vida y la seguridad alimentaria, especialmente los de las poblaciones más vulnerables que habitan en las zonas menos desarrolladas del mundo.

Debemos tomarnos muy en serio tanto la escasez de agua (el desequilibrio entre el suministro y la demanda de recursos de agua dulce) como el déficit hídrico (que se refleja en unos regímenes de precipitaciones inadecuados), porque actualmente son la realidad en la que todos vivimos. Gracias a la labor de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), podemos determinar cuántas personas y tierras se ven afectadas por la escasez de agua y el déficit hídrico. En este informe se estima que 1 200 millones de personas viven en zonas agrícolas que padecen niveles de estrés hídrico muy elevados (que afectan a zonas de regadío) o una frecuencia de sequías muy alta (que afecta a los pastizales y tierras de cultivo de secano). De ellas, 520 millones viven en zonas rurales, mientras que 660 millones residen en pequeños núcleos urbanos rodeados de tierras agrícolas. Si incluimos también las zonas que experimentan niveles altos (sumados a los muy altos) de estrés hídrico y frecuencia de sequías, la cifra total aumenta hasta los 3 200 millones, de los que 1 400 millones viven en zonas rurales. En términos relativos, aproximadamente el 11% del total de tierras de cultivo y el 14% de los pastizales padecen sequías recurrentes, mientras que más del 60% de las tierras de cultivo de regadío acusan un estrés hídrico elevado. Estas primeras estimaciones del indicador 6.4.2 de los ODS sobre el nivel de estrés hídrico, junto a la evidencia de un déficit hídrico persistente

en la agricultura de secano, ponen de relieve la necesidad de actuar urgentemente para asegurar que el agua se gestione de manera sostenible. En ausencia de tal actuación, la creciente demanda de agua y los efectos cada vez mayores del cambio climático amenazan con empeorar la situación.

Al margen del ODS 6, combatir el déficit hídrico y la escasez de agua es fundamental para la realización de otros muchos objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Agenda 2030), entre ellos el de lograr el hambre cero. El mundo todavía tiene diez años para alcanzar estos objetivos, pero solo podremos tener éxito si hacemos un uso mejor y más productivo de nuestros limitados recursos hídricos, tanto los de agua dulce como los de aguas pluviales. La agricultura ocupa un espacio central en este reto, no solo porque se ve gravemente afectada por las limitaciones del abastecimiento hídrico, sino porque es la mayor usuaria de agua del mundo. Esto significa que el modo en que la agricultura utilice el agua dulce resultará decisivo a fin de garantizar su disponibilidad para otras actividades y preservar los ecosistemas relacionados con el agua. A medida que el mundo se oriente hacia dietas más saludables —a menudo compuestas de alimentos que exigen un uso relativamente intensivo de agua, como leguminosas, nueces, carne de ave y productos lácteos— el uso sostenible de los recursos hídricos será cada vez más vital. La agricultura de secano aporta la mayor parte de la producción alimentaria mundial. Sin embargo, para que siga haciéndolo, debemos mejorar la forma en que gestionamos los recursos hídricos que aportan las limitadas precipitaciones.

Con este informe, la FAO envía un mensaje firme: el déficit hídrico y la escasez de agua en la agricultura deben abordarse de inmediato y con audacia si queremos tomarnos en serio nuestro compromiso de lograr los ODS. Están en

juego la seguridad alimentaria y la nutrición mundiales. El déficit hídrico y la escasez de agua comprometen el entorno que es necesario para posibilitar y garantizar el acceso a los alimentos de millones de personas que padecen hambre en numerosos lugares del mundo, así como para reducir el costo de los alimentos nutritivos con objeto de asegurar la asequibilidad de una alimentación saludable para miles de millones de personas. La creciente competencia por el agua —entre sectores, entre usuarios y, a veces, entre países— también plantea serios desafíos. En ausencia de una gobernanza adecuada, la mayor competencia puede agravar las ya grandes desigualdades de acceso al agua. Una vez más, los que se encuentran en situación de mayor riesgo son los grupos más pobres y vulnerables, como es el caso de los pequeños agricultores y las mujeres. Las comunidades y personas que dependen de los ecosistemas relacionados con el agua, como, por ejemplo, los pescadores de la pesca continental también corren el riesgo de salir perdiendo, pues a menudo se les desatiende. En el peor de los casos, el aumento de la competencia puede dar lugar a conflictos en todos los planos —desde el local al internacional— y entre diferentes grupos.

Por esta razón, el presente informe hace especial hincapié en mejorar la gobernanza del agua, con el objetivo de garantizar que el uso de los limitados recursos hídricos sea el más productivo, salvaguardando al mismo tiempo los servicios de los ecosistemas relacionados con el agua y garantizando el acceso equitativo para todos. Aunque la gobernanza del agua en la agricultura se ha centrado en el riego, este informe amplía su alcance para abordar también los retos que afronta la agricultura de secano, con inclusión de los sistemas de pastoreo. Además, en el informe se reconoce la importancia de restablecer y mantener los caudales ambientales y garantizar los servicios ecosistémicos. Se destaca que la contabilidad y la auditoría del agua ocupan un lugar central en todo programa destinado a combatir las

limitaciones relacionadas con el agua. Se afirma asimismo que la contabilidad y la auditoría del agua se diseñan y ejecutan mejor como procesos que se apoyan mutuamente. Al establecer un vínculo entre, por un lado, las personas y su relación con los recursos hídricos y, por otro, el balance hídrico general, este informe también resalta el potencial de la tenencia del agua para abordar las limitaciones hídricas y complementar la auditoría y la contabilidad. Con la importancia de la gobernanza como tema de fondo, el informe ofrece sugerencias sobre las líneas de actuación en tres planos diferentes: i) técnico y de gestión; ii) institucional y jurídico, y iii) normativo general.

En el plano técnico y de gestión, un reto clave consiste en aprovechar el potencial de la agricultura de secano mediante la mejora de la gestión del agua. Esto implica, o bien una mejor conservación del agua que contienen los suelos, o bien la adopción de técnicas de recogida de aguas pluviales. La productividad de los sistemas de regadío se puede potenciar considerablemente invirtiendo en sistemas de riego nuevos o rehabilitando y modernizando los existentes. En todos los casos, la eficacia de las prácticas mejoradas de gestión del agua es mayor cuando se combinan con prácticas agrícolas también mejoradas, por ejemplo, mediante el uso de variedades tolerantes a la sequía. Existen además posibilidades de incrementar la productividad del agua en la producción pecuaria, por ejemplo, mediante la mejora del pastoreo y de la sanidad animal. En todo caso, las medidas que se adopten en el plano de la explotación deben formar parte de un enfoque más amplio centrado en el territorio, a fin de dar cuenta de los efectos causados sobre los balances hídricos de las zonas de captación y las cuencas fluviales.

Esto exige marcos institucionales y jurídicos eficaces que, una vez adaptados a cada contexto específico, permitan una gobernanza del agua mejorada y, por ende,

estrategias de gestión innovadoras. El punto de partida para cualquier estrategia eficaz de gestión y gobernanza del agua debería ser la contabilidad y auditoría del recurso. Sucesivamente, para gestionar la competencia en la demanda de agua, garantizar el acceso equitativo a esta y proteger los ecosistemas, serán necesarias unas instituciones y reglamentaciones eficaces que promuevan la coordinación entre los distintos actores. Un pilar fundamental de este enfoque es asegurar la tenencia del agua y de la tierra, que —en combinación también con mecanismos de comercio y de fijación de precios del agua— puede crear incentivos para un uso eficiente de los recursos hídricos. A menudo, las asociaciones de usuarios de agua de ámbito comunitario pueden contribuir a mejorar la gestión del recurso. No obstante, las soluciones deben adaptarse a las condiciones locales y deben ser ideadas por las partes interesadas pertinentes o junto con ellas.

Por último, en el plano del entorno normativo general, es indispensable la coherencia y coordinación de las políticas tanto entre los distintos sectores y lugares como dentro de cada uno de ellos. Son necesarias estrategias coherentes en relación con las tierras de cultivo de secano y regadío, los sistemas de producción ganadera, la actividad forestal, así como la pesca continental y la acuicultura. Los incentivos constituyen un elemento clave de la coherencia entre las políticas y deberían promover la productividad del agua y la protección de los ecosistemas. Sin embargo, las subvenciones a los insumos, a la energía y a la producción pueden fomentar ineficiencias y un uso insostenible del agua, por ejemplo, en forma de extracción excesiva de aguas subterráneas.

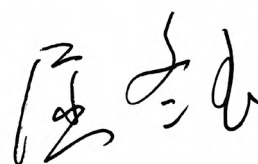
No existe un enfoque de aplicación universal para combatir el déficit hídrico y la escasez de agua. Los distintos países —e incluso las distintas regiones dentro de ellos— tienen diferentes

PRÓLOGO

características y afrontan retos diferentes. Por consiguiente, las soluciones propuestas en el presente informe guardan consonancia con los enfoques territoriales adoptados por la Iniciativa Mano de la mano de la FAO para abordar los problemas y retos en el plano territorial subnacional. El informe propone posibles prioridades de política en diferentes tipos de producción que pueden adaptarse, tanto en la agricultura de regadío como en la de secano, utilizando datos geoespaciales disponibles a través de la FAO.

Parafraseando a Benjamin Franklin, que también fue un distinguido científico: no

esperemos a que el pozo se seque para comprender el valor del agua. Este informe pone de relieve la urgencia del problema que nos ocupa, así como el importante papel que el sector agrícola debe desempeñar para hacer frente a situaciones de déficit hídrico y escasez de agua cada vez mayores. Invito a todas las partes interesadas a leer el informe y a que, desde su perspectiva, tomen de él las opciones adecuadas para abordar los retos relacionados con el agua y, lo que es más importante, las pongan en práctica para mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, así como la sostenibilidad medioambiental, en sintonía con el espíritu de la Agenda 2030.



Qu Dongyu
Director General de la FAO

METODOLOGÍA

La preparación de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020* comenzó con una reunión celebrada en la Sede de la FAO, en Roma, el 19 de noviembre de 2019, a la que asistieron especialistas de las unidades pertinentes de la Organización para examinar el plan del informe. Después de la reunión, se formó un grupo asesor integrado por representantes de todas las unidades técnicas y presidido por el Director Adjunto de la División de Economía Agroalimentaria de la FAO para que prestara asistencia en el proceso de redacción. Los primeros borradores de los capítulos se presentaron al grupo asesor y al grupo de expertos externos entre el 17 y el 21 de febrero de 2020. El borrador completo se debatió posteriormente en un taller celebrado el 26 y 27 de febrero. Con las aportaciones de dicho taller, el informe se revisó y se presentó al equipo directivo de la línea de trabajo sobre Desarrollo económico y social de la FAO. Con el fin de recabar observaciones, se distribuyó el borrador revisado a otras líneas de trabajo de la Organización y a las oficinas regionales de la FAO para África, América Latina y el Caribe, Asia y el Pacífico, el Cercano Oriente y África del Norte, y Europa y Asia Central, así como a revisores externos. Las observaciones se incorporaron en el borrador final, que fue examinado por el Subdirector General responsable de la línea de trabajo sobre Desarrollo económico y social y luego se remitió a la Oficina del Director General de la FAO el 3 de noviembre de 2020. Al redactar el informe, el equipo de investigación y redacción se basó en documentos de antecedentes elaborados por la FAO y los expertos externos.

AGRADECIMIENTOS

El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020 ha sido elaborado por un equipo multidisciplinario de la FAO bajo la dirección de Marco V. Sánchez Cantillo, Director Adjunto responsable de la División de Economía Agroalimentaria de la FAO, y de Andrea Cattaneo, Economista superior y editor de la publicación. Máximo Torero Cullen, Economista Jefe responsable de la línea de trabajo sobre Desarrollo económico y social, brindó su orientación general. También aportó su orientación el equipo directivo de la línea de trabajo sobre Desarrollo económico y social.

Equipo de investigación y redacción

Laura D'Aiatti, Paulo Dias, Giovanni Federighi, Theresa McMenomy, Fergus Mulligan (editor consultor), Jakob Skøt y Sara Vaz.

Documentos de antecedentes, datos y secciones del informe

K.H. Anantha (ICRISAT), Jennie Barron (Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia), Sreenath Dixit (ICRISAT), Kaushal Garg (ICRISAT), Mesfin Mekonnen (Universidad de Nebraska), Yulie Meneses (Universidad de Nebraska), Christopher Neale (Universidad de Nebraska), Mark Rosegrant (investigador emérito en el IFPRI), Anna Tengberg (SIWI), Bing Wang (Universidad de Nebraska en Lincoln) y Anthony Whitbread (ICRISAT).

Otras aportaciones de la FAO

Jiro Ariyama, Charles Batchelor, Riccardo Biancalani, Dubravka Bojic, Sally Bunning, Sara Casallas Ramírez, Piero Conforti, Marlos de Souza, Gianluca Franceschini, Simon Funge-Smith, Virginie Gillet, Leman Yonca Gurbuzer, Matthias Halwart, Sasha Koo-Oshima, Yanyun Li, Michela Marinelli, Anne Mottet, Marcel Mucha, Douglas Muchoney, Oscar Rojas, Rodrigo Roubach, Ahmad Sadiddin, Austin Stankus, John Valbo-Jørgensen, Domitille Vallée, Louise Whiting y Xinhua Yuan.

Grupo asesor de la FAO

Mohamed Al-Hamdi, Fenton Beed, Dubravka Bojic, Riccardo Biancalani, Ruhiza Jean Boroto, Sally Bunning, Sara Casallas Ramírez, Camillo De Camillis, Marlos de Souza, Jean-Marc Faurès, Simon Funge-Smith, Kakoli Ghosh, Virginie Gillet, Matthias Halwart, Jippe Hoogeveen, Sasha Koo-Oshima, Yanyun Li, Mohamed Manssouri, Michela Marinelli, Chikelu Mba, Patricia Mejias Moreno, Anne Mottet, John Preissing, Oscar Rojas, Ahmad Sadiddin, Nuno Santos, Elaine Springgay, Francesco Tubiello, Olcay Ünver, John Valbo-Jørgensen, Sylvie Wabbes-Candotti y Louise Whiting.

Grupo de expertos externos

Jennie Barron (Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia), Mesfin Mekonnen (Universidad de Nebraska-Lincoln), Audrey Nepveu (FIDA), Jean D'Amour Nkundimana (PMA), Cédric Pene (OMC), Claudia Ringler (IFPRI), Mark Rosegrant (investigador emérito en el IFPRI) y Bing Zhao (PMA).

Anexo estadístico

La preparación del Anexo corrió a cargo de Laura D'Aiatti, Giovanni Federighi y Sara Vaz.

Apoyo administrativo

Edith Stephany Carrillo y Liliana Maldonado.

El Grupo de Edición de la Oficina de Comunicación de la FAO proporcionó apoyo editorial y se encargó del diseño y la maquetación, así como de la coordinación de la producción, en los seis idiomas oficiales.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

Agenda 2030	Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	LEGS	Directrices y normas de emergencia para el sector ganadero
COVID-19	nueva enfermedad por coronavirus	LSMS-ISA	Estudio de medición de los niveles de vida - Encuestas Integradas sobre Agricultura
EMNV	Estudio de medición de los niveles de vida	m³	metro cúbico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola	OMS	Organización Mundial de la Salud
GEI	gases de efecto invernadero	ONU	Organización de las Naciones Unidas
GLAAS	Análisis y evaluación mundiales del saneamiento y el agua potable	PDL	países en desarrollo sin litoral
GMIA	Mapa global de zonas de regadío	PEID	pequeños Estados insulares en desarrollo
GODAN	Base de datos mundiales de libre acceso sobre agricultura y nutrición	PIB	producto interno bruto
GPS	Sistema de Posicionamiento Mundial	PMA	países menos adelantados
I+D	investigación y desarrollo	PMA	Programa Mundial de Alimentos
IFPRI	Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias	SPAM	Modelo de Asignación Espacial de la Producción
IIASA	Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados	TIC	tecnologías de la información y la comunicación
IMPACT	modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas	UNDESA	Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas
IWMI	Instituto Internacional para el Manejo del Agua	UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
LEAP	Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería	USD	dólar estadounidense
		ZAEM	zonas agroecológicas mundiales

GLOSARIO

Agua azul: se designa con este término el agua de lagos, ríos y acuíferos. El agua azul se presenta en dos formas distintas: como escorrentía superficial en las masas de agua superficiales y como escorrentía subterránea renovable en los acuíferos¹.

Agua dulce: el agua presente en la superficie de la Tierra en glaciares, lagos y ríos (aguas superficiales) y bajo la superficie en acuíferos (aguas subterráneas). Su característica principal es la baja concentración de sales disueltas. El término no se aplica al agua de lluvia, a la almacenada en el suelo (humedad del suelo), a las aguas residuales sin tratar, al agua de mar ni a las aguas salobres¹.

Aguas no convencionales: las aguas disponibles para su uso sin que se aumente la carga sobre los recursos primarios renovables de agua dulce. Comprenden i) el agua de mar o agua salobre desalinizada; ii) el uso directo de aguas residuales (tratadas); y iii) el uso directo de agua de drenaje agrícola¹.

Agua verde: se designa con este término la fracción del agua de lluvia que se almacena en el suelo y está disponible para el crecimiento vegetal¹.

Auditoría del agua: la auditoría del agua va un paso más allá respecto a la contabilidad del agua, ya que sitúa las tendencias del suministro, la demanda, la accesibilidad y el uso del agua en el contexto más amplio de la gobernanza, las instituciones, el gasto público y privado, la legislación y la economía política general en ámbitos especificados⁵.

Caudal de retorno: es la parte del agua que se ha extraído de su fuente, no se ha consumido y regresa a su fuente o a alguna otra masa de agua superficial o subterránea. El caudal de retorno se puede dividir en caudal no recuperable (el que vierte a saladares o a aguas subterráneas poco rentables, o de calidad insuficiente), y caudal recuperable (el

que llega a los ríos o se infiltra en acuíferos subterráneos)¹.

Contabilidad del agua: es el estudio sistemático de la situación actual y las tendencias del suministro, la demanda, la accesibilidad y el uso del agua en ámbitos espaciales y temporales especificados⁵.

Déficit hídrico: consiste en el abastecimiento insuficiente de agua de calidad aceptable, es decir, niveles bajos de suministro de agua, en un momento y en un lugar determinados, respecto a los niveles planeados. El déficit puede producirse por efecto de factores climáticos, por otras causas que den lugar a recursos hídricos insuficientes, como la falta de infraestructuras o el mantenimiento inadecuado de las existentes, o por efecto de diversos otros factores hidrológicos o hidrogeológicos¹. En este informe se utiliza como valor representativo del déficit hídrico en la agricultura de secano un indicador de la frecuencia de sequías.

Derecho de uso del agua: en el sentido jurídico del término, es el derecho legal a extraer o desviar y usar agua de una determinada fuente natural; retener o almacenar una cantidad específica de agua en una fuente natural mediante una presa o alguna otra estructura hidráulica; o usar o mantener agua en un estado natural (caudal ecológico en un río; recreación; prácticas religiosas o espirituales; agua para beber, lavar o bañarse; o agua para animales)¹.

Eficiencia en el uso del agua: es la relación entre el uso efectivo de agua para un fin específico y la extracción real de agua. En el sector del riego, la eficiencia del uso del agua es la relación entre la estimación de las necesidades de agua de riego de las plantas (a través de la evapotranspiración) y la extracción real de agua. Se trata de un concepto adimensional que puede aplicarse a cualquier escala (planta, campo, plan de riego, cuenca, país, etc.). El uso eficiente del agua en agricultura se puede conseguir, por ejemplo, reduciendo las pérdidas de agua en el transporte

y la distribución, aumentando la productividad de los cultivos, cambiando las fechas de plantación o utilizando diferentes variedades de cultivos. Sin embargo, el hecho de que un cierto uso agrícola del agua se vuelva más eficiente no significa que realmente se haya ahorrado agua¹. En la búsqueda de una mayor eficiencia es fundamental adoptar una visión amplia (por ejemplo, que comprenda toda la cuenca), en que se reconozca que las llamadas “pérdidas” pueden contribuir a la productividad de otros usuarios y en otras partes del ciclo del agua.

Escasez de agua: es el desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua en un área determinada (país, región, zona de captación, cuenca fluvial, etc.) como resultado de una demanda demasiado elevada con respecto al suministro disponible en el marco de los arreglos institucionales en vigor (incluido el precio) y las condiciones de la infraestructura. Son síntomas de escasez de agua la demanda insatisfecha, las tensiones entre usuarios, la competencia por el agua, la sobreexplotación de aguas subterráneas y los flujos insuficientes al entorno natural. Se entiende por escasez de agua artificial o construida la condición resultante del desarrollo excesivo de infraestructuras hidráulicas con respecto al nivel de suministro disponible, lo que conduce a un déficit hídrico creciente¹. En este informe, el estrés hídrico —expresado por el indicador 6.4.2 de los ODS— se utiliza como valor representativo de la gravedad de la escasez de agua que afecta a la agricultura de regadío.

Extracción de agua: es el volumen bruto de agua que se extrae para cualquier fin (agrícola, industrial o municipal)¹. Puede aplicarse a recursos de agua dulce renovables, a la extracción excesiva de aguas subterráneas renovables o a la extracción de aguas subterráneas fósiles, al uso directo de aguas residuales (tratadas), a aguas desalinizadas o al uso directo de agua de drenaje agrícola.

Fijación de precios del agua: es la acción de establecer un precio para un servicio hídrico. El precio

puede calcularse de manera que cubra todos los costos del servicio hídrico o una parte de ellos, o para inducir un cambio de comportamiento con respecto al uso del agua, de modo que se desperdicie menos. En el caso del agua de riego, el precio se puede calcular por superficie de tierras, por tipo de cultivo o con un criterio volumétrico⁷.

Gobernanza del agua: hace referencia a los procesos, actores e instituciones que intervienen en la toma de decisiones relativa al desarrollo y la gestión de los recursos hídricos y a la prestación de servicios relacionados con el agua, abarcando los ámbitos político, administrativo, social y económico, así como los sistemas y mecanismos formales e informales empleados⁶.

Indicador 6.4.1 de los ODS (cambio en la eficiencia del uso del agua con el tiempo): se define como el valor añadido por unidad de agua utilizada, expresado en USD/m³, en un sector dado de la economía (muestra la tendencia de la eficiencia en el uso del agua a lo largo del tiempo)³. Este indicador se ha diseñado con el fin de supervisar los progresos hacia la consecución de la meta 6.4 de los ODS, y en concreto de su componente de “aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores”, mediante la comparación del valor añadido producido por la economía con los volúmenes de agua que la misma economía utiliza, incluidas las pérdidas de las redes de distribución. Dicho de otro modo, este indicador proporciona una estimación de la medida en que el crecimiento económico depende de los recursos hídricos, lo que señala la disociación del crecimiento económico respecto del uso del agua. El indicador difiere del concepto de productividad del agua, ya que no considera la productividad del agua que se emplea en una actividad dada como insumo de la producción. Además, la productividad del agua se calcula como la relación entre la producción económica y la cantidad de agua consumida, no de agua utilizada³. Por último, el concepto

GLOSARIO

de seguimiento del indicador de los ODS ha impuesto la formulación de una definición específica de “eficiencia en el uso del agua” (véase más arriba).

Indicador 6.4.2 de los ODS (nivel de estrés: extracción de agua dulce como proporción de los recursos de agua dulce disponibles):

se define como la proporción del total de extracciones de agua dulce de todos los sectores principales (agrícola, municipal e industrial) respecto del total de recursos renovables de agua dulce, tomando en cuenta las necesidades de caudal ambiental. El estrés hídrico es provocado por el hombre; es una función del volumen de extracciones de agua realizadas por este con respecto al volumen de recursos hídricos disponible en una zona dada una vez sustentados los ecosistemas hídricos. Por consiguiente, una región árida donde la disponibilidad hídrica es muy escasa pero no hay competencia humana por el agua no se considerará “con estrés hídrico”, sino “árida”. El estrés hídrico es una realidad física objetiva que puede medirse de manera sistemática en las distintas regiones y a lo largo del tiempo. El indicador se ha diseñado para seguir los progresos hacia la realización de la meta 6.4 de los ODS, y específicamente de su componente ambiental de “asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua”. Este indicador es fruto de la evolución del indicador 7.5 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, “proporción del total de recursos hídricos utilizado”⁴. El estrés hídrico refleja la disponibilidad física de agua dulce, no en qué medida el agua es idónea para el uso.

Necesidades de caudales ambientales: hacen referencia a la cantidad y oportunidad de los flujos de agua dulce que se requieren para sostener los ecosistemas, los medios de vida humanos y el bienestar que depende de ellos¹.

Productividad del agua: es la relación entre los beneficios netos de los cultivos, la actividad forestal, la pesca, la ganadería y los sistemas

agrícolas mixtos y el volumen de agua, en forma de evapotranspiración real, que se ha empleado para obtener esos beneficios¹. Tales beneficios pueden expresarse de distintas maneras: como rendimiento (en kilogramos), contenido nutricional (de calorías, proteína, calcio, etc.), ingresos (en USD), o cualquier otra medida acordada del bienestar que se deriva de los bienes y servicios procedentes del sistema agrícola (por ejemplo, número de empleos). En su sentido más amplio, la productividad del agua refleja los objetivos de producir más alimentos, ingresos, medios de subsistencia y beneficios ecológicos a un menor costo social y ambiental por unidad de agua consumida. En el contexto agrícola, la productividad física del agua se define como relación entre la producción agrícola y el volumen de agua consumido (“más cultivos por gota”), como kilogramos de producto por metro cúbico de agua, mientras que la productividad económica del agua se define como el valor monetario generado por cada unidad hídrica consumida (USD por metro cúbico de agua). La productividad económica del agua se ha utilizado para vincular el uso del agua en la agricultura con la nutrición, el empleo, el bienestar y el medio ambiente.

Recursos hídricos renovables externos: los recursos hídricos renovables externos se definen como la parte de los recursos hídricos renovables anuales de un país que no se han generado en el propio país. Incluye los flujos procedentes de países situados aguas arriba (aguas subterráneas y superficiales) y parte del agua de los lagos y ríos fronterizos. Tiene en cuenta el volumen del caudal reservado a través de acuerdos o tratados formales o informales por los países situados aguas arriba (caudal de entrada) y los países situados aguas abajo (caudal de salida)¹.

Recursos hídricos renovables internos: los recursos hídricos renovables internos de un país se definen como la media a largo plazo de los valores anuales del caudal de los ríos y de la recarga de los acuíferos producidos por precipitación endógena¹.

Recursos hídricos renovables totales: hacen referencia a la suma de los recursos renovables internos de agua dulce y los recursos renovables externos de agua dulce. Esta suma corresponde a la cantidad máxima de agua anual que teóricamente está disponible para un país en un momento determinado¹.

Riesgo hídrico: en este informe, el riesgo hídrico se define como la posibilidad de que una zona se enfrente con retos en relación con el agua⁸. Estos retos pueden consistir en escasez de agua o déficit hídrico (los cuales se miden en este informe mediante indicadores como el estrés hídrico y la frecuencia de sequías) pero también en peligros naturales, como las inundaciones, en los que el problema reside en un exceso de agua.

Servicios hídricos: pueden definirse como las actividades mediante las cuales se proporcionan a los usuarios (hogares, industrias y municipios) la extracción, almacenamiento, tratamiento y distribución de recursos hídricos, incluidas las aguas de desecho. Son ejemplos de servicios hídricos el suministro de agua potable; el suministro de riego para la producción agrícola; la recolección, tratamiento y eliminación de aguas residuales; las operaciones de drenaje, incluida la gestión del agua pluvial, el agua subterránea, el agua superficial y la salinidad del suelo; y la desalinización de agua marina o agua salobre.

Tenencia de la tierra: es la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a la tierra².

Tenencia del agua: es la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a los recursos hídricos².

Uso consuntivo del agua: hace referencia a la parte del agua extraída de su fuente para su uso en un determinado sector (por ejemplo, agricultura, industria o consumo municipal) que no se podrá reutilizar debido a su evaporación, transpiración, incorporación a productos, drenaje directo al mar o a zonas de evaporación, o por haberse eliminado de alguna otra forma de las fuentes de agua dulce. Véase también la definición de “uso no consuntivo del agua”¹.

Uso del agua: se refiere a cualquier aplicación o utilización deliberada del agua para un fin determinado. Es importante diferenciar entre uso consuntivo y uso no consuntivo (véase más arriba)¹.

Uso no consuntivo del agua: es el uso del agua en el que esta no se consume. En caso de que se extraiga, casi toda el agua extraída regresa al sistema. Son ejemplos de uso no consuntivo del agua la navegación, la pesca de captura y los usos del agua para fines recreativos o culturales. La mayoría de los usos del agua dentro de la corriente son no consuntivos. En cuanto a la energía hidroeléctrica, también se considera que entraña un uso consuntivo del agua muy bajo excepto en aquellos casos en que se ha construido un embalse artificial aguas arriba, porque esto amplía considerablemente la superficie de la masa acuática y aumenta, por tanto, la evaporación¹.

MENSAJES PRINCIPALES

→ Se plantea un reto fundamental para el logro del desarrollo sostenible: 3 200 millones de personas viven en zonas agrícolas donde el déficit hídrico o la escasez de agua son de elevados a muy elevados; de ellas, 1 200 millones —aproximadamente una sexta parte de la población mundial— residen en zonas agrícolas con graves limitaciones de la disponibilidad de agua.

→ El crecimiento demográfico es un factor principal que motiva la escasez de agua, puesto que implica un aumento de la demanda de este invaluable recurso natural. Como consecuencia, la cantidad anual de recursos de agua dulce disponibles por persona ha descendido más de un 20% en los dos últimos decenios.

→ El desarrollo socioeconómico es otro factor importante que incide en el aumento de la demanda de agua, ya que contribuye a modificaciones de la dieta en favor de productos alimentarios cuya producción requiere un uso más intensivo de agua (por ejemplo, carne y productos lácteos). Una alimentación saludable que tenga en cuenta consideraciones de sostenibilidad a escala de los sistemas alimentarios puede reducir el consumo de agua asociado.

→ La creciente competencia por el agua y los efectos del cambio climático están dando lugar a tensiones y conflictos entre las partes interesadas, agravando con ello las desigualdades de acceso a los recursos hídricos especialmente para las poblaciones vulnerables, incluidas las personas pobres del medio rural, las mujeres y las poblaciones indígenas.

→ Con 10 años por delante hasta 2030, las primeras estimaciones del indicador 6.4.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) sobre el nivel de estrés hídrico, junto al persistente déficit hídrico en la agricultura de secano, indican que garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos para todos sigue siendo un reto. Dado que el agua está estrechamente relacionada con varios otros ODS, entre ellos el de lograr el hambre cero, la buena gestión de los escasos recursos hídricos será un factor determinante clave para alcanzarlos.

→ Conseguirlo es aún posible, pero solo si se garantiza un uso más productivo y sostenible de los recursos de agua dulce y aguas pluviales en la agricultura, que es la mayor usuaria mundial con más del 70% de las extracciones de agua en todo el mundo.

→ Mejorar la sostenibilidad del uso del agua en la agricultura implicará garantizar la satisfacción de las necesidades de caudal ambiental para sustentar las funciones de los ecosistemas, que a menudo no se tienen en cuenta: se calcula que el 41% del uso actual de agua para riego en todo el mundo se produce en detrimento de dichas necesidades. A tal efecto será necesario reducir las extracciones y mejorar la eficiencia del uso del agua en las cuencas hidrográficas en las que no esté asegurada la satisfacción de las necesidades de caudal ambiental.

→ La contabilidad y la auditoría del agua, rara vez aplicadas, deberían por lo tanto constituir el punto de partida de toda estrategia eficaz destinada a combatir el déficit hídrico y la escasez de agua. El reciente libro de consulta de la FAO ofrece un buen punto de partida para todos aquellos que quieran poner en práctica la contabilidad y auditoría del agua.

→ Los productores —muchos de ellos pequeños agricultores— que ejercen su actividad en los 128 millones de hectáreas (o sea, el 11%) de tierras de cultivo de secano afectadas por sequías recurrentes pueden beneficiarse enormemente de las técnicas de recogida y conservación de agua. Según una estimación, estas prácticas podrían aumentar la producción de kilocalorías de la agricultura de secano hasta en un 24% y, si se combinan con la expansión del riego, en más de un 40%.

→ En el caso de los pastores cuya actividad se desarrolla en los 656 millones de hectáreas (es decir, el 14%) de pastizales afectados por las sequías, existen diversas medidas agrícolas que pueden atenuar los efectos de la sequía y mejorar la productividad del agua. Muchas de estas medidas están indirectamente relacionadas con el agua, entre otras, el control de enfermedades y los servicios de sanidad animal, la gestión de la alimentación y el abrevado del ganado, la movilidad y la estratificación de la producción para reducir la presión del pastoreo en las zonas áridas.

→ En cuanto a los 171 millones de hectáreas (el 62%) de tierras de cultivos de regadío del mundo que están sometidas a un estrés hídrico elevado o muy elevado, la prioridad debería ser incentivar prácticas que aumenten la productividad del agua, incluida la rehabilitación y modernización de las infraestructuras de riego existentes y la adopción de tecnologías innovadoras. Estas prácticas deberían combinarse con una mejor gobernanza del agua para garantizar su asignación y acceso equitativos y la satisfacción de las necesidades de caudal ambiental. En el África subsahariana, se prevé que la extensión de las superficies de regadío se duplique con creces para 2050, beneficiando a millones de pequeños agricultores.

→ La inversión en usos no consuntivos del agua —como en el caso de la acuicultura— y en fuentes de agua no convencionales, como la reutilización y desalinización del agua, es una estrategia que cobra cada vez más importancia para contrarrestar la escasez de recursos hídricos; no obstante, los ejemplos presentados en este informe ponen de manifiesto que las innovaciones deben ser económicamente eficientes, socialmente aceptables, ecológicamente sostenibles y adecuadas al contexto.

→ Las políticas y reglamentaciones desempeñan un papel central a la hora de impulsar la aplicación de tecnologías e innovaciones, por ejemplo, mediante la financiación, los programas de desarrollo de capacidades y la imposición del cumplimiento de las necesidades de caudal ambiental. Sin embargo, requieren una asignación adecuada de los derechos sobre el agua y una tenencia segura de esta para posibilitar un acceso seguro, equitativo y sostenible a los recursos hídricos, especialmente para los más vulnerables, velando al mismo tiempo por las necesidades de caudal ambiental.

→ Es fundamental que existan mecanismos de gobernanza y coherencia normativa entre los diferentes niveles administrativos y sectores para lograr una gestión de los recursos hídricos eficiente, sostenible y equitativa. En la agricultura, concretamente, se necesitan estrategias coherentes e inclusivas entre los distintos ámbitos constituidos por las tierras de cultivo de secano y regadío, los sistemas de producción ganadera, la pesca continental, la acuicultura y la actividad forestal.



PAKISTÁN

Niño bebiendo agua de una
bomba comunitaria.

©FAO/Asim Hafeez

RESUMEN

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA EN EL MUNDO?

En todo el mundo, los imprescindibles recursos hídricos se encuentran sometidos a una presión creciente

La gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos constituye un elemento fundamental de los sistemas alimentarios sostenibles y es esencial para lograr el hambre cero. Sin embargo, la escasez de agua (el desequilibrio entre el suministro y la demanda de agua dulce) y los problemas de calidad del agua amenazan cada vez más la seguridad alimentaria y la nutrición a causa de su repercusión en los sistemas alimentarios, desde la producción agrícola, pasando por la elaboración de alimentos, hasta los hogares y los consumidores. Al mismo tiempo, las persistentes y graves sequías, acentuadas por el cambio climático, están ocasionando un serio déficit hídrico en la agricultura de secano, lo que plantea un mayor riesgo para los medios de vida de la población rural al reducir los rendimientos agropecuarios. La situación solo podrá ir a peor si no se actúa de manera inmediata, razón por la cual en el informe *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020* se abordan los dos retos hídricos principales que afectan a la producción agrícola y alimentaria: el déficit hídrico y la escasez de agua.

Por los desafíos que supone, no solo para el logro del hambre cero, sino también para la consecución de numerosos otros ODS, la necesidad urgente de garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos para todos ocupa un lugar destacado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Agenda 2030). En particular, el ODS 6 (“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”) abarca muchas dimensiones clave relacionadas con la disponibilidad y la gestión de los recursos hídricos. La creciente preocupación por la escasez de agua y el mal uso que se hace de ella se refleja

de un modo más específico en la meta 6.4 de los ODS, que exhorta a aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua.

Gracias también a los esfuerzos de la FAO, es ahora posible controlar los progresos realizados hacia la consecución de la meta 6.4 de los ODS y calcular cuántas personas y tierras agrícolas experimentan escasez de agua (mediante el indicador 6.4.2 de los ODS sobre el nivel de estrés hídrico) y déficit hídrico (mediante el indicador de frecuencia histórica de sequías). Sobre la base de estas mediciones, el presente informe llega a la conclusión de que hay 3 200 millones de personas que viven en zonas agrícolas con niveles de altos a muy altos de déficit hídrico (que afectan a la agricultura de secano) o de escasez de agua (que afecta a la agricultura de regadío); de ellas, 1 200 millones —aproximadamente una sexta parte de la población mundial— viven en zonas agrícolas con graves limitaciones del abastecimiento de agua.

El crecimiento demográfico y el desarrollo socioeconómico son el motor de la escasez de agua

El crecimiento demográfico es un importante factor determinante de la escasez de recursos hídricos, puesto que el incremento de la población incide en el aumento de la demanda de agua. Como consecuencia, la cantidad anual de agua dulce disponible por persona ha descendido más de un 20% en los dos últimos decenios. El problema es especialmente grave en África septentrional y Asia occidental, donde la cantidad de agua dulce per cápita ha descendido más de un 30% y el volumen medio anual de agua por persona escasamente llega a los 1 000 m³, lo que se considera convencionalmente el umbral de la escasez hídrica grave.

Otro importante factor determinante son los mayores niveles de ingresos y urbanización, que dan lugar a un incremento de la demanda de

RESUMEN

agua por parte de los sectores de la industria, la energía y los servicios, así como a cambios en los hábitos alimentarios. A medida que dichos niveles de ingresos, urbanización y nutrición se elevan, es de prever que las personas cambien sus hábitos alimentarios en favor de dietas que requieren un uso más intensivo de la tierra y el agua, especialmente por el consumo de una mayor cantidad de carne y productos lácteos, si bien estos productos pueden tener una huella hídrica muy diferente en función de cómo se produzcan. Un estudio llevado a cabo en Brasil, China e India ha revelado una evolución de los hábitos alimentarios hacia un mayor consumo de productos pecuarios y cereales y, en consecuencia, un aumento del consumo diario de agua de más de 1 000 litros por persona. El mundo debe avanzar asimismo hacia dietas saludables —variadas, con alimentos nutritivos que requieren un uso intensivo de agua, como frutas y hortalizas, leguminosas, nueces y cantidades moderadas de productos lácteos, huevos y carne de ave—, lo que hace aún más decisivo el uso sostenible de los recursos hídricos.

El cambio climático agravará los retos relacionados con el agua

Los retos que plantean el déficit hídrico y la escasez de agua deben tratarse de manera conjunta con los efectos previstos del cambio climático que, según se prevé, elevará el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos, como las inundaciones y la variabilidad climática. Esto, a su vez, aumentará la presión sobre la producción agrícola, puesto que el crecimiento y el rendimiento de los cultivos son muy sensibles a las condiciones climáticas. Aunque no haya certeza sobre su localización y magnitud, se prevé que los efectos del cambio climático agraven el déficit y la escasez de agua y afecten negativamente a la producción agrícola, especialmente en las regiones tropicales y de baja latitud. El cambio climático afecta también a los ecosistemas de agua dulce, los peces y otras poblaciones acuáticas que tienen poca capacidad de amortiguamiento

y son sensibles a la variabilidad climática y a las perturbaciones relacionadas con el clima.

Así pues, el cambio climático añadirá más presión sobre los sistemas de producción agrícola mientras estos intentan satisfacer las necesidades alimentarias de una población en aumento. Esto puede poner en peligro la seguridad alimentaria y la nutrición de las poblaciones tanto rurales como urbanas, pero es probable que la población rural pobre, que es la más vulnerable, se vea desproporcionadamente afectada. Por esta razón, pese a la incertidumbre asociada al clima, la actuación inmediata es una forma prudente y necesaria de aseguramiento, que exige una elaboración y priorización flexibles de las estrategias en función del contexto.

¿Cuántas personas y tierras agrícolas, y en qué lugares, experimentan limitaciones de la disponibilidad de agua?

Como se menciona al comienzo de este informe, unos 1 200 millones de personas viven en zonas en las que condiciones graves de déficit hídrico y escasez de agua dificultan la agricultura, con frecuencias de sequías muy elevadas en las tierras de cultivo de secano y zonas de pastoreo o un estrés hídrico muy alto en las zonas de regadío. Esto significa que aproximadamente una de cada seis personas del planeta afronta situaciones de déficit hídrico o escasez de agua graves en la agricultura, con alrededor de un 15% de la población rural en situación de riesgo. En torno a 520 millones de estas personas viven en Asia meridional, y unos 460 millones en Asia oriental y sudoriental. En Asia central, así como en África septentrional y Asia occidental, alrededor de una quinta parte de la población vive en zonas agrícolas con déficit hídrico o escasez de agua muy elevados. En Europa, América Latina y el Caribe, América septentrional y Oceanía, solo entre el 1% y el 4% vive en zonas con limitaciones extremas de la disponibilidad de agua. En el África subsahariana, solo en torno al 5% de la población vive en zonas afectadas. Allí, la mayoría de las

zonas son de secano, lo que indica que dichas limitaciones están motivadas por sequías graves o por falta de riego. Aunque el 5% pudiera parecer insignificante, implica que aproximadamente 50 millones de personas viven en zonas en las que las sequías graves tienen efectos catastróficos sobre las tierras de cultivo y de pastoreo.

En términos de terrenos agrícolas afectados, 128 millones de hectáreas de tierras de cultivo de secano y 656 millones de hectáreas de tierras de pastoreo padecen sequías frecuentes, mientras que 171 millones de hectáreas de tierras de cultivo de regadío están sometidas a un estrés hídrico elevado o muy elevado. Esto significa que aproximadamente el 11% de las tierras de cultivo de secano y el 14% de los pastizales padecen sequías graves recurrentes, mientras que más del 60% de las tierras de cultivo de regadío tienen un estrés hídrico elevado. Más de 62 millones de hectáreas de tierras de cultivo y de pastoreo experimentan grave estrés hídrico y elevada frecuencia de sequías graves, que afectan a unos 300 millones de personas.

En estas zonas, salvo que la demanda y las prácticas de los usuarios cambien o se encuentren recursos hídricos alternativos, es posible que la gente se vea impelida a migrar. Aunque una migración ordenada y regular puede contribuir al desarrollo económico y mejorar los medios de vida, en situaciones de crisis la migración puede resultar perturbadora. Además, la emigración de los hombres puede incrementar la carga doméstica de las mujeres, con una redistribución de responsabilidades dentro del hogar que haga que las mujeres asuman cargas adicionales como el cuidado del ganado.

El análisis espacial de las limitaciones del abastecimiento de agua es importante porque los niveles de estrés hídrico y la frecuencia de las sequías pueden variar sustancialmente incluso dentro de un mismo país, y las mismas zonas pueden experimentar diferentes niveles de estrés hídrico y de sequía. Cierta número de

países se enfrenta al doble reto de frecuencia de sequías graves y estrés hídrico elevado, todos ellos situados en África septentrional y Asia, como Afganistán, Arabia Saudita, Egipto, Irán (República Islámica del), Kazajistán, Uzbekistán y Yemen. En las evaluaciones de ámbito nacional esta información puede quedar encubierta, por lo que es fundamental generarla haciendo uso del análisis espacial para determinar los puntos críticos y las intervenciones más apropiadas.

Los sistemas de producción agrícola afrontan las limitaciones de la disponibilidad de agua y se ven afectados por ellas de diferentes maneras

Dentro de la agricultura de secano y de regadío existen diferentes sistemas de producción que pueden variar tanto en cuanto a la forma en que se ven afectados por la falta de acceso al agua como en cuanto a su capacidad para combatirla. En realidad, existe un continuo de tecnologías que van desde la producción íntegramente de regadío hasta la producción íntegramente de secano. El presente informe distingue entre tres tipos generales de sistemas de producción de cultivos: i) de regadío; ii) producción de secano con altos insumos, y iii) producción de secano con bajos insumos. Su predominio en cada país proporciona una indicación de su nivel de desarrollo agrícola y su capacidad para afrontar los riesgos relacionados con el agua.

Los países de ingresos altos de Europa y América septentrional, que tienen un sector agrícola muy capitalizado y eficiente, así como un elevado índice de gasto público en investigación y desarrollo (I+D) agrícolas, cuentan con una proporción considerable de tierras de cultivo dedicadas a la producción de secano con altos insumos. Por consiguiente, tienen una capacidad mayor para afrontar los retos relacionados con la frecuencia de sequías graves. En cambio, en el África subsahariana, donde los países tienen niveles más bajos de capitalización del sector agrícola y de I+D, más del 80% de las tierras de cultivo se destina a la producción de secano con bajos

RESUMEN

insumos, mientras que solo el 3% de las tierras se somete a riego. En estos países, los agricultores tienen dificultad para acceder a equipos de riego, insumos modernos y tecnologías, en particular tecnologías para optimizar la eficiencia del uso del agua en la agricultura de secano. Como aspecto positivo, solo una parte relativamente pequeña de las tierras de cultivo de secano se ve afectada por la frecuencia de sequías graves. Por el contrario, los países de Asia meridional aplican riego e insumos modernos en aproximadamente la mitad de las tierras de cultivo de la región —pese al bajo nivel de desarrollo de muchos de ellos— si bien la mayoría de las zonas irrigadas sufren un estrés hídrico elevado.

Además de a la producción agrícola, el agua afecta a la seguridad alimentaria y a la nutrición de numerosas formas

Más allá de la producción agrícola, existen retos relacionados con el acceso al agua y la contaminación hídrica a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos, que afectan a la seguridad alimentaria y la nutrición y a la salud. Por ejemplo, la industria alimentaria constituye una actividad con un uso intensivo de agua, que emplea agua potable y genera una importante cantidad de agua residual por unidad de producto. Sin un tratamiento apropiado, la evacuación de contaminantes a las masas de agua puede exponer a las personas a sustancias nocivas y limitar el acceso a agua potable salubre.

Más abajo en la cadena de suministros alimentaria están los consumidores, para quienes disponer de agua salubre y segura para beber, saneamiento e higiene es una necesidad humana básica y un importante factor determinante de la seguridad alimentaria. La falta de acceso a agua limpia es una causa subyacente fundamental de la malnutrición. Las enfermedades relacionadas con el agua minan la productividad, refuerzan las desigualdades profundas y atrapan a los hogares vulnerables en ciclos de pobreza. El acceso insuficiente a servicios básicos de agua potable

en los edificios (por ejemplo, en la vivienda) es más acusado en el medio rural que en las zonas urbanas y entraña el empleo de una considerable cantidad de tiempo —a menudo por parte de las mujeres— en acceder a dicha agua potable fuera de los edificios.

¿QUÉ INNOVACIONES E INVERSIONES SE NECESITAN PARA UN USO SOSTENIBLE Y PRODUCTIVO DEL AGUA?

Unas mejores estrategias de gestión hídrica, si se combinan con prácticas agronómicas como el uso de variedades mejoradas, serán un componente decisivo para reducir los riesgos hídricos y realizar el potencial de rendimiento agrícola en favor de una mejor seguridad alimentaria y nutrición. Se espera que estas estrategias ayuden a hacer frente al cambio climático, aunque la incertidumbre sobre el impacto y la eficacia de las adaptaciones sigue siendo grande. Los incentivos de los agricultores para adoptar estrategias de gestión hídrica y modificar su comportamiento respecto del uso y la gestión del agua dependerán del nivel de accesibilidad de los recursos hídricos, la magnitud del déficit hídrico y la escasez de agua, el nivel de incertidumbre en un contexto de clima cambiante, así como de la disponibilidad y el costo de otros insumos, incluidas la mano de obra y la energía.

La gestión del agua abarca una serie de posibilidades —que van desde condiciones íntegramente de secano a condiciones íntegramente de regadío, al apoyo a la ganadería, la silvicultura y la pesca, y a la interacción con importantes ecosistemas— y no todos los riesgos hídricos pueden ser abordados únicamente por los agricultores. En algunos casos puede ser necesaria la intervención del sector público, por ejemplo, en forma de inversiones, información y apoyo a los agricultores para que superen los obstáculos que les impiden adoptar las estrategias y prácticas mencionadas.

El aprovechamiento del potencial de la agricultura de secano exige una gestión mejorada del agua

La producción de secano domina la agricultura, con aproximadamente un 80% del total de las tierras cultivadas. Los agricultores, especialmente en pequeña escala, tienen una influencia limitada sobre la cantidad de agua disponible para las plantas y el momento en que se cuenta con ella. Los retos inherentes se relacionan con la gestión y adaptación a la variabilidad del clima y con un uso más productivo del agua de lluvia. Los agricultores que practican una producción de secano con altos insumos tienen más probabilidad de contar con capacidad para invertir en una gestión hídrica mejorada que los que realizan cultivos de secano con bajos insumos.

Existen dos estrategias generales para incrementar los rendimientos en la agricultura de secano: i) aumento de la captación o recogida de agua e infiltración de la misma en la zona radicular, y ii) conservación del agua mediante el aumento de la capacidad de absorción de la planta o la reducción de la evaporación de la zona de la raíz y las pérdidas por drenaje. La combinación de ambas estrategias puede resultar muy efectiva. Según un estudio, estas prácticas podrían aumentar la producción de kilocalorías de la agricultura de secano hasta en un 24% y, si se combinan con la expansión del riego, en más de un 40%. Casi el 20% de las tierras de cultivo mundiales son aptas para el empleo de estrategias de recogida y conservación de aguas, con los puntos de mayor interés situados en grandes zonas de África oriental y Asia sudoriental.

La inversión en riego para mejorar la productividad del agua será clave a fin de abordar las carencias hídricas

Un uso más productivo del agua de riego puede contribuir a la producción de más cultivos con menos agua. Esto se puede lograr mediante el aumento del rendimiento de los cultivos o la reducción de la evapotranspiración.

Las importantes diferencias entre un país y otro en cuanto a la productividad del agua (producción por unidad de agua consumida) se explican por el acceso de los agricultores a insumos agrícolas modernos, sistemas de riego eficientes y una mejor gestión del suelo y el agua. A pesar de las mejoras en la productividad del agua registradas en los últimos años, sigue habiendo brechas de rendimiento. El cierre o la reducción de estas brechas puede contribuir de manera significativa a mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, así como los medios de vida, y reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática.

No obstante, para ello será necesario invertir en nuevos sistemas de riego o en la rehabilitación y modernización de los ya existentes. La determinación del sistema más adecuado dependerá de una serie de factores, como las condiciones meteorológicas, las fuentes y precios de la energía, la disponibilidad de mano de obra, la profundidad de las fuentes de agua subterránea y los costos de infraestructura. En el África subsahariana, por ejemplo, muchos pequeños agricultores crean sus propios equipos de riego en pequeña escala —comprendidos cubos, regaderas y bombas de pedal—, que suelen tener costos unitarios inferiores y dar mejores resultados que los gestionados por los organismos gubernamentales. Existen grandes posibilidades de expandir el riego rentable en pequeña escala en la región, con un potencial de ampliación de superficie de hasta 30 millones de hectáreas para las bombas de motor, beneficiando a millones de personas del medio rural. Según las previsiones de un estudio, las superficies de regadío en el África subsahariana se duplicarán entre 2010 y 2050. Sin embargo, para lograr un ahorro real de recursos hídricos, la modernización del riego debe ir precedida de instrumentos de política tales como la asignación del agua a fin de mantener o reducir el uso de esta en toda la cuenca tras la introducción de las nuevas tecnologías.

RESUMEN

La mejora de la productividad del agua en la producción animal puede aliviar la presión sobre los recursos hídricos

La productividad hídrica —en términos físicos y nutricionales— de los productos de origen animal es generalmente inferior a la de los productos agrícolas, y depende en gran medida del tipo de producto animal y de los sistemas de producción. Por ejemplo, para la obtención de piensos la ganadería puede depender de tierras de pastoreo de secano —a menudo sin un uso productivo del agua alternativo— o de tierras de cultivo de regadío. En los sistemas de producción mixtos, el ganado puede incluso consumir los residuos de los cultivos. Dadas las condiciones anteriores, existen diversas opciones para mejorar la productividad del agua en el sector. Entre ellas se incluyen el control adecuado del apacentamiento, la mejora de la sanidad animal y los cambios en las dietas y en los sistemas de abrevado.

Otro ámbito para la mejora de la productividad es el de los sistemas integrados de riego y pesca, cuyo potencial aún no se ha aprovechado plenamente. El riego y la pesca están relacionados entre sí. El riego puede alterar los hábitats acuáticos físicos y los contenidos de nutrientes, repercutiendo en los recursos pesqueros. En la mayoría de los casos, la intensificación de la producción agrícola mediante el riego ha coincidido con la disminución de la producción pesquera. No obstante, el riego puede asimismo crear nuevas oportunidades para la producción pesquera. Por ejemplo, en una zona de regadío en Bangladesh, los productores de arroz sustituyeron uno de los tres ciclos anuales de producción arrocería por la producción de crías de peces, consiguiendo beneficios en términos de reducción de los problemas de plagas y de aumento de las ganancias. En todo caso, el grado en el que la producción pesquera se podría integrar en los sistemas de riego dependerá en gran parte de las políticas y estructuras de gobernanza nacionales y regionales.

La gestión del agua en la agricultura trasciende el ámbito de la explotación agrícola y requiere enfoques innovadores

Los sistemas de producción agrícola son importantes factores impulsores de una serie de efectos ambientales, tanto deseables como indeseables. Por ejemplo, los enfoques de gestión hídrica descentralizada, como algunos sistemas de recogida de aguas, pueden afectar negativamente a los balances hídricos de los puntos de captación y las cuencas fluviales y, por consiguiente, a la pesca fluvial. No obstante, las estrategias de gestión hídrica en la agricultura pueden producir efectos beneficiosos sobre el medio ambiente. Por ejemplo, la reducción o interrupción de los períodos de inundación puede aminorar considerablemente las emisiones procedentes del arroz, ya que unos intervalos de inundación más breves y unas interrupciones más frecuentes reducen la producción bacteriana de metano y, con ello, las emisiones de este gas. Las soluciones basadas en la naturaleza, que emplean procesos naturales para mejorar la gestión del agua y conservar o rehabilitar los ecosistemas y los procesos naturales, son otro ejemplo. Sin embargo, su aplicación requiere un enfoque territorial y un cambio de paradigma para adoptar uno en el que los bosques, las turberas y otros ecosistemas se consideren y gestionen como reguladores del agua dulce a diferentes escalas. Las prácticas de gestión hídrica, como las franjas de vegetación y los sistemas integrados de acuicultura y agricultura, pueden contribuir asimismo a la retención del exceso de nutrientes y la reducción de la contaminación. Los beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza pueden compensar los costos de oportunidad de reservar para conservación terrenos que, de otro modo, podrían utilizarse para producción agrícola o para desarrollo.

En situaciones en las que el abastecimiento de agua es muy limitado, hay algunos países y regiones en los que está cobrando fuerza la

innovación en fuentes de agua no convencionales, como el agua residual tratada o el agua desalinizada. Se prevé que la generación de aguas residuales aumente considerablemente. No hay cifras definitivas disponibles, pero se ha calculado que un 10% de la superficie de regadío mundial recibe aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas. Cuando las aguas residuales se tratan conforme a las necesidades de los usuarios finales, se ha demostrado que constituyen una opción realista como fuente no convencional de agua. No obstante, la viabilidad de la reutilización del agua en la agricultura dependerá de las circunstancias locales. La desalinización representa otra opción atractiva para incrementar el suministro de agua. En todo el mundo existen unas 16 000 plantas desalinizadoras que producen unos 100 millones de m³/día. El costo de la desalinización ha sido siempre el principal obstáculo que ha limitado su aplicación en la agricultura. Sin embargo, gracias al aumento de la demanda y a los avances tecnológicos, los costos han caído drásticamente y seguirán cayendo, lo que hace más viable el empleo de esta técnica para actividades agrícolas, especialmente para la producción de cultivos de alto valor. En promedio, se calcula que las grandes plantas de desalinización pueden producir agua a un costo que oscila entre 0,5 y 2,0 USD/m³, dependiendo del tamaño de la planta. La estimación de la relación costo-beneficio de las plantas de desalinización depende mucho del contexto; no obstante, muchos países como Australia, China, España, Marruecos y México ya utilizan de manera rentable agua desalinizada para fines agrícolas.

SI EXISTEN SOLUCIONES EFICACES A NUESTRO ALCANCE, ¿POR QUÉ NO SE ESTÁN ADOPTANDO?

En las innovaciones en la gestión hídrica influye considerablemente el marco institucional y jurídico general, que abarca los derechos de agua, la concesión de licencias, la reglamentación, las medidas de incentivación y la configuración

institucional. Son impulsadas, asimismo, por el entorno general de políticas, que incluye las opciones sociales, prioridades, políticas sectoriales y compensaciones de factores. Las diferentes funciones, actitudes y responsabilidades de las partes interesadas que intervienen en las políticas y la gestión hídricas se encuentran distribuidas entre los distintos sectores, lugares y jurisdicciones, pero es necesario que todas ellas se comprendan con claridad. Una de las preocupaciones es la asequibilidad y la necesidad de garantizar el derecho humano de acceso al agua. Otra es asegurar los caudales ambientales, los servicios ecosistémicos y el uso no consuntivo de los recursos de agua dulce, por ejemplo, en relación con la pesca continental.

De ahí que una buena gobernanza del agua sea crucial y exija una gestión adaptativa a escala de los puntos de captación para atender las necesidades de todos los usuarios de agua. A su vez, esto requiere una compleja colaboración entre diferentes partes interesadas, lugares y entidades. Es necesario mejorar la coordinación tanto en sentido vertical, partiendo del plano sectorial, de la cuenca fluvial y de los sistemas de riego y hasta llegar a los hogares, como en sentido horizontal entre los diferentes sectores, como el agrícola, el industrial, el municipal y el de los hogares. A este respecto, las asociaciones de usuarios de agua que reúnen a agricultores (sobre todo, pequeños agricultores) con el propósito de gestionar un sistema de riego compartido pueden tener un papel tanto en la planificación como en la ejecución. Pueden mancomunar recursos para el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de riego y de las cuencas fluviales e hidrográficas. Un reto fundamental consiste en salvaguardar los intereses de los grupos con menos poder e influencia pero que dependen de los servicios ecosistémicos (por ejemplo, los pescadores) y garantizar que se les incluya.

RESUMEN

Una contabilidad y una auditoría transparentes del agua y una clara tenencia del agua constituyen pilares fundamentales

Unas estrategias de gestión hídrica eficaces deben basarse en un mejor conocimiento de la cantidad de agua existente, cómo se utiliza y si los patrones de uso en vigor son sostenibles. La contabilidad del agua, es decir, el estudio sistemático de la situación actual y las tendencias del suministro, la demanda, la accesibilidad y el uso de agua, será un elemento fundamental para lograr este objetivo. Sin embargo, la contabilidad del agua solo marcará la diferencia si forma parte de un proceso más amplio de mejora de la gobernanza. La combinación de contabilidad y auditoría del agua —el proceso que sitúa los resultados de la contabilidad del agua en el contexto social más amplio de los recursos hídricos— puede proporcionar la base para una gestión del agua más realista, sostenible, eficaz y equitativa.

El costo general de los programas de contabilidad y auditoría del agua varía enormemente en función, por ejemplo, de la escala y la ambición del programa, el costo de la contratación del equipo responsable de la ejecución y la necesidad de recopilar información primaria y secundaria. Los avances en las tecnologías de teledetección y medición, así como una serie de bases de datos de libre acceso de carácter mundial y regional, reducen los costos y facilitan el intercambio de información. Un libro de consulta reciente de la FAO ofrece un buen punto de partida para todos aquellos que quieran aplicar la contabilidad y auditoría del agua.

La tenencia del agua —la relación, definida jurídicamente o en forma consuetudinaria, entre la población, como individuos o grupos, y los recursos hídricos— puede constituir un componente básico del uso eficiente del agua y el acceso equitativo y sostenible a la misma si

se basa en una buena contabilidad hídrica y un sistema equitativo de asignación. El fomento de las organizaciones comunitarias para la gestión de las asignaciones hídricas puede contribuir, asimismo, al establecimiento efectivo de derechos sobre el agua. Unos derechos sobre el agua bien definidos pueden empoderar a los usuarios y aumentar el valor económico del recurso, ofreciendo al mismo tiempo a los agricultores un incentivo para invertir en tecnologías de uso eficiente del agua o que aumenten la generación de ingresos y reduzcan la degradación de los recursos. A pesar de la importancia de los sistemas de tenencia del agua, y aunque pueden encontrarse prácticamente en cualquier escenario donde el agua sea escasa, en la mayoría de los casos estos sistemas no están oficialmente reconocidos ni se impone su cumplimiento formalmente, por lo que la tenencia del agua puede no respetarse. La mejora de la tecnología de riego en cuanto a conducción, derivación y medición puede mejorar el cumplimiento mediante un mejor control.

Los mercados y precios hídricos pueden asegurar la productividad del uso del agua, pero la aplicación equitativa constituye un reto

En zonas en las que ya existan en vigor asignaciones de agua dulce, se podrían introducir instrumentos de mercado que permitan a los productores transferirse entre sí sus derechos vigentes. Los mecanismos de mercado del agua pueden constituir una forma eficaz de asignar el agua porque son económicamente eficientes, sus transacciones son voluntarias y el sistema responde adecuadamente, en el sentido de que alienta a los usuarios a destinar el agua a su uso más productivo. Por ejemplo, los mercados de agua subterránea son una opción atractiva para mejorar el acceso de los agricultores al riego con aguas subterráneas si se aplican fijando topes al total de extracciones de agua de un acuífero. Entre los aspectos negativos, cabe la posibilidad de que los vendedores de agua ejerzan un

poder monopolístico en algunos lugares. A este respecto, desde el punto de vista de la equidad, los mercados hídricos solo serán positivos en la medida en que lo sea el sistema inicial de asignación en el que se basan. Es especialmente importante el incentivo que los mercados pueden crear para que algunas partes interesadas priven de sus derechos de agua a los titulares más vulnerables a fin de apropiarse de las rentas del agua como recurso, creando así un conflicto con el concepto de agua como necesidad básica y derecho humano. Hasta la fecha, hay muy pocos mercados hídricos en funcionamiento efectivo que cuenten con una experiencia lo suficientemente larga.

Independientemente de que se comercie o no con los derechos de agua, cuando los precios de esta reflejan su verdadero valor económico esto supone un incentivo para su aprovechamiento económico óptimo. Asimismo, los precios del agua pueden contribuir a evitar el uso excesivo, el agotamiento y el deterioro de calidad de los recursos hídricos. De hecho, los precios del agua se consideran cada vez más no solo un mecanismo de recuperación de costos y una forma de garantizar la eficiencia económica, sino también un instrumento con el que abordar aspectos sociales y medioambientales. Entre los aspectos sociales que deben tenerse en cuenta para la aplicación equitativa de un sistema de fijación de precios figura la repercusión de los precios hídricos sobre los grupos de rentas más bajas.

La subida de los precios del agua debería producirse a lo largo de varios años con el fin de dar tiempo a los agricultores para adaptarse, con una gestión integrada en la que participen las comunidades para asegurarse de que nadie se quede atrás. El fomento del pago por la gestión y los servicios hídricos requiere, asimismo, una calidad constante de dichos servicios y una explicación clara de cómo se utilizan los ingresos en beneficio de los usuarios, además de reglamentaciones y sanciones.

La falta de atención a las cuestiones relativas a la gobernanza en las zonas de secano ha dado lugar a la pérdida de oportunidades

Hasta ahora, las políticas y la gobernanza en materia de gestión de los recursos hídricos para la agricultura han permanecido enfocadas en el riego. Esto ha tenido como resultado una inversión e innovación limitadas en materia de gobernanza, políticas, instituciones, prácticas y tecnologías para apoyar a los pequeños agricultores de las zonas de secano —incluidas las tierras de pastoreo— y los usos no consuntivos del agua, como la pesca continental. La planificación de los recursos hídricos debe promover opciones de inversión en todo el continuo que va desde la agricultura de secano hasta la de regadío, y abarcar la gestión del agua en las zonas de secano que tiene repercusiones en el ámbito de las zonas de captación y las cuencas fluviales. Al igual que en los sistemas de regadío, también es necesario prestar atención a la tenencia de la tierra, la propiedad del agua y el acceso a los mercados, y adoptar enfoques de gestión de las cuencas hidrográficas basados en la comunidad para hacer frente al déficit hídrico y la degradación de las tierras, que no se pueden abordar solo desde el plano de la explotación agrícola. Estos enfoques deben extenderse a la conservación y restauración de los bosques a escala de la cuenca hidrográfica. Finalmente, una gestión hídrica mejorada en la agricultura de secano requiere, asimismo, el apoyo del sector público mediante inversiones en infraestructuras y acceso a carreteras para conectar a los agricultores con los mercados, así como mediante la subvención de tecnologías de recogida y conservación de aguas para ayudar a atenuar los efectos de las sequías contribuyendo, al mismo tiempo, al desarrollo agrícola general.

Hay muchas otras estrategias institucionales y en materia de gobernanza que pueden mejorar la gestión hídrica del ganado, el cual constituye un activo esencial para los pastores y otras comunidades. La participación

RESUMEN

de representantes de las comunidades, así como de instituciones locales, puede contribuir a garantizar el diseño eficaz de las intervenciones. De igual modo, las instituciones consuetudinarias o indígenas pueden desempeñar un papel clave en las intervenciones de emergencia y en la gestión de los recursos naturales, incluidas las tierras de pastoreo y los recursos hídricos. En algunos países, existen ya directrices nacionales para intervenciones pecuarias en situaciones de emergencia, tales como episodios de sequía, que pueden proporcionar una asistencia rápida para proteger y reconstituir los activos ganaderos de las comunidades afectadas por las crisis. Por último, la localización y cartografía de las fuentes de agua y el empleo de sistemas de alerta temprana en las zonas propensas a la sequía constituyen un importante paso hacia delante. En Kenya, por ejemplo, la extrema sequía de 2000 ocasionó la pérdida de hasta un 50% del ganado en determinados distritos, y los organismos de socorro se vieron impotentes debido a la falta de información que les sirviera de orientación a corto plazo.

Es imprescindible reforzar la coherencia de las políticas, tanto entre los distintos sectores como dentro del sector agrícola

La conducta de los diferentes actores se ve afectada por las opciones de políticas de los distintos sectores, que a menudo carecen de conexión entre sí. Garantizar la coherencia de las políticas entre los diferentes sectores y ámbitos normativos es la primera condición para mejorar la gestión de los recursos hídricos. Esto requiere una coordinación entre las diversas políticas, disposiciones legislativas y medidas fiscales que afectan a la gestión hídrica y al suministro y la demanda de agua, incluidos los precios de la energía, los acuerdos comerciales, los regímenes de subvención agrícola y las estrategias de reducción de la pobreza. Asimismo, es necesario integrar la toma de decisiones de las diferentes entidades en torno a los recursos hídricos y otras

políticas conexas, incluidas las relativas al riego, así como al uso del agua por el sector industrial y municipal.

La provisión de incentivos adecuados es un componente fundamental de la coherencia de las políticas. Un ejemplo son las subvenciones, ya que los gobiernos suelen conceder grandes subvenciones a bienes privados, como la energía, los fertilizantes y el crédito, y pueden incentivar con ello un uso excesivo e improductivo de los recursos hídricos y dar lugar a la contaminación del agua.

Otra necesidad es aumentar la coherencia de las políticas entre los diferentes subsectores agrícolas. A menudo, la repercusión de las políticas es desigual en los distintos subsectores agrícolas, con tendencia a favorecer a la agricultura de regadío en detrimento de la de secano o de la pesca continental. Aunque la expansión del riego ha mejorado la seguridad alimentaria y la nutrición de los países de ingresos bajos, también ha contribuido a la pérdida de pesca continental, a la extracción excesiva de aguas subterráneas y a cambios en el caudal de las aguas superficiales y en los ecosistemas. No obstante, hay posibilidades de obtener mayores sinergias para mejorar la productividad y los beneficios nutricionales a partir de la agricultura de regadío, garantizando al mismo tiempo la conectividad del agua, los caudales y la conservación de los hábitats. Algunos ejemplos son los sistemas integrados de acuicultura y riego, la conservación de los bosques y la gestión de las partes superiores de las cuencas. Las innovaciones que mejoren la productividad de la agricultura de secano también pueden reducir la necesidad de riego.

Se necesita una reforma que aumente la coherencia de las políticas

Para reforzar la coherencia de las políticas y mejorar la gestión del agua será necesario, primero y, ante todo, armonizar los incentivos. En este sentido, las subvenciones generales deberían

reemplazarse por otras enfocadas en estimular la adopción de nuevas tecnologías de riego y la provisión de servicios ambientales, como, por ejemplo, estructuras de riego respetuosas con la fauna piscícola que atenúen las repercusiones del fomento del riego y la construcción de presas. Los pagos por servicios ambientales — pagos a los agricultores o propietarios de tierras que accedan a gestionar sus tierras o cuencas hidrográficas en favor de la protección del medio ambiente— también pueden ayudar a asegurar la correcta valoración de unos ecosistemas en buen funcionamiento.

Asimismo, es necesario un enfoque más integrado basado en la contabilidad y auditoría del agua, que tenga en cuenta a la totalidad de los diferentes usuarios. Cabe citar como ejemplo la gestión de los sistemas de riego en la que se mantienen los niveles de producción alimentaria al tiempo

que se proporcionan otros servicios ambientales y ecosistémicos.

Finalmente, la coherencia de las políticas exige mecanismos y procesos sólidos para gestionar y coordinar las políticas, los presupuestos y el desarrollo normativo. Algunas de las medidas específicas son el fortalecimiento de la capacidad de las instituciones públicas; la coordinación entre distintos ministerios (agua, agricultura y energía); la mejora de la planificación y de los instrumentos de control; así como la modernización e integración de las bases de datos. La mejora del diseño de la inversión en riego, incorporando aspectos como el género, la salud y los resultados nutricionales, podría asimismo transformar los programas de riego y convertirlos en una parte integrante de las estrategias destinadas a reducir la pobreza, el hambre y la malnutrición.



VIET NAM

Trabajador regando
las plántulas en un
vivero de acacias.
©FAO/Joan Manuel
Baliellas



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN: POBLACION, AGUA Y AGRICULTURA

Mensajes principales

➔ Problemas cada vez mayores de escasez hídrica y mala calidad del agua amenazan los sistemas alimentarios de todo el mundo; la cantidad anual de agua dulce disponible por persona se ha reducido en más de un 20% durante los dos últimos decenios, lo que supone una grave limitación para África septentrional y Asia occidental y meridional que es preciso abordar con urgencia.

➔ La agricultura debe adaptarse a los complejos retos del incremento demográfico, el crecimiento económico, los cambios en las preferencias de los consumidores y la competencia por el agua. Unas dietas saludables que incluyan consideraciones de sostenibilidad en el plano de los sistemas alimentarios están en condiciones de reducir el consumo de agua asociado a estos.

➔ Los desafíos que plantean el acceso al agua y la creciente contaminación son evidentes a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos, incluida la elaboración de alimentos. Afectan a la seguridad alimentaria, la nutrición, la salud y los servicios ecosistémicos, y constituyen riesgos importantes para las poblaciones vulnerables.

➔ Actualmente, alrededor del 41% del riego mundial se realiza a expensas de las necesidades de caudales ambientales. Conciliar el riego con los caudales ambientales — decisivos para respaldar los ecosistemas que desempeñan funciones de sustentación de la vida — constituirá un pilar fundamental para el logro de la Agenda 2030.

➔ Un acceso insuficiente o precario al agua obstaculiza los medios de vida de muchos millones de pequeños agricultores, pescadores y pastores; por esto se requiere que los países adopten una gestión sostenible del agua equitativa e inclusiva.

➔ En los países menos adelantados (PMA), el 74% de la población rural carece de acceso a agua potable, lo que afecta negativamente a las mujeres, que dedican gran parte del día a acarrear agua, y expone a la población rural pobre a contraer enfermedades transmitidas por el agua y a padecer malnutrición.

INTRODUCCIÓN: POBLACIÓN, AGUA Y AGRICULTURA

LOS RETOS PARA LA SOSTENIBILIDAD RELACIONADOS CON EL AGUA: UN CRECIENTE SENTIDO DE URGENCIA

Los recursos hídricos y el modo en que se gestionan son fundamentales para la mejora de los medios de vida, así como para el desarrollo sostenible. El reto de satisfacer unas necesidades humanas de agua mayores con unos recursos de agua dulce finitos es motivo de preocupación creciente junto con las amenazas planteadas por el cambio climático, tales como la incertidumbre en lo que respecta a las precipitaciones y la menor disponibilidad de agua, que afecta a la agricultura de secano y de regadío. Las implicaciones para la seguridad alimentaria y la nutrición son graves por su efecto sobre los sistemas alimentarios, desde la producción agrícola —incluidas la producción de cultivos de secano y regadío, la ganadería, la pesca continental y la acuicultura—, pasando por la elaboración de alimentos, hasta los hogares y los consumidores.

Este informe aborda dos retos principales relacionados con el agua que afectan a la agricultura y a la producción de alimentos: el déficit hídrico y la escasez de agua. La escasez de agua es la falta física de agua dulce, que puede afectar gravemente a la producción y la productividad en la agricultura de regadío. La escasez de agua no significa solo insuficiencia de agua dulce, sino también de infraestructuras y de capacidad institucional para garantizar un acceso equitativo a los servicios hídricos, tales como el suministro de agua para consumo y riego. El déficit hídrico debido a precipitaciones insuficientes —o que no se producen en el

momento adecuado— limita la producción de cultivos en la agricultura de secano y la producción ganadera en los pastizales. Entre los otros riesgos relacionados con el agua se encuentran los peligros naturales, como las inundaciones, en las que el problema es el exceso de agua (véanse en el Glosario las definiciones de los términos relacionados con el agua).

Mientras que los recursos de agua dulce son finitos, la demanda de agua para satisfacer necesidades humanas básicas como la alimentación, el consumo de agua potable y el saneamiento sigue creciendo. Esto incluye el agua para la agricultura de regadío, pero también para los sistemas alimentarios en general, incluida la elaboración de alimentos. Dichas necesidades abarcan tanto el agua potable para uso doméstico como el agua para saneamiento e higiene. La gestión sostenible de los recursos hídricos debe conciliar dichas necesidades con la exigencia de conservar los bienes y servicios ecosistémicos acuáticos, que dependen a su vez del caudal de las aguas subterráneas y los ríos. Preservar los recursos hídricos y utilizarlos de manera sostenible no es solo una cuestión de volumen; también la calidad del agua es un problema importante y cada vez mayor.

La agricultura de secano afronta mayores retos como consecuencia de las precipitaciones insuficientes. Los efectos pueden adoptar diversas formas, como sequías e inundaciones, así como lluvias torrenciales y fenómenos meteorológicos extremos. Las anomalías de las precipitaciones en las tierras de pastoreo constituyen asimismo una amenaza para la producción ganadera.

El doble reto que suponen la creciente demanda de agua dulce, que determina una escasez de agua cada vez mayor, y el riesgo de sequías o de precipitaciones insuficientes en las zonas

RECUADRO 1

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN 1993, LAS POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS Y LA AGRICULTURA

En la edición de 1993 de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* (Parte III: Las políticas de recursos hídricos y la agricultura), se presentaban cuestiones y análisis que actualmente son de gran pertinencia. Esto podría indicar que la edición de 1993 tenía una gran visión de futuro, pero también que muchos de los problemas señalados entonces siguen estando sin resolver.

El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1993 tomaba como punto de partida el reconocimiento de que el agua es un recurso cada vez más escaso y valioso, resaltando que la creciente escasez hídrica y el mal uso del agua dulce planteaban serias amenazas para el desarrollo sostenible. Examinaba también la calidad del agua y las repercusiones para la salud humana. Se indicaba que las principales razones de la escasez eran: el crecimiento demográfico, el uso indebido del agua y el acceso no equitativo. Asimismo, se señalaban los posibles efectos del cambio climático y el calentamiento global sobre el ciclo hidrológico, aunque los conocimientos científicos en aquel momento no permitían aún extraer conclusiones claras.

FUENTE: FAO, 1993¹.

El foco de atención principal de la edición de 1993 era el uso del agua en la agricultura, poniendo el acento en la agricultura de regadío y en las políticas e instituciones. Se reconocía que la agricultura, en su condición de mayor usuaria de agua, se enfrentaba a una competencia creciente de otros sectores. Se argumentaba que la agricultura debía responder al reto de producir más con menos agua de manera sostenible a fin de garantizar la futura seguridad alimentaria mundial. En particular, el informe concedía importancia a la gestión en el lado de la demanda para asegurar una mayor eficiencia en el uso y asignación del agua en la agricultura de regadío, en lugar del enfoque más tradicional, centrado en el lado del suministro y orientado a la expansión de la producción agrícola bajo riego. No obstante, en 1993, en las consideraciones relativas a la gestión y expansión del suministro, la desalinización y la reutilización de las aguas residuales y de drenaje aún no habían cobrado la importancia que tienen actualmente como fuentes de agua alternativas seguras.

de secano, que provocan un déficit hídrico, constituye el tema principal del presente informe. La última vez que se abordaron de forma exhaustiva los problemas relacionados con el agua en *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* fue en 1993 (**Recuadro 1**). Lo que resulta sorprendente, más de 25 años después, es hasta qué punto el contenido de aquella edición sigue siendo hoy día válido y pertinente. Los retos relativos a la gestión de los recursos hídricos continúan existiendo, lo que sugiere que aún no se han abordado debidamente. Por otra parte, en la edición de 1993 se insistía en que era opinión general que “la creciente escasez y el mal aprovechamiento del agua dulce constituyen una grave amenaza para

el desarrollo sostenible”, pero hoy en día la urgencia de abordar el problema es aún mayor. Mientras que el informe de 1993 se centraba en los retos planteados por los limitados suministros y la competencia en la demanda de agua dulce en la agricultura de regadío, la edición de 2020 tiene un alcance más amplio que abarca también los desafíos relacionados con el agua en la agricultura de secano, incluidos los sistemas de pastoreo. Toma en cuenta la actividad forestal, la pesca de captura continental y la acuicultura, y reconoce la importancia de restablecer y mantener los caudales ambientales y de asegurar los servicios ambientales de los ecosistemas relacionados con el agua.



FIGURA 1
EL AGUA Y LAS METAS PERTINENTES DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Afectadas por el ODS 6		Afectan al ODS 6
	1.1 Erradicar la pobreza extrema	
	1.2 Reducir a la mitad la proporción de quienes viven en la pobreza	
	1.4 Garantizar los derechos, el acceso y el control equitativos respecto de los recursos	
	1.5 Crear resiliencia ante los fenómenos meteorológicos extremos y otras crisis	
	2.1 Garantizar el acceso a los alimentos	2.3 Duplicar la productividad y los ingresos de los pequeños agricultores
	2.2 Acabar con la malnutrición	2.4 Asegurar la producción alimentaria sostenible
	2.3 Duplicar la productividad y los ingresos de los pequeños agricultores	
	3.3 Combatir las enfermedades transmitidas por el agua	
	3.9 Reducir las muertes y enfermedades causadas por la contaminación del agua y el suelo	
	5.1 Poner fin a la discriminación	
	7.2 Aumentar la energía renovable	7.3 Mejorar la eficiencia energética
	8.1 Promover el crecimiento económico sostenible	8.4 Mejorar la eficiencia de los recursos
		9.4 Aumentar la eficiencia del uso de los recursos
	10.1 Lograr el crecimiento sostenible de los ingresos	
	10.2 Promover la inclusión social, económica y política	
	11.1 Proporcionar viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles	11.6 Reducir el impacto ambiental adverso de las ciudades
		12.2 Lograr el uso sostenible y eficiente de los recursos naturales
		12.3 Reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos
		12.4 Reducir la liberación de sustancias químicas y desechos a la atmósfera, el agua y el suelo
	13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación	13.2 Integrar el cambio climático en las políticas
	14.1 Reducir la contaminación marina	14.1 Reducir la contaminación marina
	14.2 Gestionar y proteger los ecosistemas marinos y costeros	14.2 Gestionar y proteger los ecosistemas marinos y costeros
	14.3 Minimizar y abordar la acidificación de los océanos	
	14.5 Conservar las zonas costeras y marinas	14.5 Conservar las zonas costeras y marinas
	15.1 Conservar, restablecer y utilizar de manera sostenible los ecosistemas terrestres y ecosistemas interiores de agua dulce	15.1 Conservar, restablecer y utilizar de manera sostenible los ecosistemas terrestres y ecosistemas interiores de agua dulce
	15.3 Combatir la desertificación y restaurar las tierras y los suelos degradados	

FUENTE: FAO.

» Muchos de los desafíos relacionados con los recursos hídricos ocupan un lugar destacado en la Agenda 2030. El agua está estrechamente relacionada con varios de los ODS y constituye un factor determinante para el éxito de estos. El ODS 6 (garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos) abarca todas las dimensiones clave de la disponibilidad y la gestión del agua, como el acceso equitativo al agua potable, la mejora de la calidad, el aumento de la eficiencia en el uso del agua, la gestión integrada de los recursos hídricos y la protección de los ecosistemas relacionados con el agua. Se espera que el logro del ODS 6 genere otros beneficios de carácter económico, medioambiental y social, con lo que contribuirá también al logro de otros ODS, en particular el ODS 2 (poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible). El avance hacia el ODS 2 está fundamentalmente supeditado al logro del ODS 6, dado que la productividad alimentaria y agrícola depende en gran medida del agua y de los ecosistemas para suministrar servicios que, a su vez, dependen del mantenimiento de los caudales ambientales. Para la erradicación del hambre y la malnutrición se requiere, asimismo, el acceso a agua potable (meta 6.1 de los ODS) así como a servicios de saneamiento e higiene equitativos (meta 6.2 de los ODS). Unos sistemas agrícolas productivos (meta 2.3 de los ODS) requieren una adecuada disponibilidad (metas 6.4 y 6.6 de los ODS) y una buena calidad (meta 6.3 de los ODS) de los recursos hídricos. Una mejor gestión del agua podría tener amplias repercusiones en diferentes ODS, mientras que el avance hacia otros ODS podría contribuir al logro del ODS 6. En la **Figura 1** se resumen los posibles vínculos entre el ODS 6 y otros ODS. En la columna de la izquierda figuran los ODS que, según se prevé, se verán afectados principalmente por el ODS 6, mientras que la de la derecha recoge los que con mayor probabilidad tendrán una repercusión en este. ■

PRESIONES ANTRÓPICAS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA: UNA ECUACIÓN DESEQUILIBRADA

Los recursos hídricos se ven sometidos a una presión y degradación cada vez mayores a causa de la presión demográfica y de un consumo y producción insostenibles. El cambio climático acentúa estos factores y se prevé que altere los patrones de lluvias, los regímenes hidrológicos y la disponibilidad de agua dulce. El déficit hídrico y la escasez de agua están estrechamente relacionados con el ciclo hidrológico (**Recuadro 2**). Se derivan del creciente desfase entre la demanda humana de agua y los recursos finitos procedentes del ciclo hidrológico en forma de agua dulce renovable y agua de lluvia que no entra en los sistemas de agua dulce. Son un factor que limita cada vez más la agricultura en los distintos sistemas de producción, sean estos en pequeña, mediana o gran escala. El déficit hídrico y la escasez de agua también limitan los servicios ambientales y las funciones ecosistémicas, indispensables para sustentar los sistemas relacionados con el agua y los medios de vida humanos; por lo tanto, el medio ambiente ya no puede considerarse un usuario residual de agua.

El crecimiento demográfico es un motor fundamental de la escasez de recursos de agua dulce, pues el aumento de la población motiva un aumento de la demanda de agua para diferentes usos humanos. Las presiones antrópicas sobre el agua aumentan también en la medida en que lo hacen los ingresos per cápita y las sociedades se vuelven más urbanas, con los consiguientes cambios en la dieta y una mayor demanda de agua por parte de los hogares, la industria, el sector energético y el sector de servicios. Estas tendencias implican también mayores retos para la agricultura de secano, que debe satisfacer una demanda de alimentos más elevada como consecuencia del continuo crecimiento de la población y del aumento de ingresos. El cambio climático agrava los retos asociados a estos factores, pudiendo poner en peligro los patrones de lluvias e incrementar el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos³. Estos fenómenos y las fluctuaciones en la disponibilidad de agua pueden,

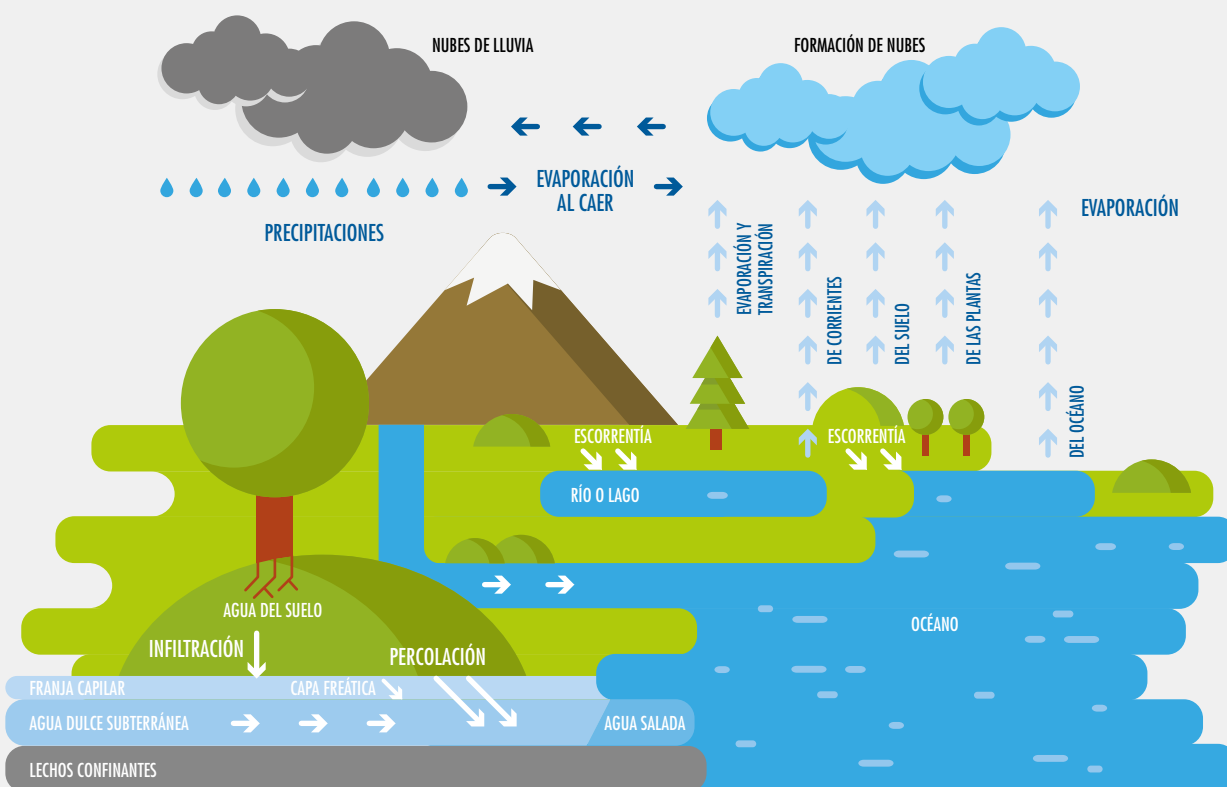
RECUADRO 2 EL CICLO HIDROLÓGICO Y LA AGRICULTURA

El agua es un recurso renovable, que circula por el planeta en un estado de flujo continuo. El ciclo hidrológico trasvasa agua de los océanos a la atmósfera y la devuelve a los océanos por vía terrestre y subterránea (véase la figura). Dentro de este ciclo la masa hídrica es básicamente constante; no se crea ni se destruye agua en

ninguno de los procesos hidrológicos naturales, aunque hay ligeros incrementos en la disponibilidad mundial anual en respuesta al aumento de las temperaturas como consecuencia del cambio climático.

Por agua dulce se entiende el agua que se encuentra en la superficie terrestre en los glaciares, lagos y ríos

CICLO HIDROLÓGICO



FUENTE: FAO, 1993, Recuadro 8¹.

asimismo, desencadenar una volatilidad de los precios de los alimentos, lo que puede agravar aún más la inseguridad alimentaria y la malnutrición. Los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) son vulnerables a la presión del clima sobre los recursos hídricos subterráneos, lo que afecta tanto a los precios alimentarios como a la dependencia de las importaciones de alimentos^{4, 5}.

En lo que toca a la escasez de agua, el crecimiento demográfico supera los efectos del cambio climático^{6, 7}.

El reto de alimentar a una población mundial creciente y satisfacer la demanda de agua es ahora mayor que nunca. Las Naciones Unidas prevén que la población mundial crecerá hasta

RECUADRO 2 (CONTINUACIÓN)

(aguas superficiales), y en el subsuelo, en los acuíferos (aguas subterráneas). La disponibilidad de agua dulce es escasa; el 99% del agua es salina (el 97% de toda el agua se encuentra en los océanos) o está congelada (el 2% se encuentra en capas de hielo y glaciares). El resto (1%) está constituido en su mayor parte por aguas subterráneas y, en proporciones insignificantes, por los lagos de agua dulce, la humedad del suelo, los ríos y los sistemas biológicos.

La agricultura de secano depende del agua de lluvia que no se desplaza por la superficie en cursos de agua (formando posteriormente ríos y lagos) ni es absorbida por el terreno hasta llegar a los depósitos de agua subterránea o acuíferos. La agricultura de regadío depende del agua dulce que se extrae de fuentes de agua superficial o subterránea en competencia con otros sectores y actividades humanas.

Cabe destacar algunos aspectos decisivos del ciclo hidrológico, a saber:

- Existe básicamente una única fuente de agua, y solo mediante un enfoque sistémico se puede garantizar su correcta gestión. Las interrelaciones entre agua superficial, agua subterránea y contenido de humedad del suelo son cruciales. Las aguas subterráneas y las aguas superficiales forman parte del mismo recurso y no pueden considerarse fuentes alternativas. La promoción del uso eficiente del agua en un ámbito

específico sin entender su repercusión en el balance hídrico del sistema puede dar lugar a resultados inesperados o no deseados. Por ejemplo, la captación de aguas subterráneas y su recarga en las llanuras aluviales puede reducir el caudal de los ríos.

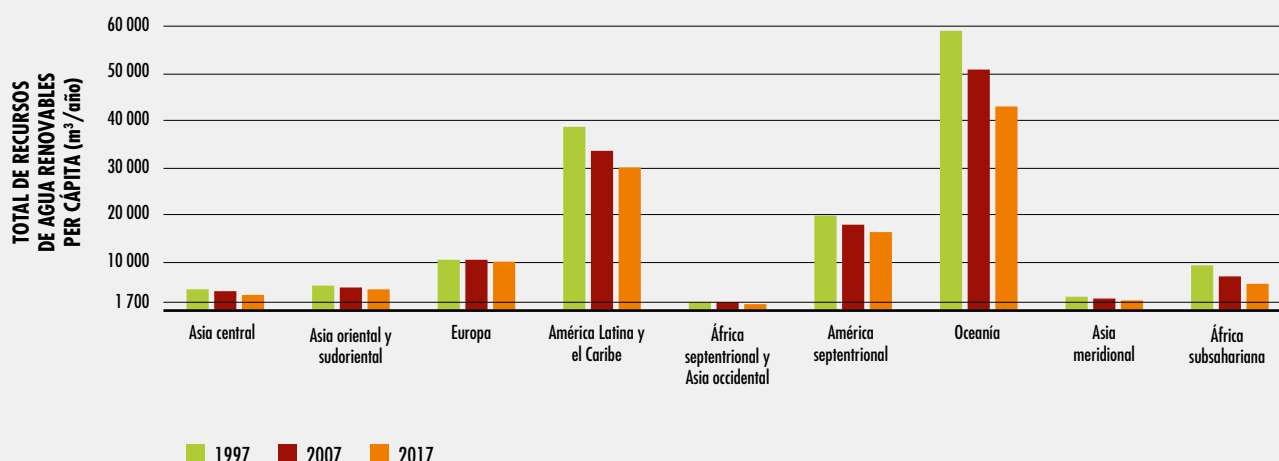
- La gestión del agua debería llevarse a cabo en el plano de los sistemas hidrológicos: cuencas, zonas de captación y acuíferos. La gestión del agua en una parte del sistema tendrá consecuencias en otras. La intensificación del uso del agua agrícola en la zona superior de la cuenca de un río puede afectar a las aguas superficiales y subterráneas de la zona inferior.
- Existen límites para la limpieza y dilución de contaminantes en los ecosistemas acuáticos. En el pasado, al deshacerse de los efluentes, muchos pueblos y ciudades confiaban en el potencial de autolimpieza y dilución de los ríos y aguas costeras. Sin embargo, esto solo era posible cuando la densidad de la población y la actividad industrial conexas eran mínimas. En muchos lugares, esta capacidad de dilución ha alcanzado sus límites, por lo que ahora dichas prácticas deben regularse cuidadosamente.
- Los ecosistemas relacionados con el agua, que proporcionan numerosos servicios ambientales, dependen del mantenimiento del nivel de las aguas subterráneas y los regímenes de caudal de los sistemas fluviales. Es fundamental reconocer las necesidades de caudal ambiental (véase el Glosario).

FUENTE: FAO, 1993¹; y FAO, 2012².

los 9 700 millones de personas en 2050, frente a los aproximadamente 7 800 millones de 2020⁸. A medida que la población sigue creciendo, la disponibilidad de recursos de agua dulce por persona disminuye, como lo demuestra la tendencia histórica ilustrada en la **Figura 2**. Este es especialmente el caso del África subsahariana y de África septentrional y Asia occidental, donde los recursos totales anuales de agua renovable per cápita descendieron un 41% y 32%, respectivamente, entre 1997 y 2017. La figura

revela, asimismo, cantidades claramente divergentes entre las regiones. En Oceanía, el volumen medio anual de agua por persona en 2017 fue de unos 43 000 m³, mientras que en África septentrional y Asia occidental este valor apenas alcanza un suministro anual de 1 000 m³. Para algunos hidrólogos, este último valor marca el nivel por debajo del cual se considera que existe escasez de agua^{9,10}. Según Falkenmark y Widstrand (1992)⁹, la capacidad de un país para satisfacer la demanda hídrica se ve comprometida cuando el suministro

FIGURA 2
RECURSOS DE AGUA DULCE RENOVABLES PER CÁPITA DESGLOSADOS POR REGIÓN, 1997-2017



NOTAS: La media de los recursos de agua dulce renovables por persona se mide en metros cúbicos por persona y año. Los datos sobre población se han tomado del informe *World Population Prospects: The 2019 Revision* (Perspectivas de la población mundial: la revisión de 2019), del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA). Oceanía comprende Australia y Nueva Zelanda.

FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2020¹¹ y UNDESA, 2019⁸.

anual por persona cae por debajo de 1 700 m³ ^a. Cuando el valor es inferior a los 1 000 m³ por persona, la población se encuentra en situación de escasez crónica de agua, y cuando baja de los 500 m³, de escasez extrema.

El análisis de la cantidad media de agua por persona puede indicarnos la disponibilidad de agua dulce, pero también puede simplificar en exceso la situación de determinados países. Los promedios a escala regional e incluso nacional pueden no ser significativos en países grandes con importantes diferencias regionales. En muchos países, la escasez de agua no constituye un problema a escala nacional, pero puede haber un déficit grave en zonas y cuencas hidrográficas específicas. Brasil es un ejemplo de ello. En promedio, se calcula que, para cada brasileño, hay casi 42 000 m³ de agua dulce

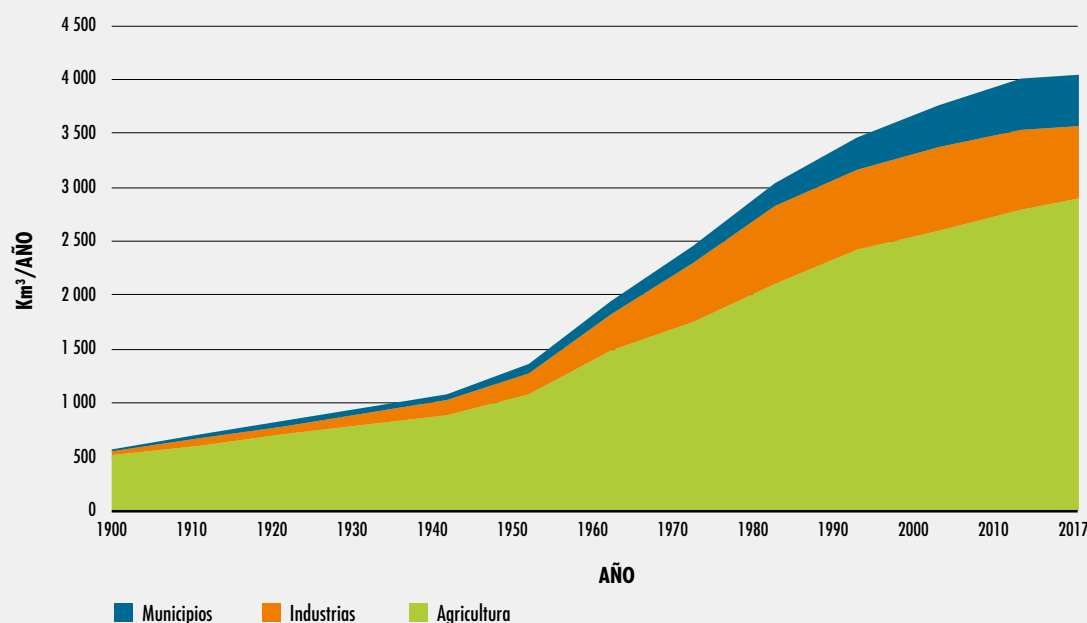
renovable anualmente^{8, 11}. Mientras algunas zonas del país en las que se realiza la mayor parte de las actividades económicas (incluido el riego) pueden verse afectadas por un elevado nivel de estrés hídrico y uso del agua, la Cuenca Amazónica contiene un gran volumen de agua, pero muy poca es utilizada por la población. Por lo tanto, el suministro de agua anual per cápita no tiene en cuenta los factores locales que determinan el acceso al agua ni el hecho de que diferentes países —y regiones— utilicen diferentes cantidades de agua.

Competencia creciente por los recursos hídricos

Se prevé que las tendencias en el crecimiento demográfico aumenten la presión sobre los recursos hídricos destinados a la agricultura y otros usos, incluidos el uso industrial y el doméstico. En la [Figura 3](#) se muestran las cantidades totales de agua extraída. Dichas cantidades han evolucionado a la par que el crecimiento demográfico y económico,

^a Originalmente, este valor se estableció en 600 personas por unidad de caudal, donde una unidad de caudal equivale a un millón de metros cúbicos anuales⁹. El valor anual de 1 700 m³ por persona se obtiene dividiendo una unidad de caudal por el número de personas que compiten por esta agua.

FIGURA 3
EXTRACCIONES MUNDIALES DE AGUA POR SECTORES



NOTA: Por extracción de agua agrícola se entiende el volumen anual de agua autoabastecida para actividades de riego, ganadería y acuicultura; la extracción de agua industrial es el volumen anual de agua autoabastecida para usos industriales, como la refrigeración de plantas de energía termoeléctrica y nuclear (pero excluyendo la energía hidroeléctrica); por último, la extracción de agua municipal hace referencia al volumen de agua extraída para uso directo por la población.

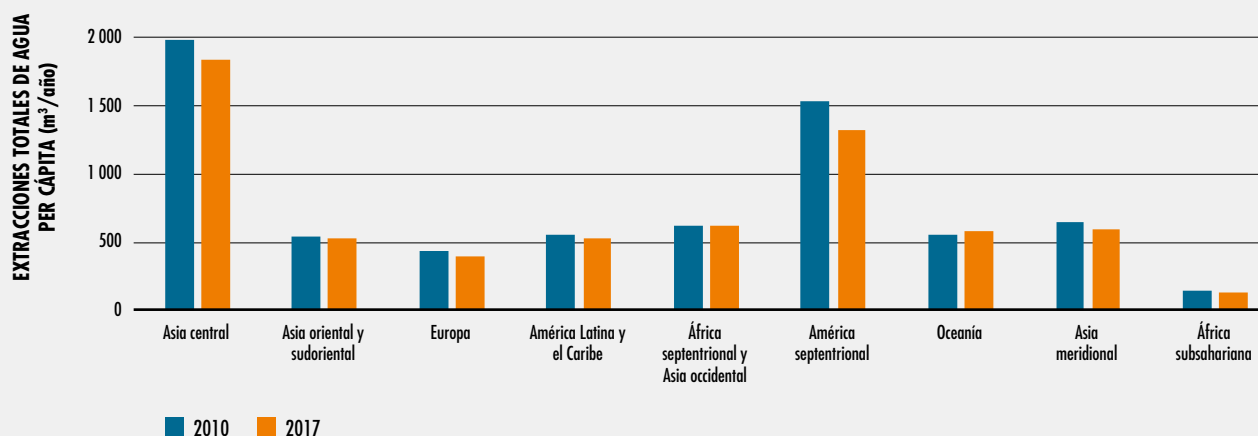
FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2020¹¹ y Shiklomanov, 2000, Cuadro 5¹².

registrando un considerable aumento a lo largo del tiempo, especialmente desde la mitad del siglo XX. Aunque el ritmo de crecimiento se ha ralentizado en los últimos decenios, este incremento continúa. La agricultura sigue siendo, con diferencia, el mayor usuario de agua: representa más del 70% de las extracciones mundiales de agua, que siguen aumentando. La agricultura ha enfrentado una mayor competencia de otros sectores, con un crecimiento más rápido de las extracciones de agua por parte del sector industrial y municipal, especialmente desde mediados del siglo XX. En los últimos 10 o 20 años, las cantidades de agua extraída por el sector industrial han descendido, mientras que las extracciones para usos municipales han aumentado solo ligeramente desde 2010. Por lo que respecta a la agricultura, el consumo de agua ha seguido creciendo a un

ritmo mayor, aunque algo ralentizado desde 1980, y la proporción de extracciones de agua para la agricultura ha aumentado ligeramente desde 2000.

La **Figura 4** combina las cifras totales de agua extraída y los datos de población en 2010 y 2017. En el último decenio, dependiendo de la región, las cifras relativas a las extracciones de agua per cápita se han mantenido estables o en ligero descenso, debido a un mayor o igual ritmo de crecimiento de la población respecto de los volúmenes de agua extraída. Existen diferencias considerables entre regiones, siendo Asia central la que tiene las mayores extracciones de agua per cápita, con casi 2 000 m³ por persona en 2017. Le sigue América septentrional, donde la extracción media de agua dulce por persona en 2017 fue de más de 1 300 m³. En el

FIGURA 4
EXTRACCIONES TOTALES DE AGUA PER CÁPITA POR REGIÓN, 2010 Y 2017



NOTA: Por extracción total de agua se entiende el volumen anual de agua extraída para fines agrícolas, industriales y municipales. Los datos sobre población corresponden al informe *World Population Prospects: The 2019 Revision* (Perspectivas de la población mundial: la revisión de 2019) de la UNDESA. Oceanía comprende Australia y Nueva Zelanda.
FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2020¹¹ y UNDESA, 2019⁸.

África subsahariana, este valor apenas alcanza los 130 m³ por persona, debido en gran parte a las limitaciones económicas para acceder al agua dulce. Los índices de extracción de agua varían también significativamente según el nivel de ingresos (Recuadro 3).

La Figura 4 refleja las cifras de extracciones de agua de las diferentes regiones, pero no puede dar cuenta del acceso local al agua y la competencia entre sectores. La creciente demanda procedente de la agricultura y de otros sectores crea competencia por los escasos recursos de agua dulce, incrementa el riesgo de conflictos entre los agricultores y otros usuarios de agua locales y repercute incluso en el plano internacional en forma de conflictos transfronterizos. La competencia y las disputas por la tierra y el agua se dan en países con grave escasez hídrica y un acceso limitado al agua. En la región pastoril del Sahel, el pastoreo excesivo y una grave degradación de los pastos dieron lugar a una producción limitada o inexistente de forrajes en 2018. Como resultado, los hogares

de pastores iniciaron la trashumancia dos meses antes, lo que ocasionó mayores concentraciones en determinadas zonas y conflictos entre agricultores y pastores¹³.

Los países en desarrollo sin litoral (PDL) y los PMA se ven particularmente afectados por potenciales conflictos internacionales. A menudo comparten recursos hídricos transfronterizos, como en el caso del lago Chad, el lago Victoria y el río Nilo, y existe competencia por el agua, por ejemplo, para el riego, que se suma a los efectos de la contaminación¹⁴. Estos países dependen también en gran medida de la pesca continental como proveedora de proteína animal, nutrientes y vitaminas¹⁵. Los sectores menos formales como la pesca son olvidados con frecuencia, en parte porque es difícil demostrar su verdadero valor económico y su capacidad para competir con otros actores económicamente potentes como la energía y el riego¹⁶. La competencia entre sectores se manifiesta también a lo largo del río Nilo, donde Etiopía busca satisfacer sus necesidades

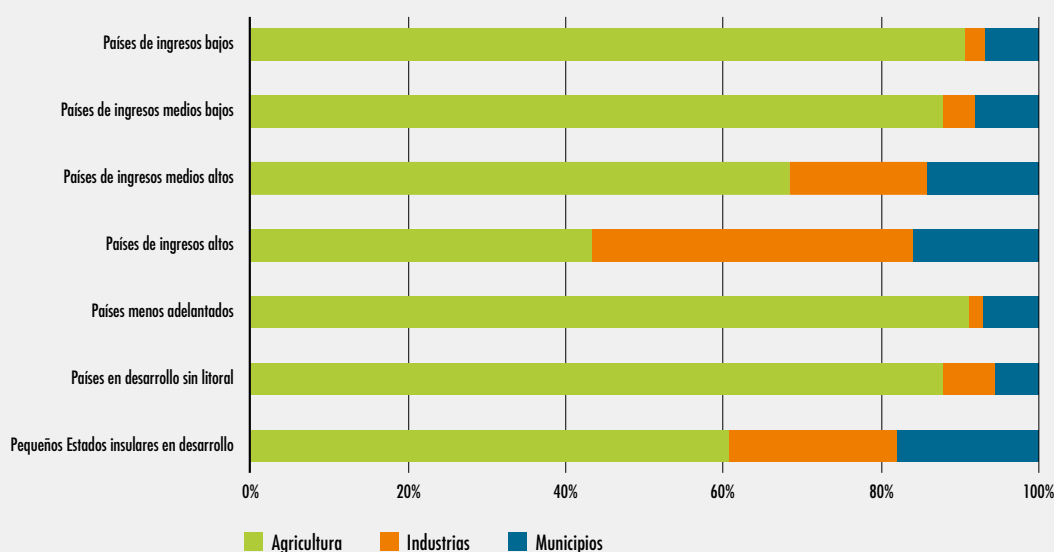
RECUADRO 3 LA COMPETENCIA EN LA DEMANDA DE AGUA ESTÁ DETERMINADA POR EL NIVEL DE INGRESOS DE LOS PAÍSES

Una característica de la creciente demanda de agua es la mayor competencia entre todos los usuarios. Si se observan las tasas de extracción de agua por grupos de ingresos y categorías de países, se puede obtener una visión general del alcance de esta competencia. En la siguiente figura, se muestra el desglose de las extracciones de agua de los distintos sectores por nivel de ingresos, cuyas tasas pueden variar considerablemente. Van desde el 91%, 2% y 7% del agua agrícola, industrial y municipal, respectivamente, en los países de ingresos bajos hasta el 43%, 41%

y 16%, respectivamente, en los de ingresos altos. A medida que la población y los ingresos crezcan y los efectos del cambio climático se sientan cada vez más, se prevé que la competencia por el agua se intensifique^{18, 19}, especialmente en los países de ingresos bajos y medios bajos.

En los PMA y los PDL, la agricultura representa también en torno al 90% de las extracciones totales de agua. En los PEID, el porcentaje de extracciones agrícolas es menor, situándose en torno al 60% del total de extracciones.

EXTRACCIONES SECTORIALES DE AGUA CLASIFICADAS SEGÚN EL NIVEL DE INGRESOS DE LOS PAÍSES, 2017



NOTA: Por extracción de agua agrícola se entiende el volumen anual de agua autoabastecida que se extrae para actividades de riego, ganadería y acuicultura; la extracción de agua industrial es el volumen anual de agua autoabastecida para usos industriales, como la refrigeración de plantas de energía termoeléctrica y nuclear, pero sin incluir la energía hidroeléctrica; y la extracción de agua municipal hace referencia al volumen de agua extraída para uso directo por la población.

FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2020¹¹; Naciones Unidas, 1998²⁰; y Banco Mundial, 2017²¹.

de electricidad mediante la construcción de la Gran Presa del Renacimiento sobre el Nilo Azul, pero Egipto teme ver amenazada su fuente principal de agua para riego. Las conversaciones internacionales entre los ministros responsables

del área de agua y riego de Egipto, Etiopía y el Sudán, con presencia de observadores de Sudáfrica, los Estados Unidos de América y la Unión Europea, tienen como finalidad evitar un conflicto internacional¹⁷.

Repercusión del cambio de hábitos alimentarios en el uso del agua

Se prevé un aumento de la competencia por el agua como consecuencia de un cambio en los patrones de alimentación. Es un hecho bien reconocido que los hábitos alimentarios cambian en la medida en que los países se desarrollan económicamente y que esto se asocia al aumento del poder adquisitivo, el acceso a alimentos más baratos, la expansión de los mercados alimentarios mundiales y la urbanización^{22, 23}. Los cambios en los patrones de alimentación comprenden un desplazamiento de las preferencias de los cereales no elaborados a alimentos altamente procesados, productos pecuarios y cultivos de valor elevado, como frutas y aceites comestibles, cuyo consumo se prevé que siga aumentando sobre todo en los países de ingresos bajos y medios bajos. Estos cambios influirán en la demanda futura de agua para fines agrícolas, ya que, como se refleja en el Cuadro 1, los productos pecuarios y los aceites requieren más agua que los cereales, las raíces amiláceas, las frutas y las hortalizas²⁴.

En el Cuadro 1 se considera la huella de agua anual media de determinados productos alimentarios conforme a Mekonnen y Hoekstra (2012), utilizando el volumen total de agua (agua de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas) que se ha empleado directa o indirectamente para producir el producto²⁴. En el plano de las políticas, esto resulta útil para las regiones con escasez de agua a la hora de considerar los beneficios de la especialización en unos productos y no en otros, la producción local frente a las importaciones, las repercusiones de los patrones de consumo relacionadas con el agua, etc.².

El Cuadro 1 pone de manifiesto la complejidad de las repercusiones hídricas de los hábitos alimentarios. En la cuarta columna se aprecia que los productos pecuarios requieren un volumen de agua considerablemente mayor por tonelada de producto, así como por caloría, en comparación con los cultivos. La única excepción son las nueces, que, después de la carne de vacuno y la de cabra, son el producto que más agua consume por tonelada. En cuanto a la evaluación de las necesidades de agua para la producción de proteína, el Cuadro 1 muestra que,

en el caso de la leche, los huevos y la carne de pollo, la producción de un gramo de proteína está en el mismo orden de magnitud que la de las legumbres. En el caso de la carne de vacuno, la necesidad de agua es considerablemente más elevada, lo que indica que las diferencias dentro de la producción ganadera también son importantes, mientras que la mantequilla y los cultivos de semillas oleaginosas tienen una huella de agua relativamente pequeña por gramo de grasa. En términos puramente “contables”, desde una perspectiva de recursos de agua dulce, a menudo resulta más eficiente obtener calorías, proteína y grasa a través de productos agrícolas que a través de productos pecuarios. Estos son promedios que comprenden todos los tipos de usos del agua, diferentes sistemas de producción y regiones donde los retos nutricionales difieren mucho entre sí. En los países de ingresos bajos, la calidad de las proteínas y la biodisponibilidad de los nutrientes de los diferentes alimentos serán cruciales para evitar la malnutrición. En los de ingresos altos, el consumo en exceso de productos ganaderos es cada vez mayor, lo que ejerce una presión adicional sobre los recursos hídricos. Un metaanálisis de 63 publicaciones sobre la huella hídrica de diferentes regímenes alimentarios en países de ingresos altos reveló que la reducción del consumo de alimentos de origen animal en las dietas occidentales podría reducir en un 18% el uso de agua.

Aunque los estudios basados en promedios mundiales proporcionan informaciones interesantes, los expertos en evaluación medioambiental de la producción ganadera los han cuestionado. Sus estimaciones suelen corresponder a un contexto muy específico y no pueden generalizarse debido a las diferencias entre los piensos utilizados, en las distintas especies y dentro de una misma especie, y los sistemas de producción. Parte de la huella hídrica de la producción animal que figura en el Cuadro 1 está asociada a precipitaciones sobre tierras de pastoreo, a menudo no convertibles en tierras de cultivo, con lo que la ganadería resulta ser la única opción para utilizar el agua de lluvia con fines de producción alimentaria, mejorando así la eficiencia en el uso del agua²⁶. Los estudios suelen considerar también el consumo de diferentes alimentos por la población general, pero no examinan las

CUADRO 1
HUELLA DE AGUA DE DETERMINADOS PRODUCTOS ALIMENTARIOS

Producto alimentario	Huella de agua (m³/tonelada)				Contenido nutricional			Huella de agua por unidad de valor nutricional		
	Verde	Azul	Gris	Total	Caloría (kcal/kg)	Proteína (g/kg)	Grasa (g/kg)	Caloría (litros/kcal)	Proteína (litros/g proteína)	Grasa (litros/g grasa)
Cultivos de azúcar	130	52	15	197	285	0	0	0,69	0	0
Hortalizas	194	43	85	322	240	12	2	1,34	26	154
Raíces amiláceas	327	16	43	387	827	13	2	0,47	31	226
Frutas	726	147	89	962	460	5	3	2,09	180	348
Cereales	1 232	228	184	1 644	3 208	80	15	0,51	21	112
Cultivos de aceite	2 023	220	121	2 364	2 908	146	209	0,81	16	11
Legumbres	3 180	141	734	4 055	3 412	215	23	1,19	19	180
Nueces	7 016	1 367	680	9 063	2 500	65	193	3,63	139	47
Leche	863	86	72	1 020	560	33	31	1,82	31	33
Huevos	2 592	244	429	3 265	1 425	111	100	2,29	29	33
Carne de pollo	3 545	313	467	4 325	1 440	127	100	3,00	34	43
Mantequilla	4 695	465	393	5 553	7 692	0	872	0,72	0	6
Carne de cerdo	4 907	459	622	5 988	2 786	105	259	2,15	57	23
Carne de oveja/cabra	8 253	457	53	8 763	2 059	139	163	4,25	63	54
Carne de vacuno	14 414	550	451	15 415	1 513	138	101	10,19	112	153

NOTAS: La huella de agua azul se define como el volumen de aguas superficiales y subterráneas consumidas (evaporadas tras ser extraídas) como resultado del proceso de producción; la huella de agua verde es el agua de lluvia consumida; la huella de agua gris se refiere al volumen de agua dulce requerido para asimilar la carga de contaminantes con arreglo a las normas de calidad de agua existentes. Los tipos de proteínas y grasas pueden diferir entre los distintos productos.

FUENTE: Mekonnen y Hoekstra, 2012, Cuadro 3²⁴.

necesidades dietéticas de grupos específicos, como los niños, las mujeres o las personas mayores. Las conclusiones de estos estudios deberían interpretarse con prudencia y toda orientación debería ajustarse al contexto específico y tener en cuenta la situación alimentaria de una población, así como las limitaciones específicas a las que se enfrentan los productores en relación con el agua, junto a la viabilidad de los diferentes usos de las tierras.

El Cuadro 1 no incluye los alimentos de origen marino, ya que existen muy pocos análisis sobre el uso del agua en su producción. El pescado es una importante fuente de proteínas, grasas saludables y nutrientes, y desempeña un papel

fundamental en la nutrición¹⁵. La industria de productos del mar es muy diversa, con un uso del agua muy diferente, sobre todo —aunque no exclusivamente— entre los sistemas de acuicultura y captura. En China, la huella de agua azul y verde (véase el glosario) de la acuicultura de agua dulce asociada a los piensos y la evaporación oscila entre 3 349 m³ y 21 215 m³ por tonelada de producto²⁷. En el caso de la acuicultura marina, los niveles son muy inferiores y están únicamente asociados a los piensos. En la pesca de captura, el uso consuntivo de agua dulce es poco significativo, pero de todas formas es esencial disponer de agua suficiente. Por lo que respecta a la pesca continental, que proporciona diversidad dietética

y sustenta la seguridad alimentaria y la nutrición en algunas áreas, los volúmenes de agua y los tiempos dependen en gran medida del contexto y de las especies.

A medida que aumenten los ingresos, se prevé que las poblaciones tenderán a adoptar dietas que requieran un uso más intensivo de la tierra y el agua, en particular a través de un mayor consumo de productos cárnicos y lácteos²³. Además, el mundo debe avanzar hacia dietas saludables, de composición a menudo variada mediante alimentos nutritivos que requieren un empleo intensivo de agua, como frutas y hortalizas, legumbres, nueces, y cantidades moderadas de productos lácteos, huevos y carne de aves²⁸. Como resultado de ello se cree que aumentarán las presiones sobre los recursos mundiales de agua dulce, así como los efectos negativos de la producción ganadera intensiva en la calidad del agua (véase “Cuestiones específicas: Agricultura, contaminación del agua y salinidad”, pág. 51)²⁹. En un estudio elaborado en 2015, Gill *et al.* informan sobre cambios en el consumo de agua (agua azul, verde y gris)^b asociados a la transición de los hábitos alimentarios entre 1961 y 2011 en Brasil, China e India³⁰. Las diferencias entre países son considerables: en Brasil y China los productos ganaderos desempeñan un papel importante en el aumento de la demanda de agua, mientras que en la India este papel lo desempeñan los cereales. En los tres países, el resultado fue un aumento del consumo diario de agua de más de 1 000 litros per cápita, para una población combinada de 3 000 millones de personas en 2019, lo que prueba que la transición alimentaria desempeña un papel de peso en la configuración de la demanda de agua en la agricultura. Unas dietas saludables que incluyan consideraciones de sostenibilidad en el plano de los sistemas alimentarios están en condiciones de reducir el consumo de agua asociado a estos²⁸. ■

^b El estudio utiliza las mismas definiciones de huella de agua azul, verde y gris de Mekonnen y Hoekstra, 2012²⁴. (Véanse las notas del Cuadro 1).

MEJORA DE LA GOBERNANZA PARA GARANTIZAR UN ACCESO EQUITATIVO AL AGUA

La creciente escasez y el cambio climático amenazan con acrecentar la desigualdad en el acceso al agua. Esto, a su vez, puede debilitar los medios de vida, la resiliencia y la seguridad alimentaria y nutrición debido a la proporción y la calidad del agua destinada al saneamiento e higiene, la agricultura, la producción de alimentos y el funcionamiento de los ecosistemas, y puede agravar la distribución desigual entre personas y sectores³¹. El acceso al agua tiene una importante dimensión relativa a los derechos humanos, tal como lo reconoció la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010³². Aunque el derecho al agua se centra fundamentalmente en el agua para consumo, saneamiento y otros usos personales y domésticos, se extiende también a la producción alimentaria y agrícola en sus interacciones con otros derechos humanos, en particular el derecho a la alimentación, de especial importancia en el caso de las mujeres rurales y los pueblos indígenas.

El acceso al agua en el medio rural es especialmente desigual debido a las limitaciones físicas o económicas con que tropiezan los agricultores en pequeña escala. Las pequeñas fincas de menos de 2 hectáreas constituyen la mayor parte de las explotaciones tanto a escala mundial (84%) como, especialmente, en los países de ingresos bajos y medios bajos³³. Estos países son más vulnerables a limitaciones de la disponibilidad de agua debido a su acceso limitado a tecnologías de riego y a opciones de captación de aguas pluviales. En Asia meridional, donde más del 60% de las explotaciones agrícolas son pequeñas³³, Li *et al.* (2011) constataron que la sequía constituye una limitación importante para el rendimiento de los cultivos³⁴. Un mayor acceso al agua para la agricultura y una mejor gestión son importantes instrumentos para el alivio de la pobreza^{35, 36}.

Los agricultores en pequeña escala de entornos de regadío y de secano tropiezan con obstáculos para el acceso a los equipos de riego y la captación

de aguas. En el África subsahariana, el agua está presente, pero es escasa cuando no se dispone de capital para acceder a ella³⁷, aunque la ampliación del riego en pequeña escala puede ser rentable y beneficiar a entre 113 y 369 millones de personas del medio rural³⁸. Son muchos los factores que impiden que se adopten tecnologías de riego, entre ellos, la tenencia y el acceso a la financiación y el crédito³⁹. La captación de aguas mejora el rendimiento de los cultivos en las regiones semiáridas de África y Asia, pero los agricultores en pequeña escala con un acceso limitado al mercado pueden ser reacios a invertir en ella debido a la baja rentabilidad y a que el plazo medio de recuperación de la inversión es de unos cuatro o cinco años⁴⁰. A fin de ampliar más el acceso al agua es preciso que los agricultores y los proveedores de servicios adquieran habilidades para diseñar tecnologías de riego y para hacer funcionar, mantener y reparar los sistemas de irrigación, pues un uso indebido de los mismos tendrá como consecuencia pérdidas de agua y de rendimiento⁴¹.

Las mujeres afrontan, asimismo, grandes limitaciones en el acceso a los recursos naturales, especialmente el agua, pese a constituir hasta la mitad de la mano de obra agrícola en los países de ingresos bajos⁴². A menudo carecen de derechos sobre las tierras que cultivan, así como de agua para regar sus campos. Tampoco tienen influencia sobre el uso de los recursos naturales, incluida el agua. Su carga de trabajo supera la de los hombres, al tener más responsabilidades domésticas no remuneradas, como el acarreo de agua y combustible y la preparación de la comida. El acarreo de agua puede ser peligroso para las mujeres y niñas, pues las expone al riesgo de violencia. El riego puede permitir a las mujeres una mayor participación en actividades de generación de ingresos, de prestación de cuidados y actividades sociales. Los profesionales del agua, el personal de extensión y los responsables de la toma de decisiones siguen sin percibir a las mujeres como agricultoras⁴³ y a menudo pasan por alto los conocimientos, la carga de trabajo y las necesidades de las mujeres y de los grupos más vulnerables. En la Recomendación general núm. 34 del Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer se considera el acceso de las mujeres a la tierra y el agua como un derecho humano fundamental⁴⁴.

Es esencial una buena gobernanza y distribución del agua, por ejemplo, para riego y energía hidroeléctrica donde se vean involucrados diferentes usuarios, a fin de abordar la competencia y las tensiones entre sectores y asegurar caudales de agua seguros y de calidad. En muchos países, como se indica en el informe de 2015 del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición, las decisiones que se toman en los sectores que consumen agua las adoptan a menudo departamentos separados, sin que se tome muy en cuenta la suma de sus efectos en la situación del agua³¹. La gobernanza debe equilibrar la necesidad de un uso más eficiente con un acceso equitativo que respete el derecho humano al agua. La noción de eficiencia distributiva se refiere al grado de riqueza que una determinada base de recursos naturales puede producir, mientras que la de equidad se refiere a la forma en que esa riqueza se distribuye en la sociedad⁴⁵. Conciliar eficiencia y equidad puede no ser fácil debido al arraigo de políticas hídricas deficientes, como la fijación de precios demasiado bajos o el uso no regulado⁴⁶. Los mercados y las consideraciones de eficiencia podrían dominar, favoreciendo a quienes utilizan el agua para producir el máximo de beneficios económicos, sacrificando así la equidad en aras de la eficiencia^{47,48}. La agricultura puede invocar sus múltiples funciones que van más allá de la producción de productos básicos e incluyen importantes aspectos sociales, culturales y ambientales. Aumentar la eficiencia, la equidad y la productividad del agua en la agricultura será fundamental a fin de proporcionar suficientes alimentos de calidad para todos, respetando al mismo tiempo las necesidades relativas a los caudales ambientales que sostienen los ecosistemas y el bienestar que depende de ellos. Sin embargo, se ha estimado que actualmente, alrededor del 41% del riego mundial se realiza a expensas de las necesidades de caudales ambientales⁴⁹. Conciliar el riego con los caudales ambientales será fundamental para el logro de la Agenda 2030.

Si el agua abundase, gestionar la demanda presentaría menos dificultades, pues podría satisfacerse a un costo bajo. Cuando la escasez es mayor, el uso del agua crea una rivalidad creciente, puesto que un usuario limita el uso potencial por otros usuarios. El agua debería reconocerse como un bien económico que tiene valor y un precio⁵⁰,

y como un elemento vital para los ecosistemas de los que todos dependemos. Sus características únicas —como recurso esencial, insustituible, finito y como derecho humano⁵¹— han hecho que esto resulte difícil (Recuadro 4), por lo que la gestión del agua debe abordarse desde una perspectiva económica y social. Su distribución no puede dejarse exclusivamente en manos de las fuerzas del mercado. Sin embargo, esto no significa que, por ser un derecho humano básico, el agua deba ser gratuita, según una común interpretación errónea.

Es necesario fijar precios justos, orientados a la recuperación de costos (un objetivo primordial), pero que garanticen el acceso de la población pobre, además de satisfacer las necesidades ambientales⁵². Un precio razonable envía a los usuarios una señal clara de que el agua debe utilizarse de forma sensata. Las políticas podrían ofrecer subvenciones cruzadas (un grupo de consumidores paga más con objeto de abaratarle el precio a otro grupo) por razones de equidad, o se podría subvencionar el uso del agua (por ejemplo, para el riego). El buen funcionamiento, la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad de un mercado dependen de estos criterios. Los gobiernos tienen aquí la responsabilidad principal.

Con el agua cada vez más escasa y la demanda en aumento, las políticas han desviado su foco de atención del incremento de la oferta hacia intervenciones económicas, jurídicas, institucionales y de otra índole para gestionar la demanda (Recuadro 1). La gestión puede proporcionar agua adicional para satisfacer las necesidades de la sociedad, al tiempo que combate las causas de los problemas, como la contaminación y la sobreexplotación de los acuíferos. Para resolver la escasez de agua en la agricultura es necesario controlar la oferta con una dinámica gestión de la demanda. ■

AGUA, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SISTEMAS ALIMENTARIOS

El concepto de sistemas alimentarios puede resultar útil para entender la relación entre seguridad alimentaria y nutrición, producción alimentaria y consumo, y agua. Un sistema alimentario abarca toda la diversidad de actores que intervienen en la producción, agregación, elaboración, distribución, consumo y eliminación de productos alimentarios de origen agrícola, forestal y pesquero, así como parte de los entornos generales económicos, sociales y naturales en los que estas actividades se desarrollan⁵⁹. Un sistema sostenible proporciona seguridad alimentaria y nutrición para todos sin comprometer las bases económicas, sociales y ambientales que generan seguridad alimentaria y nutrición. Una gestión sostenible y equitativa del agua es esencial para los sistemas alimentarios, para lograr la seguridad alimentaria y nutricional, y para erradicar el hambre.

La atención mundial se ha centrado fundamentalmente en la cantidad del agua, pero su calidad es también importante desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. La contaminación afecta a la disponibilidad de agua dulce para actividades económicas⁶⁰, incluida la producción de alimentos⁶¹⁻⁶³. El agua contaminada afecta a la salud y el bienestar pues pone en riesgo la inocuidad de los alimentos y la salubridad⁶⁴. Socava, asimismo, la sostenibilidad de la pesca, las tierras y los ecosistemas, incluida la capacidad para proporcionar seguridad alimentaria y nutrición³¹. (Para un análisis más a fondo sobre la calidad del agua, consúltese la sección “Cuestiones específicas: Agricultura, contaminación del agua y salinidad”, pág. 51).

En las siguientes subsecciones se examinan diferentes componentes del sistema alimentario con objeto de destacar los puntos de entrada a través de los cuales la gestión del agua afecta a la seguridad alimentaria y la nutrición. Más allá del sistema alimentario, una fuente de competencia por el agua cada vez más importante es el nexo entre agua, energía y alimentos, así como la producción de biocombustibles (Recuadro 5).

RECUADRO 4 LAS CARACTERÍSTICAS INHERENTES AL AGUA LA CONVIERTEN EN UN ELEMENTO DIFÍCIL DE GESTIONAR

La práctica histórica y las convicciones políticas, culturales y religiosas han tratado el agua como un producto básico gratuito, lo que a menudo ha determinado **ineficiencias de los mercados**, que no asignan eficazmente los recursos⁵³. En tales situaciones, existen posibilidades de mejorar la vida de algunas personas sin empeorar la de otras. Un ejemplo de ineficiencia del mercado es cuando los grandes sistemas de riego, el abastecimiento urbano o las plantas de energía hidroeléctrica imponen precios elevados a los consumidores. Esto tienen entonces pocos incentivos para innovar¹. Asimismo, el uso del agua puede generar **externalidades negativas**, en las que una persona, empresa o nación puede incidir en otra sin que haya compensación. Un ejemplo es el efecto perjudicial sobre la calidad del agua y la degradación ambiental.

En vista de su importancia para la sociedad, con frecuencia el agua se subvenciona a gran escala, si bien la mayoría de los servicios hídricos —energía hidroeléctrica, riego, drenaje, etc.— requieren infraestructuras públicas y grandes inversiones para alcanzar economías de escala, lo que da lugar a monopolios naturales. La elección entre un monopolio público o privado, así como su grado de autonomía respecto del gobierno, varía ampliamente de un país a otro. Por razones políticas, culturales y de equidad, los costos de los servicios hídricos no suelen adeudarse a los usuarios, lo que pone en riesgo el mantenimiento eficiente de las infraestructuras hídricas y las futuras inversiones. Es necesaria la intervención del gobierno para corregir estos fallos del mercado y externalidades negativas, asegurando a la vez el caudal ambiental.

En algunos casos, el agua constituye un recurso **común**. Un grupo (a menudo una comunidad local o un grupo de pastores) la utiliza y gestiona de manera colectiva, y diferentes miembros pueden tener algunos derechos con límites fijos o difuminados. Cuando las normas o el control de la comunidad son débiles, puede ejercerse el “libre acceso”, que supone un incentivo para comportamientos oportunistas que dan lugar a una sobreexplotación de los recursos (conocida también como “la tragedia de los bienes comunes”)⁵⁴. El trabajo publicado por Ostrom (1990) ha demostrado que es fundamental la actuación colectiva y unas normas claras para gobernar los recursos comunes⁵⁵. El libre acceso suele producirse cuando los bienes comunes son públicos o propiedad del Estado y las normas o instituciones comunitarias que rigen su uso no están reconocidas por la ley. Las comunidades o grupos pueden verse privadas de su derecho al uso consuetudinario y a excluir a usuarios externos. Las políticas y leyes relativas al agua deben tener en cuenta la complejidad, diversidad y flexibilidad de su tenencia y reconocer los derechos y responsabilidades de los grupos o comunidades en lo que respecta al gobierno de sus recursos. (Véanse por ejemplo: FAO, 2016⁵⁶; y Morgera *et al.*, 2020⁵¹).

La interrelación entre tenencia de la tierra y derechos de agua puede afectar a la gestión sostenible del agua. Los proyectos relacionados con puntos de abastecimiento hídrico destinados a ciertos grupos, como los pastores, pueden menoscabar los derechos de agua, dando lugar a conflictos entre grupos^{57, 58}.

El agua en el centro de la producción primaria

La agricultura realiza en torno al 70% de las extracciones mundiales de agua, pero aproximadamente el 90% corresponde a países de ingresos bajos y medios bajos (véase la figura del **Recuadro 3**). El aumento de la escasez de agua dulce y la creciente competencia, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, constituyen una seria limitación para la producción agrícola. La agricultura de secano es la principal fuente

de producción mundial: representa más del 80% de la tierra cultivada (véase el Capítulo 2) y el 60% de la producción mundial de cultivos¹⁹. El aumento de la productividad en la agricultura de secano puede reducir la presión ejercida por el riego sobre los escasos recursos de agua dulce. Esto implica aumentar la productividad del agua de lluvia, si bien los retos relacionados con el agua que afrontan los sistemas de producción —de secano y de regadío— son bastante (aunque no totalmente) diferentes. »

RECUADRO 5 EL NEXO ENTRE AGUA, ENERGÍA Y ALIMENTACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE

Una dimensión particular de la competencia por el agua es el nexo entre agua, energía y alimentación. Un ejemplo de dicho nexo son los embalses o presas con funciones de irrigación y energía hidroeléctrica, lo que refleja la interdependencia entre los sectores y la compensación de factores que se produce entre ellos. La liberación de agua para el riego merma el nivel de los embalses y reduce la generación de energía hidroeléctrica, y a su vez la producción de energía hidroeléctrica puede reducir los niveles de agua para la producción de cultivos de riego. El 54% de la capacidad de energía hidroeléctrica mundial (unos 507 000 megavatios [MW]) compite con el abastecimiento para riego, especialmente en los Estados Unidos de América, Europa septentrional, India, Asia central y Oceanía⁶⁵. Esto obedece a múltiples causas, relacionadas en gran medida con la distribución temporal y espacial del agua —incluida la falta de coherencia entre los tiempos de la producción de energía y el abastecimiento para riego, así como al escaso caudal. Los conflictos hídricos entre la parte alta y la parte baja de la cuenca del río Sir Daria en Asia central constituyen un buen ejemplo de cómo las dimensiones temporal y espacial entran en juego en el nexo entre agua, energía y alimentación. El país que se encuentra en la parte alta de la cuenca (Kirguistán) controla la mayoría de los embalses que regulan el caudal del río y almacena agua durante el verano para producir energía hidroeléctrica en invierno, lo cual entra en conflicto con las necesidades de riego de los países situados en la cuenca inferior del río durante los meses de verano⁶⁶. La pesca continental puede verse también comprometida o perdida cuando los caudales se ven afectados por la liberación controlada de agua de las presas⁶⁷⁻⁷⁰.

La energía hidroeléctrica puede servir de complemento al riego cuando los embalses incrementan la disponibilidad para la producción alimentaria^{65,71}. En un estudio reciente sobre la cuenca hidrográfica del Himalaya, se demostró que la energía hidroeléctrica aumentaba la producción de cultivos de regadío y mejoraba el control de los daños causados por las inundaciones⁷². Una evaluación de la compensación de factores entre agua, alimentación y energía de los embalses multifuncionales en un afluente del río Mekong reveló un considerable potencial de riego con una pequeña pérdida de energía hidroeléctrica⁷³. Sin embargo, el estudio no daba cuenta de la disminución de la pesca en el río Sesan, una importante pesquería local y fuente de seguridad alimentaria. Hoy en día se construyen muchos embalses que desempeñan diversas funciones —como la electrificación en África— reconociendo que la interdependencia espacial y sectorial, frente al cambio climático, debe inspirar las políticas destinadas a mejorar la seguridad del agua, la energía y la alimentación^{65,74}.

Otro ejemplo importante del nexo entre agua, energía y alimentación es la relación entre la demanda de biocombustibles y el uso agrícola del agua. Los biocombustibles se han promocionado como una alternativa más limpia a los combustibles fósiles, lo que impulsó un fuerte aumento de su producción a comienzos de la década de 2000. La producción mundial de biocombustibles ha crecido, pero no sin suscitar preocupación por la tierra y el agua empleadas en su producción y las repercusiones en la seguridad alimentaria⁷⁵⁻⁷⁸. En lugares en los que la tierra y el agua son limitados, la producción de cultivos para la obtención de biocombustibles puede reducir la producción alimentaria⁷⁹.

El agua, más que la tierra, puede ser el factor limitador para la producción de biocombustibles⁸⁰. Estos requieren entre 70 y 400 veces más agua que los combustibles fósiles a los que sustituyen⁸¹, aunque la cantidad varía según la materia prima cultivada para su producción y el lugar donde se produce. Xie *et al.* (2017) constataron una amplia variación en las huellas hídricas a lo largo de los ciclos de vida de productos como el etanol de yuca, el etanol de sorgo dulce y el biodiésel obtenido a partir de semillas de *Jatropha curcas*, todos ellos cultivados en diferentes regiones de China; atribuyeron tal variación a las diferentes condiciones climáticas y del suelo⁸².

El agua se consume a lo largo de toda la cadena de producción de los biocombustibles, desde el cultivo de las materias primas hasta las fases de producción industrial. El mayor uso de agua se produce durante el cultivo, y es importante determinar si la materia prima se cultiva mediante un sistema de secano o de regadío⁸³. La producción de biomasa en condiciones de secano no altera sustancialmente el ciclo del agua, pero la biomasa producida en tierras de regadío tiene efectos potencialmente negativos en los recursos de agua subterránea y superficial. En estudios llevados a cabo en los Estados Unidos de América se constató que los biocombustibles obtenidos a partir de materias primas cultivadas en condiciones de regadío son los que más agua consumen, hasta dos órdenes de magnitud más que los que se basan en cultivos de secano⁸⁴. El agua utilizada en el procesamiento industrial de los biocombustibles es una fuerte competidora para el uso local. Una vez utilizada, el agua puede estar disponible para otros usos, pero las aguas reutilizadas a menudo producen efectos negativos debido a la contaminación química y térmica⁸³.

El futuro de los biocombustibles depende de la elección de cultivos que produzcan más energía biocombustible con una utilización menor de tierras agrícolas, fertilizantes y agua.

» La agricultura de secano depende por completo de las precipitaciones. Con el cambio climático y las consiguientes variaciones en las precipitaciones y temperaturas⁸⁵, la agricultura de secano es muy vulnerable a los desafíos de la gestión del agua. Es necesario aprovechar el potencial de los recursos hídricos mediante la captación de aguas, la conservación de la humedad de los suelos y la irrigación suplementaria o riego deficitario, y hacer un mejor uso del agua⁸⁶. Una gestión más adecuada del agua de lluvia y mejores prácticas agrícolas pueden contribuir a la retención hídrica en los suelos. La falta de precipitaciones también afecta a la agricultura de regadío —puesto que el agua de riego procede de la lluvia— pero los agricultores con acceso a riego tienen más influencia sobre los volúmenes y los tiempos y pueden gestionar más eficazmente la humedad del suelo. Una dimensión adicional es la relacionada con las formas de producción de la acuicultura y la ganadería, puesto que la productividad del agua en estos sectores depende de su uso eficiente y sostenible en la producción de cultivos, como se explica en las siguientes secciones.

El agua y la producción ganadera

El uso del agua en el sector ganadero puede dividirse en: uso directo (agua para distintos servicios y agua potable) y uso indirecto (producción de piensos, fertilizantes, plaguicidas y otros insumos)⁸⁷. Los patrones de lluvias son decisivos para la tierra de los prados y pastos permanentes en los que padece el ganado, gran parte de la cual no es convertible a tierra de cultivo por razones climáticas, de inclinación o profundidad del terreno o a causa de otros factores. Según estimaciones de Mottet *et al.* (2017), el ganado pasta en unos 2 000 millones de hectáreas de prados y pastos²⁶. En las tierras áridas, como el Sahel, el ganado puede ser la única opción para convertir una biomasa dispersa y errática en productos comestibles. Los patrones de lluvias también desempeñan un papel importante en el aumento del almacenamiento de carbono en el suelo. El estiércol puede incrementar la eficiencia del uso del agua en las tierras cultivables, mejorando la resiliencia, los rendimientos y el almacenamiento de carbono en el suelo⁸⁸.

Como el sector utiliza una parte importante de las tierras agrícolas, ya sea como pastizales o para la producción de piensos, también consume grandes

cantidades de agua. Un enfoque integrado es esencial para mejorar la productividad del agua y la eficiencia de todos los sectores de producción de alimentos. Disminuir la cantidad de piensos de regadío y el consumo animal de agua son las dos estrategias principales para reducir la incidencia del ganado sobre la escasez de agua⁸⁹. Otros factores que influyen en el consumo de agua son las especies y razas de los animales, así como la producción y el contenido de humedad de los piensos. Un problema importante en las evaluaciones mundiales o regionales sobre el uso del agua por el ganado es la gran diversidad de sistemas de producción⁸⁹. La Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP, por sus siglas en inglés) ha elaborado recientemente directrices de evaluación que tienen en cuenta un amplio abanico de condiciones⁸⁷.

El agua y la pesca continental

El sostenimiento de la pesca continental requiere que se limiten los efectos adversos sobre el agua causados por otros sectores. Ello exige unos caudales ambientales, una calidad del agua y una conservación del hábitat adecuados. Las diferentes necesidades de caudal de las especies icticas darán lugar a cambios en las combinaciones de especies y, por ende, en las capturas pesqueras⁶⁷. La transformación de un río en un embalse podría provocar un cambio total de la fauna acuática y, a menudo, la desaparición de una parte de esta. Para mantener la pesca continental y mitigar la pérdida de especies, puede ser necesario reemplazar las especies perdidas con otras mejor adaptadas a un entorno de agua estancada⁶⁸.

El agua y los bosques

Los desafíos y soluciones relacionados con la gestión del agua en el ámbito de la alimentación van más allá de la agricultura primaria y deben considerarse en el plano más amplio del territorio. Los bosques son una parte integrante del ciclo hídrico y pueden ser decisivos para la sostenibilidad de la gestión del agua y los ecosistemas relacionados con el agua, por ejemplo, en cuanto al regreso de la lluvia a la atmósfera, que contribuye a estabilizar y alargar las temporadas de crecimiento de los cultivos. La retención y liberación de humedad de los bosques, incluso en los períodos secos, es esencial en las zonas afectadas por la escasez de

agua y las sequías. La restauración forestal en las zonas áridas de Burkina Faso, por ejemplo, ha contribuido a restablecer la productividad de las tierras degradadas para la agricultura y ha ofrecido un medio para diversificar las fuentes de alimentos, mejorando así la seguridad alimentaria⁹⁰. Dada la importancia de los bosques para el ciclo hídrico, la mejor forma de obtener beneficios de estos en relación con el agua es aplicar un enfoque holístico, amplio e integral del territorio. La relación entre los bosques y el agua depende de la dimensión espacial. Su extensión y emplazamiento dentro del paisaje pueden producir una serie de beneficios medioambientales relacionados con el agua. Los bosques situados en zonas altas de captación aportan beneficios no solo a escala local, sino también territorial, proporcionando a menudo agua de calidad a las zonas inferiores. En el plano de las cuencas, las importantes zonas boscosas de algunas de las mayores cuencas del mundo, como las del río Amazonas, el río Congo y el río Yangtsé, constituyen importantes fuentes de vapor de agua para las zonas de sotavento y, por consiguiente, son cruciales para la agricultura de secano. El agua que se evapora de la tierra puede llegar a descender hasta 5 000 km en las zonas de sotavento⁹¹.

El uso del agua a lo largo de la cadena de suministro alimentaria: un factor determinante para la inocuidad de los alimentos y la calidad del agua

Existen pocos datos sobre el uso total de agua por la industria de elaboración de alimentos. El sector industrial representa menos del 20% de las extracciones de agua en todo el mundo (Figura 3), pero esta cifra corresponde aproximadamente en un 40% a países de ingresos altos (véase la figura del Recuadro 3). Puesto que la elaboración de alimentos constituye un subsector dentro del sector industrial, sus extracciones de agua son muy inferiores a las de la agricultura. Las investigaciones sobre el uso del agua en la elaboración de alimentos tienden a centrarse en productos específicos, como la salsa de tomate, los zumos o los productos a base de patata^{92, 93}, y a determinar las fases del procesamiento que más agua consumen, en lugar de la cantidad de agua utilizada en los distintos niveles. La industria de

fabricación de alimentos tiene un intenso consumo de agua. Utiliza agua potable y genera una cantidad significativa de agua residual por unidad de producto, más del 70% de la cual se vierte⁹⁴. La cantidad de agua necesaria para la elaboración de un producto alimentario determinado depende de una serie de factores: el origen del producto (animal o vegetal); las condiciones de elaboración (secas o húmedas); el tipo de elaboración (elaboración mínima, cocción completa o desecación); la tecnología; los procedimientos de limpieza y las actividades de reciclado. El volumen y la intensidad de los efluentes también varían considerablemente⁹⁵.

La calidad del agua es fundamental para la producción y transformación de alimentos. Esta puede requerir la utilización de agua para diferentes operaciones, como lavado, evaporación, extracción y filtrado⁹⁶, y muchas —si no la mayoría— de las enfermedades transmitidas por los alimentos pueden tener su origen en la mala calidad del agua empleada en la producción, la elaboración y la preparación de los alimentos³¹. Mientras que para obtener alimentos nutritivos e inocuos es esencial emplear agua de calidad, también es cierto que el sector genera aguas residuales⁹⁶. Una descarga inapropiada de efluentes a los ecosistemas terrestres y acuáticos también daña la calidad del agua⁹⁶⁻⁹⁸. Las aguas residuales llevan contaminantes como nitrógeno, sustancias que reducen el oxígeno y patógenos, que llegan hasta los lagos y ríos⁹⁹. Esto menoscaba la calidad del agua, afectando a la biodiversidad y disminuyendo la producción de pescado y la calidad del mismo¹⁰⁰.

Sin un tratamiento adecuado, la descarga de contaminantes al agua puede exponer a las personas a estas sustancias y limitar el acceso a agua potable salubre, especialmente para la población más vulnerable. Las personas también se ven afectadas por la ingestión de alimentos contaminados, como pescado^{101, 102}. Para abordar la contaminación del agua y proteger los ecosistemas, son necesarias tecnologías de tratamiento de las aguas residuales (como digestores o procesos de lodo activado) que eviten la descarga a los recursos hídricos⁹⁷.

A medida que aumenta la demanda de agua en la industria de fabricación, también cobra

importancia el ahorro de agua en la elaboración de alimentos; esta suele ser el principal factor que impulsa a las empresas alimentarias a apoyar programas de conservación de los recursos hídricos. Los cambios de índole cultural y operacional figuran entre los enfoques preferentes, puesto que requieren poca inversión de capital para obtener reducciones de hasta el 30% en el uso de agua⁶¹. Algunos ejemplos son los programas de concienciación y control y el empleo de grifos que se cierran automáticamente cuando no están siendo utilizados. Otras opciones pueden lograr reducciones mayores de agua, de entre el 50% y 80%, dependiendo de la tecnología^{103, 104}. Sin embargo, suponen una inversión de capital más elevada y hay que tener en cuenta la repercusión de los cambios en la calidad e inocuidad del producto acabado⁶¹. Entre las estrategias internas para incrementar la eficiencia y la productividad del agua se incluyen las siguientes: i) reducción del uso mediante análisis del consumo (mapeo hídrico); ii) mejora de la planificación; iii) reciclado del agua; iv) reutilización del agua después de tratada, y v) diseño del equipamiento y disposición de la planta⁹⁵.

El uso del agua por los consumidores: relación entre el acceso al agua y la seguridad alimentaria y la nutrición

Unas prácticas de saneamiento e higiene salubres y seguras son una necesidad básica para el desarrollo humano y la vida saludable de las personas. La falta de acceso a agua limpia y salubre para fines de saneamiento e higiene es una de las principales causas subyacentes de la malnutrición, en particular en los niños. Las enfermedades diarreicas están directamente relacionadas con un entorno de saneamiento e higiene deficiente, especialmente en los países de ingresos bajos, donde el acceso a agua limpia constituye un problema importante. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la mayoría de los países de ingresos bajos, la diarrea es la tercera causa principal de muerte infantil, después de las infecciones respiratorias agudas y la malaria, y también de las muertes que se producen en todos los grupos de edad¹⁰⁵. En un entorno de saneamiento e higiene deficiente, la comida puede pasar por el cuerpo sin ser

absorbida como consecuencia de la diarrea o de otras enteropatías. Las enfermedades relacionadas con el agua minan la productividad y el crecimiento económico, refuerzan desigualdades profundas y atrapan a los hogares vulnerables en ciclos de pobreza^{106, 107}.

Cuando el acceso a las fuentes de agua para uso doméstico es limitado, el agua de riego cubre a veces las necesidades. Aunque algunos estudios han demostrado que el uso doméstico del agua de riego puede influir positivamente en el saneamiento e higiene y la nutrición, la calidad no siempre es la adecuada para el consumo humano, lo que puede tener efectos adversos sobre la salud¹⁰⁸⁻¹¹⁰. Esto sucede especialmente en los casos en los que el consumo de agua de riego para fines domésticos no está planificado. Puede haber beneficios cuando se incorporan múltiples usos al sistema de riego; por ejemplo, el tiempo total que dedican los miembros del hogar —a menudo las mujeres— a ir a buscar agua disminuye, permitiéndoles dedicarse a otras actividades productivas y cuidados, lo que redundará en mejores resultados en el plano nutricional¹⁰⁸. La importancia del saneamiento y la higiene para salud humana, el bienestar de las personas y la seguridad alimentaria y la nutrición es objeto de un análisis más a fondo en la sección “Cuestiones específicas: Mejora del acceso a agua potable salubre en las zonas rurales”, pág. 23. ■

DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL INFORME

En el presente capítulo se ha resaltado la urgencia de abordar el déficit hídrico y la escasez de agua cada vez mayores, así como la desigualdad de acceso al agua entre las distintas partes interesadas, y se han expuesto los principales retos para garantizar la gestión sostenible e inclusiva del agua. Se ha destacado, asimismo, el papel de la gestión a lo largo de toda la cadena de suministro alimentaria a los efectos de la seguridad alimentaria y la nutrición. Desde esta perspectiva general, es evidente que la agricultura ocupa un papel central y perdurable en la gestión del agua y que el agua sigue constituyendo un acuciante problema para muchos productores en pequeña escala. Por consiguiente, el informe pone el acento principal en la gestión del agua en la agricultura

—la principal usuaria de agua a escala mundial y en la mayoría de los países— considerando, a tal efecto, tanto la producción agrícola de regadío y de secano como los sistemas de producción ganadera, la pesca continental y la acuicultura. Analiza tanto la agricultura de regadío como la de secano, y aborda el equilibrio entre los programas duales de acceso al agua en la producción agrícola y aseguramiento de la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

En el Capítulo 2 se examinan las tendencias y pautas del déficit hídrico y la escasez de agua que afectan, respectivamente, a la agricultura de regadío y la agricultura de secano, y presenta una visión general de sus efectos en los diferentes sistemas de producción. Se utiliza un indicador de estrés hídrico como medida de la escasez de agua dulce que afecta a las tierras agrícolas

de regadío, y un indicador de la frecuencia de sequías severas para medir el déficit hídrico a causa de lluvias insuficientes, que afecta a las tierras agrícolas de regadío y a los pastizales. Se ofrece la primera representación del indicador 6.4.2 de los ODS sobre el estrés hídrico desglosada por zonas, y la vincula a los sistemas de producción de riego. En el Capítulo 3 se examinan las estrategias y tecnologías agrícolas de gestión del agua en la agricultura de regadío y de secano, los sistemas de producción ganadera, la pesca continental y la acuicultura, mientras que el Capítulo 4 se centra en la gobernanza y en las instituciones para mejorar la gestión del agua. En el Capítulo 5 se presenta el marco normativo general para una mejor gobernanza de los recursos hídricos, se extraen conclusiones y se señalan las implicaciones para las políticas. ■

CUESTIONES ESPECÍFICAS

MEJORA DEL ACCESO A AGUA POTABLE SALUBRE EN LAS ZONAS RURALES

PAKISTÁN

Una niña recoge agua potable limpia de un grifo comunitario en un campamento de personas desplazadas internamente por las inundaciones.

©FAO/Truls Brekke

El agua es un elemento clave para la seguridad alimentaria y la nutrición. Disponer de agua en cantidad y de calidad adecuadas es indispensable para la producción agrícola, así como para la preparación y elaboración de los alimentos. Junto con el saneamiento y unas buenas prácticas de higiene, el acceso a agua potable salubre es también fundamental para una buena nutrición. Una mala calidad del agua puede ocasionar una serie de enfermedades, transmitidas mediante la ingestión del agua contaminada, y puede ser causa de malnutrición, de enfermedad y, a veces, de muerte. Algunas de las enfermedades importantes transmitidas por el agua son: enfermedades diarreicas, cólera, Shigella, fiebre tifoidea, hepatitis A y E, y poliomielitis. Según la OMS, las enfermedades diarreicas provocan aproximadamente el 3,6% de la carga mundial de morbilidad y son las responsables de 1,5 millones de muertes al año. Se estima que el 58% de esas muertes (842 000 fallecimientos al año, incluidos 361 000 niños menores de cinco años) son atribuibles a un abastecimiento de agua insalubre, un saneamiento deficiente y falta de higiene, fundamentalmente en los países de ingresos bajos y medios bajos¹¹¹.

La pandemia de la nueva enfermedad por coronavirus (COVID-19) ha puesto, asimismo, de relieve la importancia del agua salubre, al margen



CUESTIONES ESPECÍFICAS

MEJORA DEL ACCESO A AGUA POTABLE SALUBRE EN LAS ZONAS RURALES

de las enfermedades transmitidas por el agua, en relación con una de las medidas de precaución simples (lavado frecuente de manos) que ayudan a prevenir la transmisión, pero es poco probable que esta medida se pueda aplicar o que sea efectiva sin una fuente de agua salubre. Según un informe de 2019 elaborado por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la OMS, en 2017, 1 600 millones de personas disponían de instalaciones para lavarse las manos, pero no tenían agua o jabón en el momento de realizarse el estudio, y 1 400 millones de personas carecían totalmente de instalaciones para lavarse las manos¹¹². En la mayor parte de los países con desglose de datos, el acceso al lavado de manos era más limitado en las zonas rurales que en las urbanas.

La meta 6.1 de los ODS especifica: “De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos”. Según el informe de 2019 del UNICEF y la OMS, una de cada tres personas en el mundo carece de acceso a agua potable, y más de la mitad de la población mundial no dispone de servicios de saneamiento salubres¹¹². El acceso a agua potable puede describirse como la disponibilidad de agua en los edificios o a una distancia que requiera un tiempo acotado de desplazamiento.

En 2017, el 90% de la población mundial tenía acceso al menos a unos servicios básicos de agua potable —por ejemplo, la recolección de agua de una fuente mejorada, si existía, a menos de 30 minutos de distancia entre ida y vuelta— frente al 82% de 2000. La falta de acceso a agua potable puede constituir un problema tanto en las zonas urbanas como rurales, pero casi siempre afecta a una mayor proporción de la población en el medio rural. Ocho de cada diez personas que carecen de los servicios básicos viven en zonas rurales, casi la mitad de ellas en los PMA. En esas zonas, el 19% no tiene acceso a los servicios básicos, frente al 3% de las zonas urbanas. En 17 países (la mayoría de ellos en el África subsahariana), más de la mitad de la población rural carece de acceso a agua potable (véase la [Figura A](#))¹¹². El no tener acceso a agua potable salubre en los hogares implica —especialmente en las zonas rurales— que se emplea una considerable cantidad de tiempo en acceder a ella, y con frecuencia se trata del

tiempo de las mujeres. Según un informe reciente de las Naciones Unidas, esto es así en todas las regiones del mundo de las que se dispone de datos, salvo en Europa oriental y meridional, y América Latina y el Caribe, donde la tarea de ir a buscar agua se distribuye prácticamente por igual entre hombres y mujeres¹¹³.

El objetivo debería ser que todo el mundo tuviera acceso a agua salubre en sus hogares. Una medida más ambiciosa es la gestión segura del agua, lo que significa que las familias rurales tengan acceso a agua en sus casas, disponible cuando la necesiten y libre de contaminación^c. Para que se considere que el agua está gestionada de manera segura, deben cumplirse estos tres criterios. Esta es la medida contemplada en el indicador 6.1.1 de los ODS, que evalúa el porcentaje de población (71%) que utiliza agua potable gestionada de manera segura. En las zonas urbanas, es el 85% de la población mundial el que utiliza agua gestionada de manera segura; en las zonas rurales, la cifra es de solo el 53%, siendo muy inferior en los PMA, los PDL y los PEID (véase la [Figura B](#)).

De entre las regiones, el África subsahariana es la que tiene los niveles más bajos de acceso a agua gestionada de manera segura: solo el 12% de su población rural tiene acceso a agua potable que cumple este requisito. Dado que otro 34% solo tiene un acceso básico (que exige un desplazamiento de ida y vuelta de menos de 30 minutos), para más de la mitad de la población rural de la región las opciones son o bien acarrear agua para el que se necesitan más de 30 minutos, o bien obtener el agua de fuentes no mejoradas o aguas superficiales. El acceso a agua potable salubre constituye un reto para más de 300 millones de personas de las zonas rurales del África subsahariana. Esto tiene repercusiones en términos de riesgos para la salud y del tiempo empleado en ir a buscar agua. En un informe de estudio de caso, se indica que en los hogares del Camerún, el Chad y el Senegal en los que no hay agua potable, los niños tienen una probabilidad bastante mayor de padecer diarrea que los que viven en

c Las fuentes mejoradas de agua, según el informe de 2019 del UNICEF y la OMS, comprenden: agua canalizada, pozos de perforación o entubados, pozos excavados protegidos, manantiales protegidos, agua de lluvia y agua envasada o de reparto¹¹².

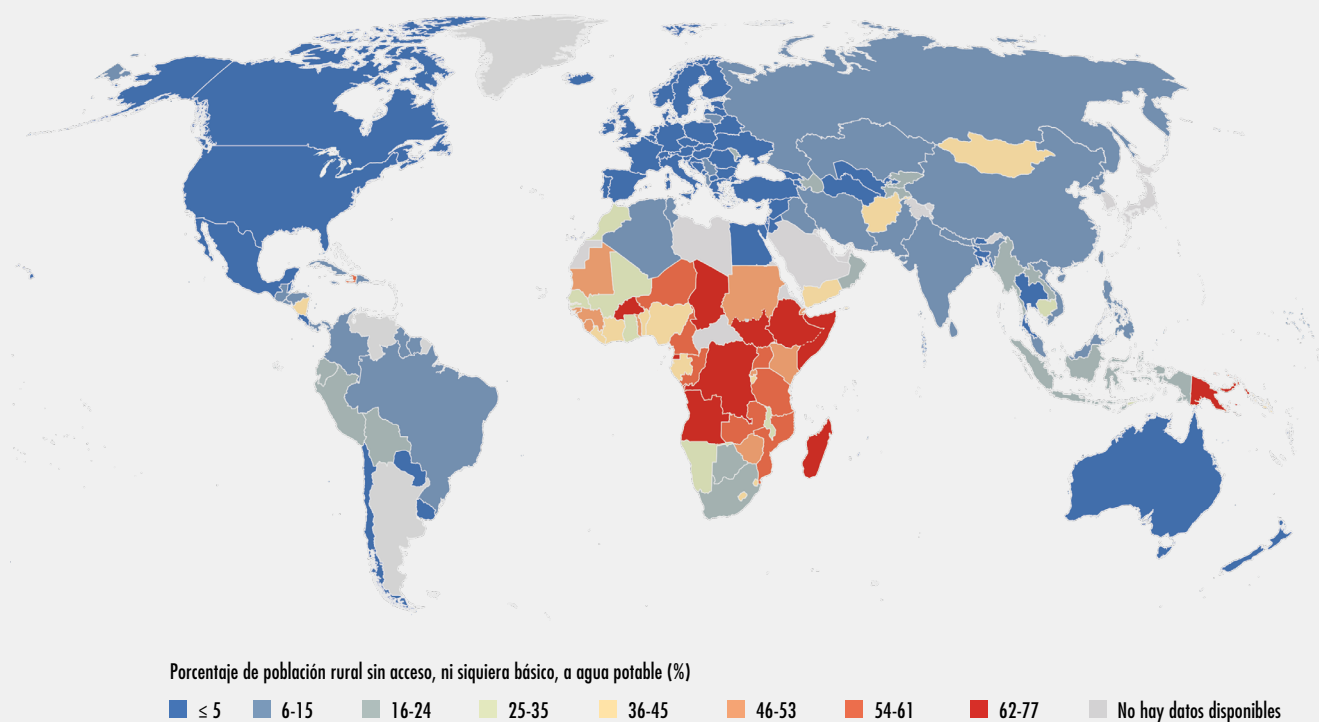
hogares con acceso a agua¹¹⁴. La relación entre la prevalencia de la diarrea entre los niños y la malnutrición está bien establecida, lo que pone de relieve que la calidad del agua es importante para la alimentación y la nutrición, incluso cuando hay alimentos.

Muchos países están avanzando hacia la mejora de la cobertura. En el *Análisis y evaluación mundiales del saneamiento y el agua potable* (GLAAS) de ONU-Agua (2019) se señala que los países están fijando metas para elevar el nivel de los servicios relacionados con la gestión segura del agua potable y el saneamiento¹¹⁵. Aproximadamente la mitad de ellos han establecido metas de cobertura universal para 2030 que superan los servicios básicos de agua potable. La falta de financiación suficiente sigue siendo un serio obstáculo para alcanzar las metas nacionales.

Llevará tiempo garantizar una gestión segura de los servicios de abastecimiento de agua, especialmente en las zonas rurales. Por ello, es necesario encontrar soluciones provisionales para mejorar la calidad del agua, tanto para quienes carecen de los servicios hídricos básicos como para quienes tienen acceso al agua, pero con riesgo elevado de contaminación. El UNICEF y la OMS (2019) calculan que casi la mitad de la población rural mundial carece de acceso a agua potable mejorada, libre de contaminación¹¹². La calidad del agua es un importante reto para garantizar el acceso a un agua gestionada de manera segura en las zonas rurales, de conformidad con la meta 6.1 de los ODS. Es necesario un esfuerzo concertado para abordar la cuestión.

El área del saneamiento y la higiene se incluye en los planes de desarrollo nacionales; en lo que atañe al agua potable, más del 80% de los países informa

FIGURA A
PORCENTAJE DE POBLACIÓN RURAL SIN ACCESO, NI SIQUERA BÁSICO, A AGUA POTABLE, 2017



FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos del UNICEF y la OMS, 2019, Anexo 3.1¹¹².

CUESTIONES ESPECÍFICAS

MEJORA DEL ACCESO A AGUA POTABLE SALUBRE EN LAS ZONAS RURALES

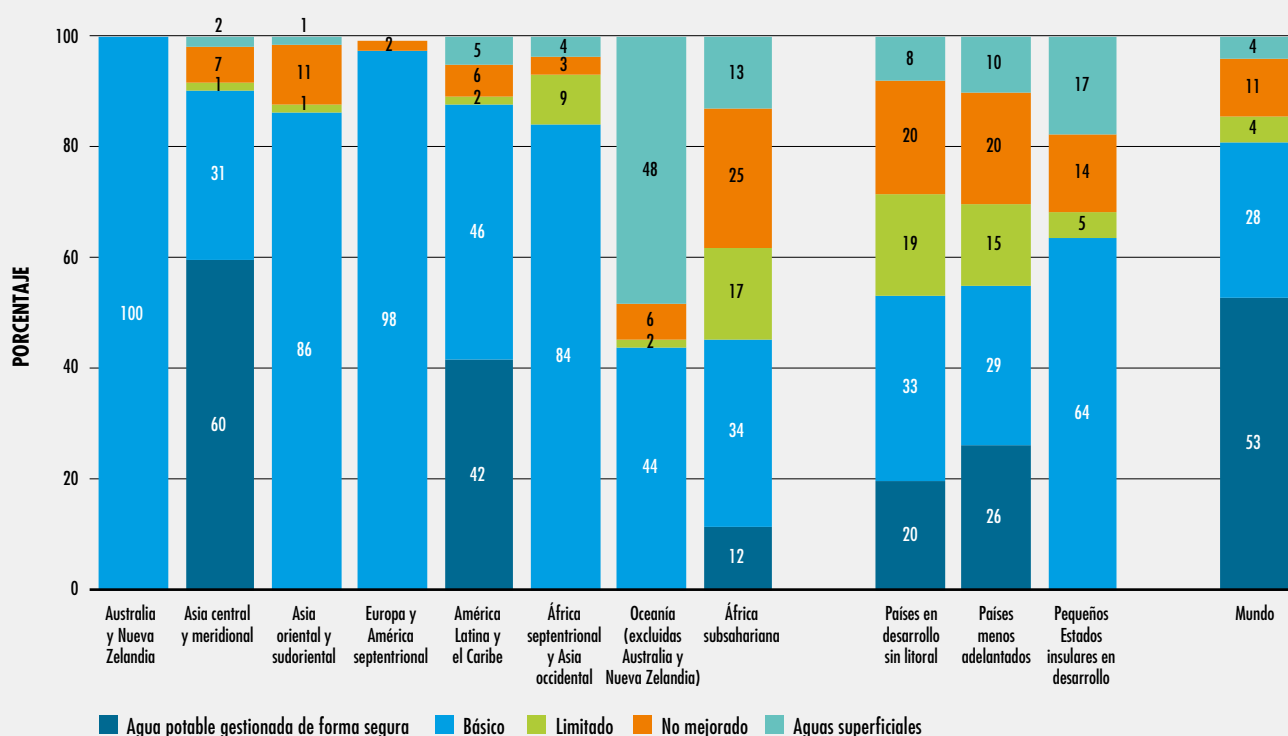
de que sus políticas o planes urbanos y rurales abordan la gestión segura de los servicios de agua. Por lo que respecta al agua potable rural, 91 países cuentan con planes nacionales, y 77 de ellos han estimado el costo de dichos planes. Sin embargo, solo nueve de estos han asignado suficiente financiación para la ejecución del plan, siendo similares los retos para los planes relativos al agua potable urbana. Asimismo, los datos del GLAAS (2019) indican que una gran mayoría de los países carece de los recursos humanos necesarios para ejecutar los planes nacionales de saneamiento e higiene¹¹⁵. Esto dificultará la consecución de las metas fijadas para 2030, aun cuando se produzcan avances antes de esa fecha.

Tal vez los responsables de la formulación de políticas y las comunidades deberían contemplar la mejora de la calidad del agua a través de soluciones intermedias, como las opciones de

tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica. Según datos del período comprendido entre 2005 y 2009, esta práctica está muy extendida en las regiones del Pacífico occidental (66,8%) y Asia sudoriental (45,4%), pero es menos corriente en el Mediterráneo oriental (13,6%) y África (18,2%). En los países subsaharianos, donde muchas personas se ven obligadas a depender de agua insalubre, se recomienda el tratamiento del agua doméstica para reducir la incidencia de la diarrea¹¹⁶.

Algunos ejemplos de tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica señalados como prometedores por la OMS son: el filtrado con filtros cerámicos, la cloración con almacenamiento en un depósito mejorado, la desinfección solar en botellas transparentes, la desinfección térmica (pasteurización) en hornos o reflectores solares, y los sistemas combinados en los que se emplea

FIGURA B
PORCENTAJE DE POBLACIÓN RURAL CON ACCESO A AGUA POTABLE, 2017



FUENTE: UNICEF y OMS, 2019, Figura 50¹¹².

floculación química y cloración¹¹⁷. Para todas estas opciones, las intervenciones en materia de tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica solo serán eficaces si se mantienen en el tiempo. Daniel *et al.* (2018) resaltan que los factores socioambientales que motivan la adopción de tratamientos del agua doméstica en los países en desarrollo son complejos e interactivos¹¹⁸.

Muchos países han trazado un camino hacia una mejor salud y nutrición rurales mediante la mejora del acceso a servicios hídricos gestionados de manera segura. No obstante, será necesario que los responsables de la formulación de políticas dediquen más recursos a la ejecución de los planes nacionales de tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica. El tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica cumplen la función de proporcionar a la

población vulnerable un instrumento para mejorar la salubridad de su propia agua. Para desarrollar este potencial, será necesario encontrar soluciones que sean microbiológicamente eficaces, accesibles para la población destinataria, y se usen de manera constante y sostenible¹¹⁹. Desde la perspectiva de las políticas, se trata de un área que podría beneficiarse de la fijación de metas explícitas y la provisión de recursos. En 2012, la OMS constató que solo el 43% de los países tenían metas específicas relativas al tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica, pero que había un subgrupo que estaba adoptando importantes iniciativas en materia de políticas para aumentar dicho tratamiento y almacenamiento¹²⁰. Asimismo, la OMS resaltó dónde podía haber mayores progresos, con apoyo adicional para reforzar los elementos fundamentales de las políticas.



SENEGAL

Las mujeres de la asociación Japo Ande Liggeye, con el apoyo de la organización no gubernamental local Symbiose, extraen agua de una cisterna para regar su jardín.

©FAO/Benedicte Kurzen/
NOOR



CAPÍTULO 2

SITUACIÓN DEL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA EN LA AGRICULTURA

Mensajes principales

- ➔ Más de 3 000 millones de personas viven en zonas agrícolas con déficit hídrico o escasez de agua de elevados a muy elevados; de ellas, 1 200 millones de personas (aproximadamente un sexto de la población mundial) reside en zonas agrícolas con graves limitaciones de la disponibilidad hídrica.
- ➔ De esos 1 200 millones de personas, casi la mitad viven en Asia meridional y cerca de 460 millones en Asia oriental y sudoriental. Si no se adoptan medidas de manera inmediata, el número de personas afectadas llegará a ser muy superior. Para muchas de ellas, la migración tal vez se vuelva una necesidad.
- ➔ Las limitaciones relacionadas con el agua inciden en los sistemas de producción agrícola de distintos modos. Las sequías recurrentes son un factor limitante en las zonas de secano, al igual que el estrés hídrico en la agricultura de regadío, y afectan de manera desproporcionada a los grupos marginados, como las mujeres y los pastores.
- ➔ Son varios los factores que conforman la capacidad de un país para hacer frente al déficit hídrico y la escasez de agua: el hecho de estar expuesto a limitaciones del abastecimiento hídrico; su nivel de desarrollo; sus estructuras políticas, socioeconómicas y culturales, y su capacidad para invertir en la agricultura.
- ➔ La ubicación y magnitud de los efectos del cambio climático son inciertas, pero es probable que su incidencia sea considerable y que exijan políticas de gestión de los recursos hídricos sólidas y flexibles que sean, además, equitativas e inclusivas.

SITUACIÓN DEL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA EN LA AGRICULTURA

Como se ha explicado en el Capítulo 1, la cantidad y calidad adecuadas del agua son esenciales a fin de lograr la seguridad alimentaria, la nutrición y la salud para todos. El agua es también la linfa vital de los ecosistemas, de los que dependen todos los seres humanos. A medida que el agua se vuelve más escasa, es probable que surjan una mayor competencia y más disputas entre usuarios, dado que existen desigualdades en el acceso a este recurso y la mayoría de ellas afecta a la población rural pobre y otras poblaciones vulnerables. La Agenda 2030 refleja la inquietud cada vez mayor por la escasez y el uso indebido del agua en la meta 6.4 de los ODS, en la que se aboga por un uso más eficiente del recurso y por la sostenibilidad de su extracción. Las sequías graves, exacerbadas por el cambio climático, dan lugar a un déficit hídrico que afecta al rendimiento de los cultivos y la ganadería, en especial a los de la población rural pobre.

Gracias a los esfuerzos de la FAO, ahora es posible realizar el seguimiento de los progresos en el logro de la meta 6.4 de los ODS mediante el indicador 6.4.2 de los ODS sobre el nivel de estrés hídrico. En este capítulo se presentan nuevas estimaciones espaciales sobre las zonas de regadío. Dado que el déficit hídrico constituye la principal limitación para la producción y productividad agrícola en las zonas de secano, en este capítulo se evalúa el impacto de las sequías recurrentes en las tierras de cultivo y pastoreo de secano. El mayor uso del agua a escala mundial se produce en la agricultura y la mayoría de las personas pobres depende de ella para sus medios de vida, seguridad alimentaria y nutrición. Quienes trabajan en sistemas de producción agrícola diferentes se encuentran con desafíos y oportunidades también distintos en relación con el agua. En este capítulo se arroja nueva luz acerca de la distribución mundial

de los principales sistemas agrícolas —de regadío, de secano (con insumos bajos y altos) y tierras de pastoreo— y se trata brevemente su vulnerabilidad y exposición a riesgos hídricos. Se analiza luego la forma en que el cambio climático exacerba el déficit hídrico y la escasez de agua. También se presentan los marcos de gobernanza e institucionales y se describe el entorno normativo de las respuestas al déficit hídrico y la escasez de agua. El capítulo finaliza con un examen de los problemas de calidad del agua que se derivan de la agricultura y con la presentación de posibles respuestas en materia de políticas y estrategias de gestión. ■

EL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA CONSTITUYEN UNA PREOCUPACIÓN MUNDIAL

Las situaciones de déficit hídrico se deben principalmente a factores biofísicos (por ejemplo, las precipitaciones) y refleja una falta de agua de calidad aceptable, en tanto que la escasez se debe al déficit hídrico y a la multiplicidad de factores que impulsan la demanda hídrica (por ejemplo, el aumento demográfico), que se describen mediante diferentes indicadores. Este informe se basa en dos indicadores, a saber, la frecuencia histórica de las sequías calculada por la FAO y el indicador 6.4.2 de los ODS sobre el nivel de estrés hídrico, para medir el déficit hídrico y la escasez de agua en zonas de secano y regadío, respectivamente.

La FAO elaboró el indicador 6.4.2 de los ODS sobre estrés hídrico con objeto de cuantificar

la presión de las actividades humanas en los recursos naturales de agua dulce, sobre la base de las extracciones totales de agua dulce por parte de todos los sectores y considerando los requisitos de caudal ambiental. Dado que los índices de estrés hídrico solo se refieren a las extracciones de agua superficial y subterránea, el indicador 6.4.2 de los ODS en el ámbito de una cuenca es representativo de la escasez de agua en zonas de regadío. A fin de cuantificar la gravedad de las condiciones de déficit hídrico en zonas con tierras de cultivo de secano y pastoreo de secano^d, este informe se basa en la frecuencia histórica de las sequías registrada por la FAO, que estima la probabilidad de que una sequía grave afecte a más del 30% de las tierras de cultivo o los pastizales^e sobre la base de la serie 1984-2018. Un 25% de probabilidad en las tierras agrícolas de secano significa que la sequía grave causa malas cosechas en más del 30% de las tierras de cultivo en uno de cada cuatro años.

En las figuras 5, 6 y 7 se reúnen ambas dimensiones —la frecuencia histórica de las sequías y el indicador 6.4.2 de los ODS sobre estrés hídrico— y los sistemas de producción afectados. (Véase la descripción general de la metodología en las notas del Anexo técnico, pág. 147). La Figura 8 complementa la Figura 7 sobre estrés hídrico en superficies regadas, con lo que se ilustra la contribución de la agricultura al estrés hídrico considerando el uso consuntivo de agua (véase el

Glosario) como una parte de los recursos de agua dulce renovables, después de haber considerado los requisitos de caudal ambiental. En la Figura 8, estrés hídrico bajo no significa necesariamente que el sector agrícola no esté sometido a estrés, puesto que no se tiene en cuenta la competencia de otros sectores por el agua^f.

Considerando a la vez los datos demográficos espaciales —sobre la base de las figuras 5 a 7— en el informe se infiere que unos 1 200 millones de personas viven en zonas donde el déficit hídrico y la escasez de agua graves plantean un reto a la agricultura, debido a una frecuencia de sequías muy elevada en las zonas de tierras de cultivo y pastoreo de secano o a un estrés hídrico muy alto en las zonas de regadío. De estos 1 200 millones de personas, algo más de la mitad, unos 660 millones de personas, viven en pequeños centros urbanos rodeados de zonas agrícolas, en tanto que los 520 millones restantes viven en zonas rurales^g. Esto significa que casi una de cada seis personas del planeta sufre déficit o escasez graves de agua para la agricultura y que aproximadamente el 15% de la población rural se encuentra en una situación de riesgo^h.

De estos 1 200 millones de personas, alrededor de 520 millones viven en Asia meridional, donde, en países como el Pakistán y Sri Lanka, aproximadamente el 80% de la población reside en zonas agrícolas afectadas^h.

^d Para los fines de este informe, la tierra de pastoreo se define como zonas de pastizales y tierras arboladas, de acuerdo con la FAO y el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) (2020)¹; estas, a su vez, comprenden pastizales, zonas con cubierta arbustiva y estrato herbáceo.

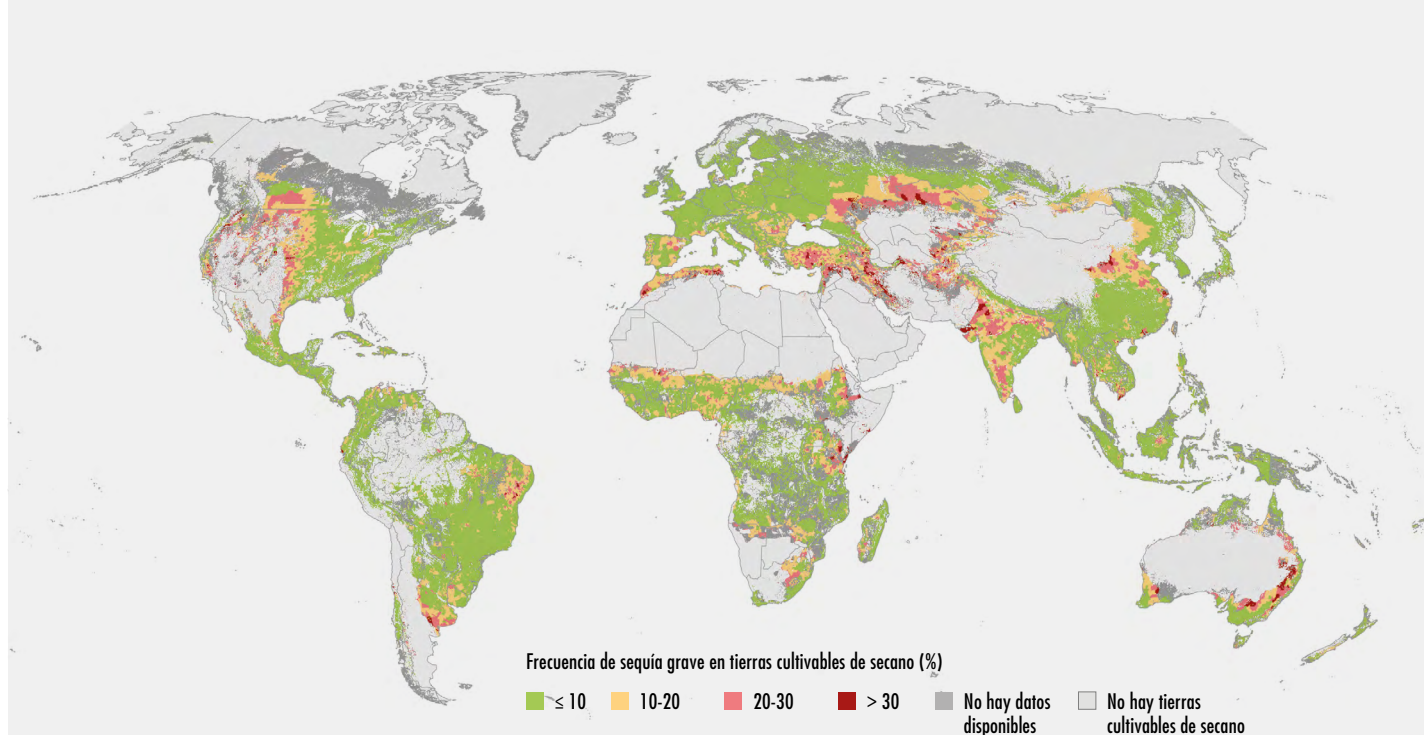
^e Según esta definición, se produce sequía agrícola grave cuando el indicador de la salud vegetal cae por debajo del 35%, o sea que la gravedad se pondera sobre la base de la salud vegetal y el efecto de la temperatura en las condiciones de las plantas. Para más información sobre la construcción y la metodología del indicador de la salud vegetal, véase FAO, 2018².

^f En las figuras A3 y A4 del Anexo estadístico se recoge información sobre el indicador 6.4.2 de los ODS a escala de países y de cuencas.

^g El número total se obtiene calculando la población en todos los píxeles correspondientes a 10 km x 10 km donde se indica producción en tierras de cultivo o de pastoreo. Dado el tamaño del píxel, se incluyen los pequeños centros urbanos y las zonas periurbanas en las que se practica la agricultura. Por consiguiente, la población incluida no es estrictamente rural.

^h Para un desglose por país del número de personas que vive en zonas agrícolas y sufre limitaciones graves en relación con el agua, véase el Cuadro A1 del Anexo estadístico.

FIGURA 5
FRECUENCIA HISTÓRICA DE LAS SEQUÍAS EN TIERRAS CULTIVABLES DE SECANO, 1984-2018



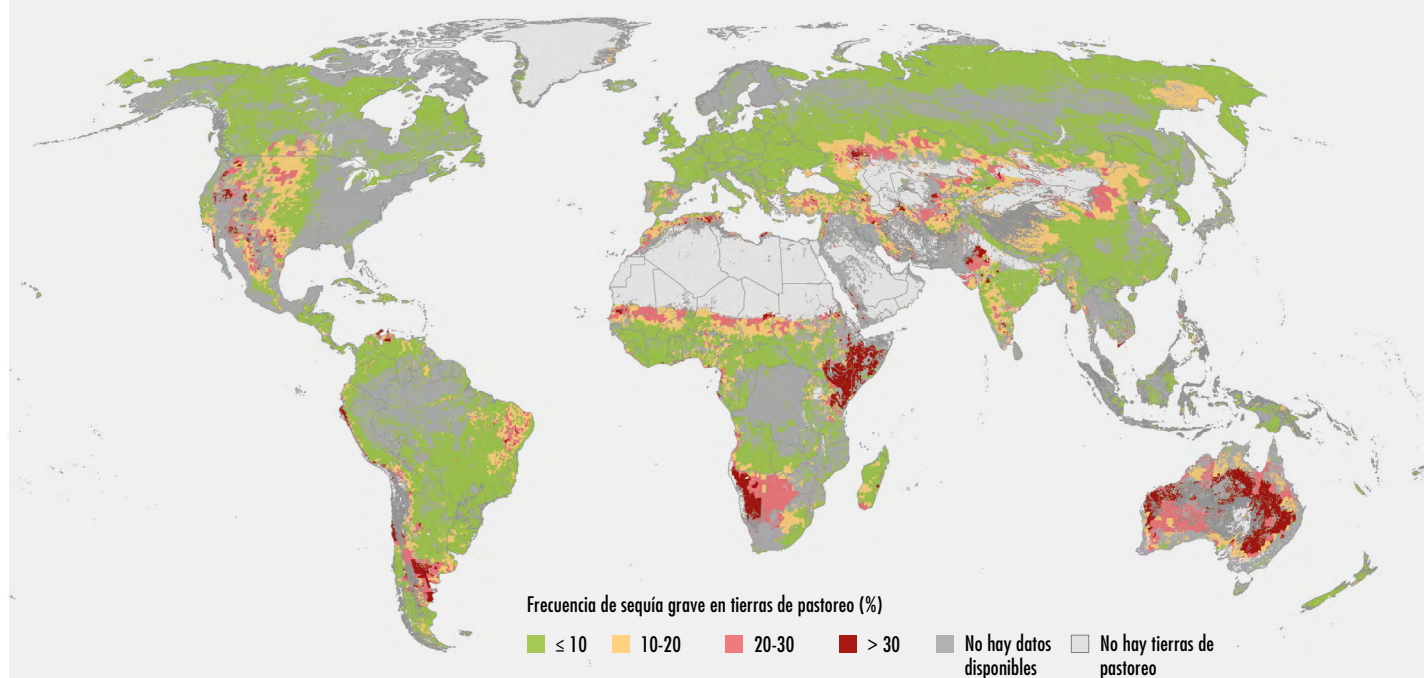
NOTAS: El mapa muestra la frecuencia con la que más del 30% de la tierra de cultivo (en la que las zonas cultivadas ocupan al menos el 5% de la superficie de pixel) se ha visto afectado por sequías graves, a saber: baja, cuando la probabilidad de que una sequía grave afecte la tierra de cultivo es menor o igual al 10%; media, cuando se halla entre el 10% y el 20%; alta, si se sitúa entre el 20% y el 30%; y muy alta, si es superior al 30%. El indicador comprende dos temporadas de crecimiento, que se combinan seleccionando el valor más elevado de sequía de ambas. Cuando se trata de una sola temporada, se usa, en cambio, el valor único. La indicación "no hay datos disponibles", significa que hay píxeles para los cuales no se cuenta con datos sobre los niveles de sequía, pero en los que hay tierras de pastoreo según FAO e IIASA, 2020¹. La frecuencia histórica de las sequías graves se basa en la serie temporal completa (1984-2018).

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2019⁷; y FAO e IIASA, 2020¹.

Aproximadamente 460 millones de personas viven en zonas agrícolas afectadas en Asia oriental y sudoriental, 200 millones de ellas en zonas rurales. En África septentrional, Asia central y Asia occidental, alrededor de un quinto de la población vive en zonas agrícolas con déficit hídrico o escasez de agua elevados. En Europa, América Latina y el Caribe, América septentrional y Oceanía, solo entre el 1% y el 4% vive en zonas con limitaciones extremas de la disponibilidad de agua. En el África subsahariana, solo un 5% de la población vive en zonas afectadas. Allí, la mayoría de la superficie es de secano, lo que indicaría que

las limitaciones relacionadas con el agua son consecuencia de sequía grave o falta de riego. Si bien se puede considerar que un 5% es un porcentaje insignificante, este implica que unos 50 millones de personas viven en zonas en las que las sequías graves ocasionaron efectos catastróficos en las tierras de cultivo y de pastoreo en uno de cada tres años. La zona de pastoreo se ve especialmente afectada, dado que más de la mitad de la población rural es pobre; las principales causas de esto son, aparentemente, la variabilidad del clima y la gran vulnerabilidad frente a la sequía⁴.

FIGURA 6
FRECUENCIA HISTÓRICA DE LAS SEQUÍAS EN TIERRAS DE PASTOREO DE SECANO, 1984-2018



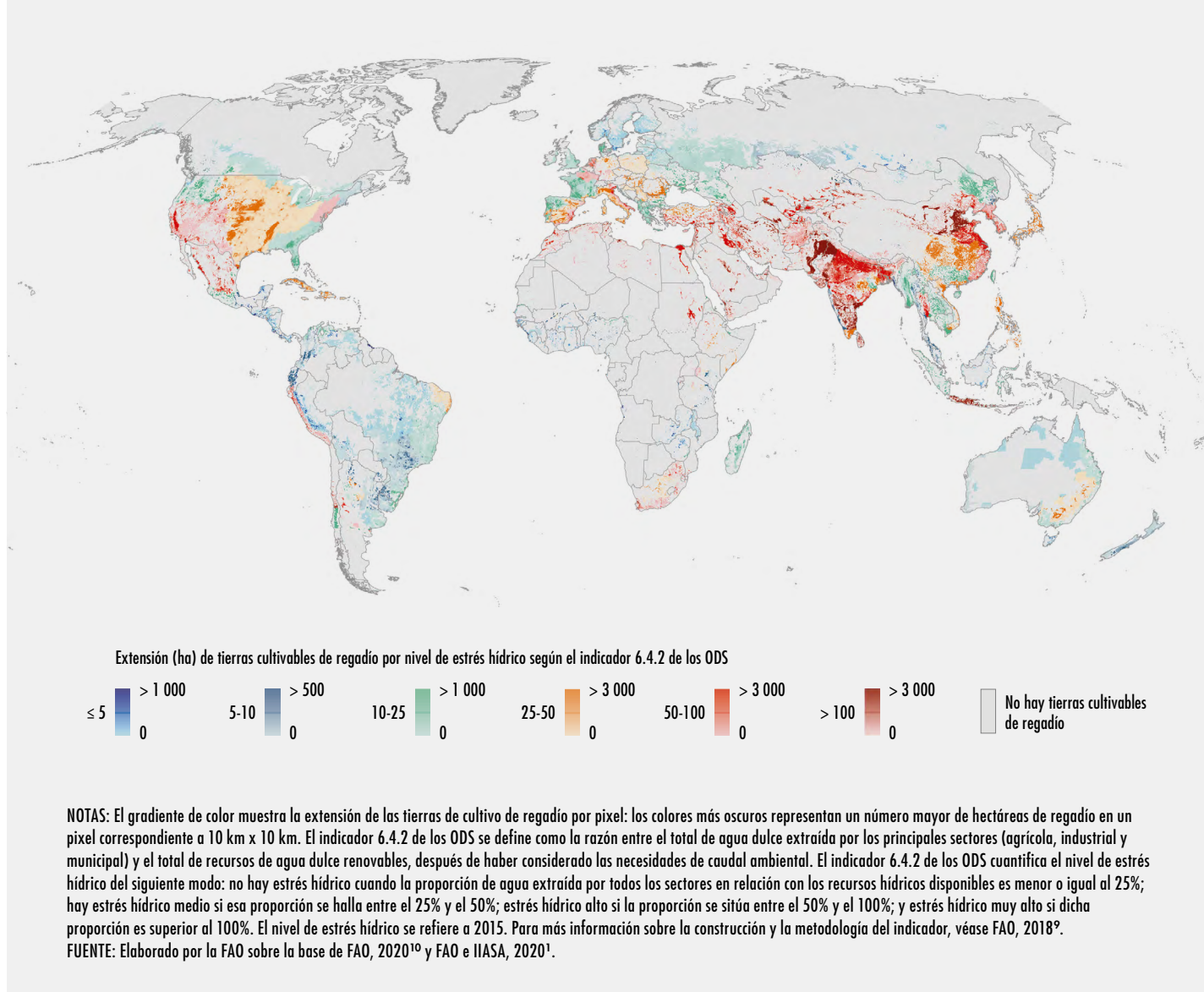
NOTAS: Las tierras de pastoreo comprenden las zonas clasificadas como pastizales y tierras arboladas (según FAO e IIASA, 2020¹) que, a su vez, comprenden pastizales, zonas con cubierta arbustiva y con cobertura herbácea (según Latham *et al.*, 2014⁸). La suma de la superficie de tierras de pastoreo reflejada en un pixel puede ser más pequeña que el tamaño del pixel. El mapa muestra la frecuencia con la que más del 30% de la tierra de cultivo se ha visto afectada por sequías graves, a saber: baja, cuando la probabilidad de que una sequía grave afecte la tierra de cultivo es menor o igual al 10%; media, cuando se halla entre el 10% y el 20%; alta, si se sitúa entre el 20% y el 30%; y muy alta, si es superior al 30%. El indicador comprende dos temporadas de crecimiento, que se combinan seleccionando el valor más elevado de sequía de ambas. Cuando se trata de una sola temporada, se usa, en cambio, el valor único. La indicación “no hay datos disponibles”, significa que hay pixeles para los cuales no se cuenta con datos sobre los niveles de sequía, pero en los que hay tierras de pastoreo. La frecuencia histórica de las sequías graves se basa en la serie temporal completa (1984-2018).

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2019⁷ y FAO e IIASA, 2020¹.

Si también se consideran las zonas con frecuencia elevada (además de muy elevada) de sequías graves o estrés hídrico, el número de personas afectadas aumenta a 3 200 millones, de las cuales más del 40% (1 400 millones) vive en zonas rurales. Esta estimación puede constituir una evaluación general de las posibles repercusiones futuras del cambio climático en las limitaciones de la disponibilidad de agua. Es probable que en estas zonas el agua constituya un problema para los medios de vida agrícolas y para la mayoría de los hogares y que, salvo que cambien la demanda y las prácticas de los usuarios o se encuentren recursos hídricos alternativos, las personas

se vean impulsadas a emigrar. En revisiones georreferenciadas de estudios se concluyó que la sequía, los períodos secos, la variabilidad de las precipitaciones y las condiciones climáticas extremas influyen en la migración, sobre todo a causa de sus repercusiones en la productividad agrícola⁵. Una migración ordenada y regular puede contribuir al desarrollo económico y a mejorar los medios de vida. No obstante, puede resultar perturbadora durante una crisis. La emigración de los hombres puede incrementar el peso de las tareas domésticas de las mujeres al modificar la asignación de responsabilidades dentro del hogar de manera que las mujeres

FIGURA 7
INDICADOR 6.4.2 DE LOS ODS. NIVEL DE ESTRÉS HÍDRICO EN ZONAS DE REGADÍO, 2015

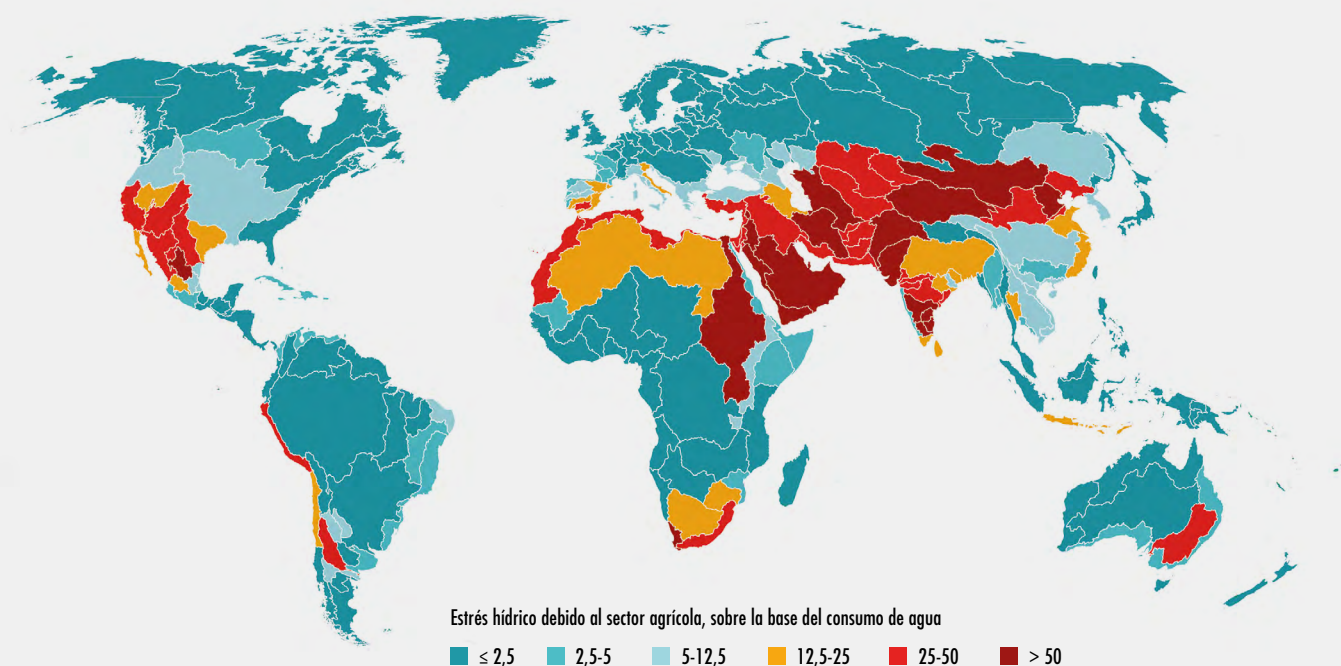


deban hacerse cargo de tareas adicionales, como el cuidado del ganado⁶.

Considerando las hectáreas afectadas, las sequías frecuentes afectan a 128 millones de hectáreas de tierras de cultivo de secano y 656 millones de hectáreas de tierras de pastoreo, en tanto que 171 millones de hectáreas de tierras de cultivo de regadío experimentan estrés hídrico alto o muy alto. Esto significa que aproximadamente

el 11% de la tierra de cultivo de secano y el 14% de la tierra de pastoreo sufren sequías graves y recurrentes, en tanto que más del 60% de la tierra de cultivo de regadío se encuentra en una situación de alto estrés hídrico. Más de 62 millones de hectáreas de tierras de cultivo y de pastoreo sufren estrés hídrico alto y muy alto *y además* sequías frecuentes, lo que afecta a unos 300 millones de personas.

FIGURA 8
CONTRIBUCIÓN DE LA AGRICULTURA AL NIVEL DE ESTRÉS HÍDRICO, POR CUENCA, 2015



NOTAS: La contribución de la agricultura al estrés hídrico se define como la razón entre el agua dulce consumida por la agricultura y el total de recursos de agua dulce renovables, después de haber considerado las necesidades de caudal ambiental. El indicador cuantifica la contribución de la agricultura al estrés hídrico del siguiente modo: no hay estrés hídrico cuando la proporción de agua extraída por el sector agrícola es menor o igual al 12,5%; hay estrés hídrico medio si esa proporción se halla entre el 12,5% y el 25%; estrés hídrico alto si la proporción se sitúa entre el 25% y el 50%; y estrés hídrico muy alto si dicha proporción es superior al 50%. El nivel de estrés hídrico se refiere a 2015.

FUENTE: FAO, 2020¹¹.

Heterogeneidad intrarregional e interregional de las limitaciones de la disponibilidad de agua

La amplia variedad de colores que puede observarse en las **figuras 5 a 7** presentadas anteriormente dentro de cada país y entre los distintos países pone de relieve la necesidad de utilizar conjuntos de datos espaciales para cuantificar las limitaciones de la disponibilidad de agua. Estos pueden mostrar diferencias a escala subnacional, información que quizás no aparezca en las evaluaciones a escala nacional, pero que es fundamental para determinar los puntos críticos y las intervenciones más adecuadas. Algunos países andinos (la

Argentina, Bolivia [Estado Plurinacional de], Chile y el Perú), así como el corredor seco de América Central (El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua), constituyen un buen ejemplo de ello. En el Perú, si bien el nivel de estrés hídrico nacional es muy bajo (alrededor del 1%)⁹, en la **Figura 7** se observa que, en la región de la costa del Pacífico, con una escorrentía muy baja, el estrés hídrico es extremo. Es también la región donde vive la mayoría de la población y donde se desarrolla la actividad económica (incluidos el riego y la explotación minera)⁹, por lo que la estimación media de estrés hídrico resulta poco pertinente como información de base para la formulación de políticas. Los datos a escala nacional sobre superficies sujetas a



» sequía o estrés hídrico bajo diferentes sistemas productivos pueden consultarse en los cuadros A1 y A2 del Anexo estadístico.

La misma superficie puede tener distintos niveles de estrés hídrico y frecuencia de sequías –esta última depende de la capa de mapa empleada (tierras de cultivo o tierras de pastoreo)– lo que destaca la necesidad de contar con indicadores múltiples y distinguir entre sistemas productivos. La mayoría de los países de la región del Sahel comunican que no tienen estrés hídrico, pero en las figuras 5 y 6 se señala una probabilidad de media a alta de sequía grave. Las comunidades más vulnerables viven en zonas propensas a la sequía y son sumamente dependientes de la agricultura para sus medios de vida y su seguridad alimentaria y nutrición. Las que dependen de la ganadería son especialmente vulnerables, dado que se necesita mucho tiempo para reconstruir los hatos diezmados por la sequía¹². Esta ocasiona casi el 90% del conjunto de daños y pérdidas en la ganadería¹³.

Asimismo, la probabilidad de una sequía grave posiblemente tendrá repercusión en zonas de regadío, debido a la disminución del abastecimiento de agua y a una menor calidad de la misma. En Tayikistán, la sequía de 2011 afectó gravemente la agricultura de regadío, dado el drástico descenso de los niveles de agua en el embalse de Nurek. Como resultado de las escasas precipitaciones, la producción de trigo, cebada y arroz en zonas de regadío cayó al menos un 75% en comparación con los años anteriores¹⁴. Los sistemas de riego que dependen de recursos hídricos abiertos (ríos, lagos y embalses) también son más vulnerables a la sequía, que reduce la cantidad de aguas superficiales que estos aportan. En África, donde casi el 80% de los sistemas de regadío depende de aguas superficiales¹⁵, los acuíferos deben funcionar como amortiguadores principales frente a la sequía. A efectos de obtener una imagen más exhaustiva de los desafíos hídricos a los que se enfrentan estos países, el estrés hídrico y la frecuencia histórica de las sequías se comprenden mejor cuando se analizan en conjunto. ■

DÉFICIT HÍDRICO Y ESCASEZ DE AGUA EN CONTEXTOS CAMBIANTES

Cómo hacer frente a los múltiples desafíos relacionados con el agua: definir los perfiles de los países

En la Figura 9 se presentan conjuntamente las características de un sector agrícola de un país y los desafíos relacionados con el agua conexos, mostrando los perfiles de los países para dar un marco a las limitaciones de abastecimiento hídrico de cada uno de ellos y determinar las soluciones apropiadas. En la figura se presenta la proporción de tierras de cultivo de secano y de regadío que sufren una frecuencia alta o muy alta de sequías o estrés hídrico, respectivamente, para los países seleccionados. Se indica el punto límite del 33% para ambos indicadores, con objeto de dar una idea de la gravedad del desafío en las dos dimensiones. No obstante, lo que más importa es dónde aparecen los países a lo largo del continuo.

Los países que se encuentran en el primer cuadrante (derecha, arriba) de la Figura 9 enfrentan el desafío doble de una incidencia elevada de frecuencia de sequías graves y estrés hídrico. De los países seleccionados, 11 se encuentran en esta situación, todos ellos en África septentrional y Asia. En nueve de ellos, el 100% de las tierras de regadío sufre estrés hídrico alto o muy alto. En estos países serán necesarios una contabilidad del agua (véase el Glosario) fiable y una clara asignación de los recursos hídricos, la adopción de tecnologías modernas y una transición a cultivos con una demanda de agua menor, que requieran menos riego, junto con inversiones en destinadas a incrementar el suministro hídrico, por ejemplo, mediante la desalinización.

En otros países que no enfrenten el desafío doble de la sequía y el estrés hídrico, pueden existir más opciones. Muchos países registran una incidencia relativamente baja de sequías graves, pero un nivel alto de estrés hídrico (cuadrante superior izquierdo). Los encargados de la formulación de políticas pueden elegir centrarse en reorientar la producción de regadío

FIGURA 9
POSICIONAMIENTO DE PAÍSES SELECCIONADOS SOBRE LA BASE DE LA PROPORCIÓN DE TIERRAS CULTIVABLES DE SECANO Y DE REGADÍO CON FRECUENCIA DE SEQUÍA DE ELEVADA A MUY ELEVADA O ESTRÉS HÍDRICO DE ALTO A MUY ALTO, RESPECTIVAMENTE



NOTAS: Los países se seleccionaron según su población (más de 12 millones de habitantes). Quedaron excluidos aquellos países que poseen entre el 0% y el 1% de tierras de cultivo con fuertes o muy fuertes limitaciones del abastecimiento hídrico (es decir, Angola, el Camerún, Colombia, Filipinas, Guatemala, Guinea, Malasia, Malawi, el Niger, Polonia, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, la República Democrática del Congo, Ucrania, Venezuela [República Bolivariana de] y Zambia). En la figura solo se consideran las hectáreas para las que se dispone de datos sobre la frecuencia histórica de las sequías o los niveles de estrés hídrico. El eje horizontal representa la proporción de tierras de cultivo de secano de un país en las que la probabilidad de sequías graves es alta o muy alta (es decir, superior al 20%). El eje vertical representa la proporción de tierras de cultivo de regadío de un país con un nivel de estrés hídrico alto o muy alto (es decir, donde las extracciones totales de agua representan más del 50% del agua dulce renovable). Se toma como umbral el nivel de 0,33 (o 33%) para separar países con más de un tercio de tierras de cultivo con una probabilidad alta o muy alta de sequías graves o estrés hídrico. El nivel de estrés hídrico corresponde a 2015¹⁰, y la frecuencia histórica de las sequías se basa en la serie temporal completa (1984-2018)⁷. El desglose mundial de las estadísticas del sistema de producción agrícola se basa en la versión de 2010 del conjunto de datos del Modelo de Asignación Espacial de la Producción (SPAM, por sus siglas en inglés), creado por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI)¹⁷.

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2020¹⁰; FAO, 2019⁷; FAO e IIASA, 2020¹; e IFPRI, 2019¹⁷.

hacia la conservación del agua –que comprende la adopción de métodos de cultivo que ahorran agua y modificaciones de los calendarios de plantación y los cultivos– o invertir en fuentes no convencionales, como agua desalinizada. Para ello es necesario eliminar obstáculos y crear un entorno propicio mediante legislación y reglamentos que faciliten financiación para potenciar la aplicación (este tema se tratará en los capítulos 4 y 5).

En los países donde pocas tierras de cultivo experimentan sequías graves y estrés hídrico (cuadrante inferior izquierdo), los desafíos relacionados con el agua pueden constituir de todas formas una preocupación, pero probablemente a escala subnacional. Los países con escaso acceso al regadío y una proporción pequeña de tierras de cultivo bajo riego pueden indicar que no tienen estrés hídrico, pero eso no significa que no haya escasez de agua. Tienen la posibilidad de ampliar el riego ya sea utilizando infraestructura para extraer más agua superficial y subterránea o valiéndose de las precipitaciones (por ejemplo, mediante sistemas de captación, pequeñas represas, embalses, etc.). En comparación con otras regiones, el agua para uso agrícola de África sigue en una situación de subdesarrollo, a pesar de que existe un potencial viable de ampliar las superficies de regadío. Al menos 1,4 millones de hectáreas podrían desarrollarse usando las represas existentes o planificadas para energía hidroeléctrica, y al menos en 5,4 millones de hectáreas sería viable el riego en pequeña escala¹⁶. Esto depende de la financiación, las fuentes de energía y los precios, así como de la disponibilidad de mano de obra (véase el Capítulo 3).

Una observación general que se deriva de la **Figura 9** es que, en lo que respecta a la proporción de hectáreas afectadas, el nivel alto de estrés hídrico constituye un problema en más países que la incidencia elevada de sequías graves. Sin embargo, en muchos países la superficie de tierras de cultivo de secano es mucho mayor que la superficie regada. Por consiguiente, incluso una proporción pequeña de superficie de secano en riesgo de sequía puede traducirse en millones de hectáreas. En la **Figura 10** se compara la proporción de tierras de cultivo de secano y de regadío con limitaciones de abastecimiento

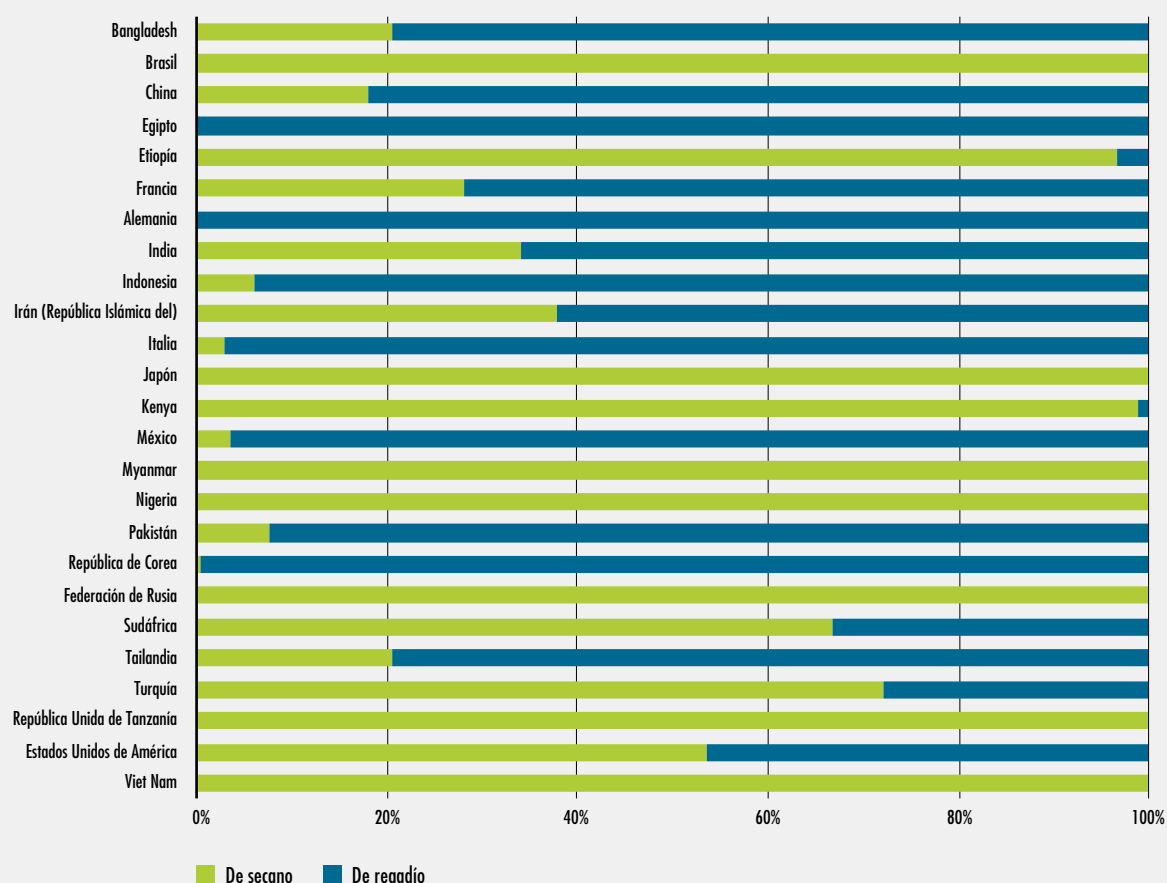
hídrico altas o muy altas. En Sudáfrica, a pesar de que las superficies regadas están sometidas, en proporción, a mayor estrés (**Figura 9**), considerada en hectáreas la superficie de secano en riesgo de sequía duplica la de la superficie regada con estrés hídrico. Por consiguiente, la **Figura 9** debe interpretarse únicamente en relación con el sistema de producción al que se aplica —de regadío o de secano—, grande o pequeño, según sea el caso.

La **Figura 10** indica además que las limitaciones de abastecimiento hídrico por sí solas no impulsan prioridades de políticas de los países. En Viet Nam, todas las tierras de cultivo afectadas son de secano, aunque más de un tercio de las tierras cultivadas totales son de regadío. La agricultura de regadío desempeña un papel muy importante en el desarrollo socioeconómico del país con miras a la reducción de la pobreza y a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición, la igualdad de género en las zonas rurales y la mejora de los modelos de cultivo y el medio ambiente. Por estas razones, en los últimos decenios Viet Nam ha invertido fuertemente en nueva infraestructura y en la rehabilitación de la infraestructura de regadío existente¹⁸.

Existe una considerable variación entre los sistemas de producción agrícola

En la **Figura 9** se muestran los desafíos hídricos a los que se enfrentan los países en las tierras de cultivo de regadío y de secano. Es razonable considerar las diferencias inherentes entre producción de regadío y de secano, puesto que determinarán las actividades agrícolas y las decisiones en materia de inversiones de los agricultores. Los agricultores de las zonas de secano dependen por completo de la cantidad y la distribución temporal de las precipitaciones y deben adoptar decisiones en relación con la producción al inicio de cada temporada, basándose en previsiones. En cambio, los agricultores que tienen acceso al riego tienen más control sobre los volúmenes de agua y el momento de recibirla. En los entornos de regadío, la falta de acceso al riego, las variaciones en los derechos de agua, el caudal anual de los cursos de agua, la productividad de los acuíferos y la competencia en la demanda de recursos hídricos constituyen determinantes importantes del

FIGURA 10
PROPORCIÓN DE TIERRAS CULTIVABLES CON LIMITACIONES DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO,
POR SISTEMA DE PRODUCCIÓN, EN PAÍSES SELECCIONADOS



NOTAS: Los países se seleccionaron según su población (más de 50 millones de habitantes). Se consideraron solo hectáreas con frecuencia de sequías alta o muy alta (para las tierras cultivadas de secano) y estrés hídrico alto o muy alto (para las tierras cultivadas de regadío).

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2020¹⁰; FAO, 2019⁷; FAO e IIASA, 2020¹; e IFPRI, 2019¹⁷.

éxito de los cultivos^{19, 20}. En comparación con las zonas de secano, las de regadío suelen estar asociadas (aunque no siempre) con una mayor productividad (véase el **Recuadro 6**)²¹⁻²³. Por esta razón, cuando se evalúan sistemas hídricos en riesgo, los entornos de regadío y de secano suelen analizarse por separado¹.

ⁱ Véase, por ejemplo, FAO y Earthscan, 2011²⁴.

Incluso dentro de las situaciones de regadío o de secano existen sistemas de producción diferentes y una gama de tecnologías que van del riego total a la producción de secano integral²⁵. Algunos agricultores recurren a la gestión del agua pluvial —mediante su desvío, captación, almacenamiento o reutilización— para mejorar la producción en lugar de limitarse a dejar que fluya sin intervenir, pero otros tal vez no lo hagan. No todos los agricultores que riegan sus »

RECUADRO 6 PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA EN LA AGRICULTURA DE REGADÍO Y DE SECANO EN EL ÁFRICA SUBSAHARIANA

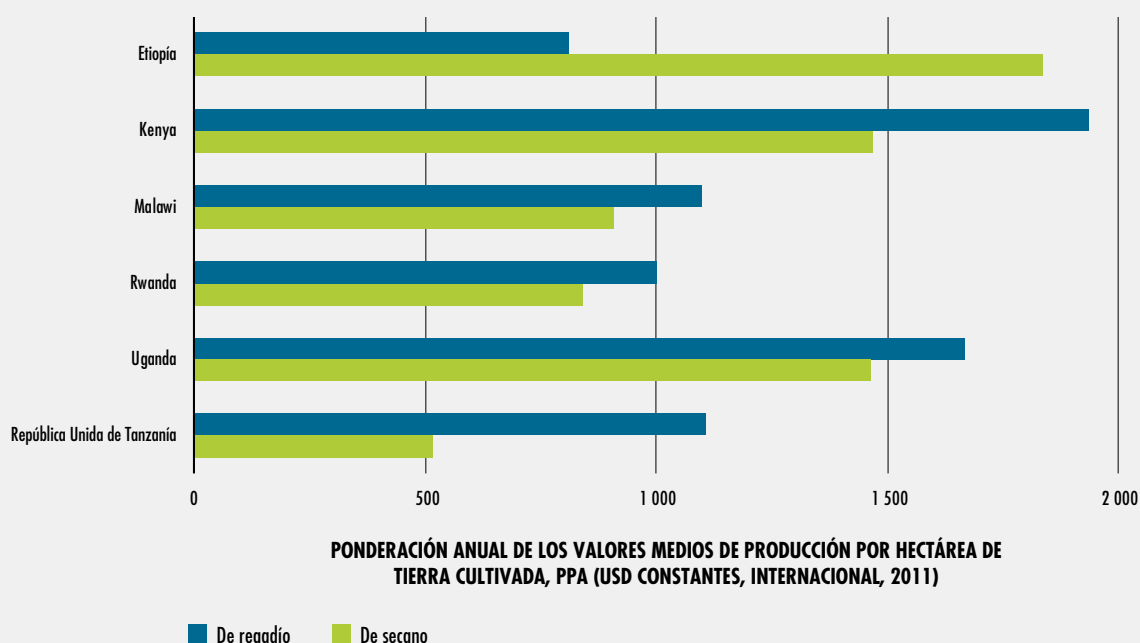
La productividad agrícola es una cuestión compleja, en la medida en que la producción depende de una variedad de insumos diferentes, como mano de obra, fertilizantes, productos químicos y riego. En un estudio reciente realizado por el Banco Mundial se señala cómo un riego predecible lleva a una caída en la volatilidad total de la producción agrícola, al aumentar los cultivos intensivos y alentar cultivos de alto valor²⁸. El riego es un importante factor de crecimiento de la producción agrícola^{28, 29}.

En este recuadro se examinan las diferencias de productividad de la tierra (valor de la producción de cultivos por hectárea de tierra cultivada*) entre la agricultura de regadío y de secano utilizando datos de una encuesta de hogares de zonas rurales de Etiopía, Kenya, Malawi, la República Unida de Tanzania, Rwanda y Uganda sobre el período comprendido entre 2004 y 2014. Como se preveía, las zonas de regadío son más productivas (véase la figura en este recuadro), salvo en Etiopía.

De los seis países, Etiopía informa el menor porcentaje de hogares que emplean riego (el 9%),

después de la República Unida de Tanzania y Uganda. Prácticamente la mitad de la superficie regada en Etiopía depende de formas tradicionales y solo una cantidad irrelevante utiliza sistemas de alta tecnología, como aspersores y microrriego³². La mezcla de cultivos también puede ayudar a explicar la mayor productividad de las tierras de secano. En Etiopía, los cultivos de alto valor, como el café, las semillas de oleaginosas y las legumbres, en general son de secano³³, en tanto que los cultivos industriales, como la caña de azúcar, el algodón y las frutas, son en su mayoría de regadío^{32, 33}. En ambos sistemas agrícolas se producen hortalizas y cereales; no obstante, el tef, sin duda el cultivo de cereales más importante de Etiopía, es predominantemente de secano y más valioso que otros cultivos de cereales^{33, 34}. Estos resultados indican que el riego por sí solo no determina una mayor productividad; según cuál sea el nivel de otros insumos (entre ellos las variedades de cultivos y los servicios de riego), es posible que el riego proporcione solo beneficios marginales en comparación con la agricultura de secano.

VALORES DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA EN LA AGRICULTURA DE REGADÍO Y DE SECANO, 2004-2014



* Los valores de la producción de cultivos no consideran los costos de producción y pueden provenir de diferentes fuentes, por ejemplo, ventas de cultivos o cultivos guardados para semilla. Una advertencia general: las encuestas de hogares tienden a subestimar la proporción y contribución de las explotaciones agrícolas medianas y grandes^{30, 31}.

NOTAS: En las estimaciones para Uganda se promediaron los resultados de las encuestas de 2010, 2011 y 2014. En el caso de Malawi, se basan en las encuestas de 2004, 2011 y 2013. Las estimaciones para la República Unida de Tanzania provienen de encuestas de 2009, 2011 y 2013. En el caso de Etiopía (2014), Kenya (2005) y Rwanda (2014), solo se utilizó una encuesta.

FUENTE: FAO, 2020³⁵.

RECUADRO 7 UN VISTAZO A LOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INCLUIDOS EN EL SPAM

El conjunto de datos SPAM del IFPRI, que se basa en el proyecto de la FAO sobre zonas agroecológicas mundiales (ZAEM) y en la labor del IIASA³⁶, distingue cuatro sistemas de producción según el abastecimiento de agua y los insumos utilizados por los agricultores:

- ▶ **La producción de regadío** hace referencia a la superficie de cultivos que dispone de riego controlado total o parcial, emplea insumos modernos —por ejemplo, variedades actuales— aplica fertilizantes y utiliza prácticas avanzadas de gestión, como las de conservación de suelos y aguas.
- ▶ **La producción de secano con altos insumos** utiliza variedades de alto rendimiento y hace algún empleo de tracción animal y mecanización. En estos contextos se aplican en general fertilizantes y productos químicos para el control de plagas, enfermedades y malezas. La mayoría de lo producido se vende en el mercado comercial.
- ▶ **La producción de secano con bajos insumos** utiliza variedades tradicionales y principalmente trabajo manual, con poca o ninguna aplicación de nutrientes o productos químicos para el control de las plagas y enfermedades. La producción es sobre todo, aunque no en forma exclusiva, para consumo propio.
- ▶ **La producción de secano de subsistencia** hace referencia a la producción con bajos insumos realizada por agricultores en pequeña escala para consumo propio. Esta categoría abarca a agricultores que necesitan los cultivos para sobrevivir, pero que carecen de insumos suficientes o condiciones adecuadas en las tierras de cultivo.

La asignación de tierras de cultivo de regadío se basa en la versión 5.0 del Mapa global de zonas de regadío (GMIA, por sus siglas en inglés), elaborado por la FAO y la Universidad de Frankfurt³⁷. La distribución entre la producción de secano con altos y bajos insumos se basa en supuestos generales para países y cultivos individuales y en el empleo de la fertilización como indicación del uso de altos insumos. En los casos en que se conocen las zonas de cultivo de regadío con y sin fertilizantes, es posible estimar la proporción de tierras de cultivo de secano con altos insumos descontando las zonas de regadío de las zonas

fertilizadas²⁷. La asignación de las tierras de cultivo entre la producción de secano con bajos insumos y de subsistencia se basa en la opinión de expertos y en criterios de idoneidad de los cultivos, no en el uso efectivo de insumos. Por tanto, en este informe se optó por fusionar los datos de la producción de secano con bajos insumos y de subsistencia.

Esta metodología supone que la mayoría de los sistemas de regadío, si no todos, utiliza insumos modernos y gestión de avanzada, aun sin datos que presten apoyo a tal supuesto. Al examinar la utilización de insumos agrícolas modernos en el África subsahariana, Sheahan y Barrett comprobaron que los agricultores rara vez utilizan las sinergias agronómicas combinando, por ejemplo, riego, semillas mejoradas y fertilizantes inorgánicos³⁸. En el proyecto ZAEM también se reconoce que en las condiciones de regadío se pueden aplicar diferentes niveles de insumos y gestión³⁶. Es importante tenerlo en cuenta para evitar que se clasifiquen los sistemas de regadío como sistemas de producción con altos insumos, detectar intervenciones que promuevan un riego eficiente y productivo, así como proteger y gestionar el agua de manera sostenible. Además, el empleo de insumos modernos no se refleja automáticamente en una mayor productividad, dado que las distorsiones políticas pueden llevar a elecciones deficientes en materia de cultivos y a una utilización ineficiente de los recursos, en particular, el agua.

Otra limitación de este conjunto de datos reside en que las tierras de cultivo se categorizan como de secano o de regadío, en tanto que en diferentes explotaciones se considera la gestión del agua dentro de un espectro que va de la producción exclusivamente de secano a la que utiliza únicamente riego²⁶. Entre ambos extremos existen explotaciones en las que se emplea riego suplementario en solo una parte de los campos, en tanto que en otras se riega con mucha frecuencia²⁵.

A pesar de las limitaciones mencionadas, este conjunto de datos permite realizar una estimación de la superficie de cultivos en cada sistema de producción en una gran muestra de países. Por consiguiente, puede emplearse como un indicador de los niveles de desarrollo agrícola en diferentes zonas.

- » campos lo hacen del mismo modo, algunos lo hacen más frecuente e intensivamente que otros. Pueden utilizar técnicas diferentes y extraer el agua de fuentes diversas, lo que quizás influya en su calidad²⁶. (Véase la sección “Cuestiones específicas: Agricultura, contaminación del agua y salinidad”, pág. 51).

Estas diferencias son determinantes fundamentales de una producción eficaz y probablemente se vuelvan más pertinentes aún en la medida en que aumenten la escasez de agua y el déficit hídrico. Es importante distinguir entre los diversos sistemas de producción, que pueden verse afectados de manera diferente y tienen capacidades distintas para responder a las limitaciones de abastecimiento hídrico. En este informe se distingue entre tres sistemas (definidos en función del suministro de agua y la aportación de insumos de los agricultores) sobre la base del conjunto de datos del SPAM elaborado por el IFPRI, a saber: i) producción agrícola de regadío; ii) producción de secano con altos insumos, y iii) producción de secano con bajos insumos²⁷. Para mayor información sobre la metodología utilizada por el SPAM, véase el **Recuadro 7**.

Los diferentes sistemas de producción son un indicador del nivel de desarrollo agrícola de un país, así como de su capacidad para hacer frente a las limitaciones de abastecimiento hídrico. En los países con más tierras en condiciones de producción de secano con altos insumos y producción de regadío, los agricultores tienen un mayor acceso a insumos e infraestructura modernos, entre ellos, el riego, y los cultivos pueden tolerar temperaturas más elevadas con mayores rendimientos y una mayor estabilidad^{24, 28}. Sobre la base de las **figuras 5 y 7**, en las **figuras 11 y 12** se presenta la proporción relativa de cada sistema de producción y la incidencia de déficit hídrico o escasez de agua en cada región del mundo, grupo de ingresos y categoría de países. La coloración de la barra indica el nivel de déficit hídrico o escasez de agua en cada sistema.

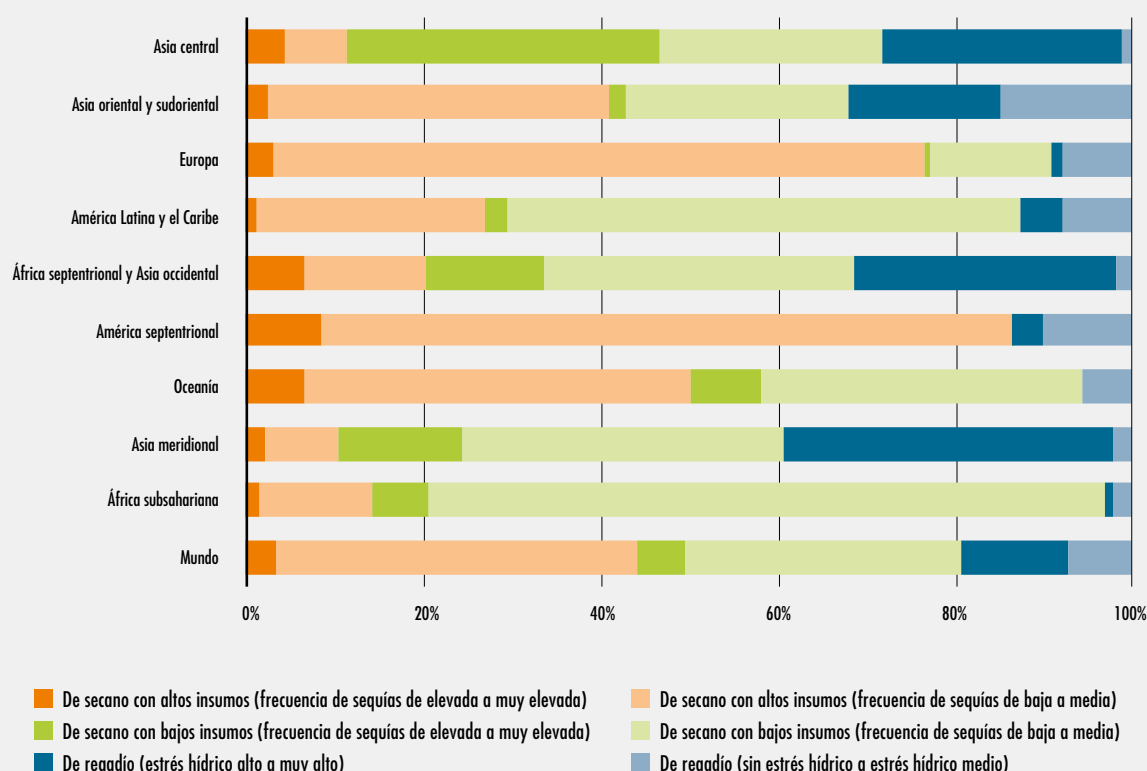
Los sistemas de producción, así como el tipo y alcance del déficit hídrico y la escasez de agua, varían considerablemente entre las diferentes regiones (véase la **Figura 11**). La región de Asia

central se destaca por hacer frente a sequías agrícolas recurrentes en más de la mitad de sus tierras de cultivo de secano con bajos insumos, y casi todas sus zonas de regadío sufren estrés hídrico alto o muy alto. África septentrional y Asia occidental enfrentan los mismos desafíos en ambas dimensiones, y los sistemas de producción agrícola de regadío se encuentran en situación de estrés hídrico en todas las subregiones asiáticas.

Los países de ingresos altos, como los de Europa y América septentrional, tienen una cantidad considerable de tierras de cultivo en producción de secano con altos insumos. Cuentan con climas templados, con el gasto público más alto en I+D agrícolas y con las mayores inversiones en agricultura en relación con el producto interno bruto (PIB)³⁹. Además, la agricultura hace un uso sumamente intensivo y muy eficiente del capital³⁹. En el África subsahariana, en cambio, más del 80% de la tierra de cultivo es de secano con niveles bajos de insumos, en tanto que solo el 3% es de regadío o está equipada para el riego. El uso intensivo del capital y la investigación agrícola son mucho menores que en los países de ingresos altos³⁹. Los agricultores, en particular las mujeres, tienen dificultades para acceder a equipos de riego, mecanización y semillas mejoradas y a fertilizantes, o carecen de las capacidades y la tecnología necesarios para retener el agua en el suelo. A pesar de estas dificultades, solo una proporción relativamente pequeña de las tierras de cultivo de secano del África subsahariana sufre sequías frecuentes.

No todos los países de ingresos bajos o ingresos medianos bajos carecen de acceso al riego y a insumos modernos (véase la **Figura 12**). Por ejemplo, hay países de Asia meridional que utilizan insumos modernos en sus tierras de cultivo y el 40% de estas tierras son de regadío, a pesar de que muchos tienen un nivel de desarrollo bajo. La mayoría de las superficies regadas presentan un nivel alto o muy alto de estrés hídrico. En esos países con escasez de agua es importante la I+D relacionada con la productividad del agua sumada a sistemas de producción sostenible para mantener la humedad del suelo y el riego complementario, a fin de contrarrestar los períodos secos cada vez más frecuentes durante el crecimiento de las plantas. También es posible participar en el comercio virtual de agua para

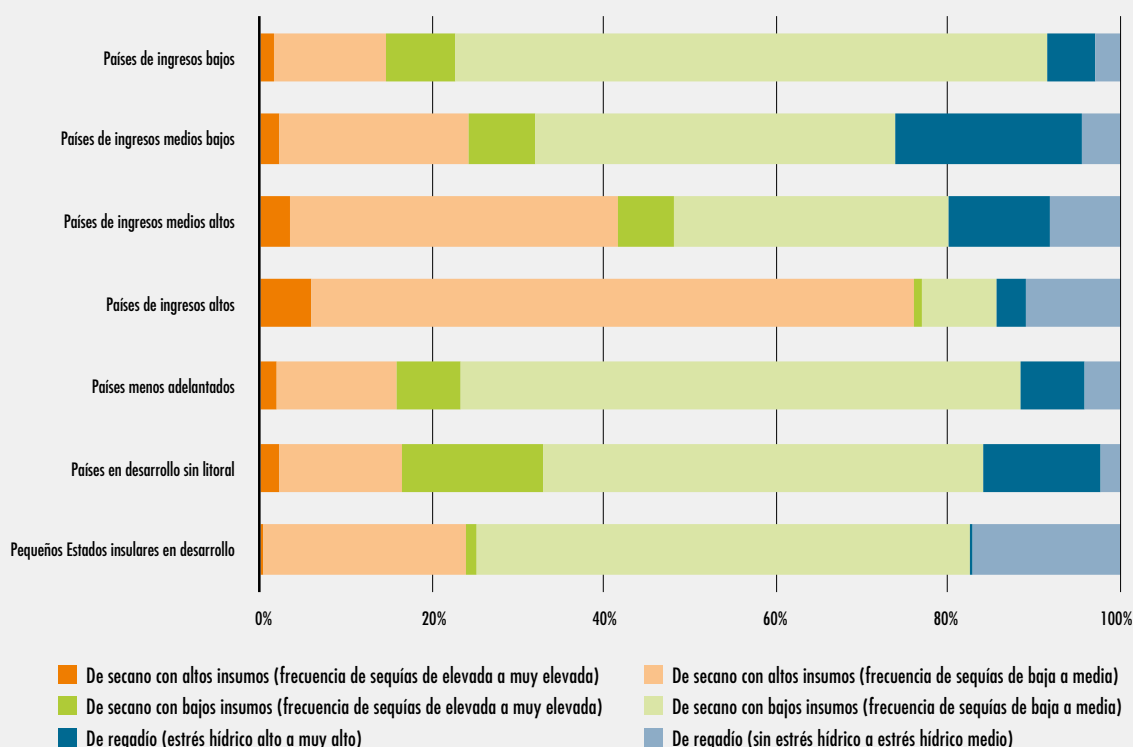
FIGURA 11
PROPORCIÓN DE TIERRAS CULTIVABLES SEGÚN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y EL NIVEL DE DÉFICIT HÍDRICO Y ESCASEZ DE AGUA, POR REGIÓN



reducir el uso y el agotamiento de los recursos hídricos (véase el **Recuadro 8**). En países en los que hay pocos incentivos para utilizar el riego de manera más eficiente con objeto de ahorrar agua, las políticas públicas configurarían incentivos, entre otras cosas, a través de un mejor acceso a los servicios de extensión, el crédito y la tecnología. También es fundamental gestionar las diferentes demandas que compiten por el agua, en particular en países de ingresos medios bajos con una amplia superficie regada

en condiciones de estrés hídrico y donde es probable que la urbanización prosiga y que las ciudades en expansión, las industrias y el turismo adquieran prioridad en el abastecimiento de agua. Esto reducirá el agua disponible para la agricultura de regadío urbana y periurbana, con lo que esos cultivos competirán con una demanda creciente de otros usuarios en relación con la tierra y el agua²⁴ y probablemente se genere una mayor dependencia de alimentos importados. Debido a que una proporción importante del

FIGURA 12
PROPORCIÓN DE TIERRAS CULTIVABLES SEGÚN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y EL NIVEL DE DÉFICIT HÍDRICO Y ESCASEZ DE AGUA, POR NIVEL DE INGRESOS Y GRUPOS DE PAÍSES



NOTAS: La frecuencia elevada o muy elevada de sequías graves se refiere a la probabilidad superior al 20% de sequía grave, que afecte a más del 30% de la tierra de cultivo. El nivel alto o muy alto de estrés hídrico corresponde a extracciones totales de más del 50% de agua dulce renovable. Solo se consideran las hectáreas de tierras de cultivo para las que se disponen datos sobre frecuencia de sequías y niveles de estrés hídrico. El nivel de estrés hídrico corresponde a 2015¹⁰ y la frecuencia histórica de las sequías se basa en la serie temporal completa (1984-2018)⁷. Las estadísticas a escala mundial del sistema de producción agrícola se basan en la versión de 2010 del conjunto de datos del SPAM del IFPRI¹⁷. Los datos sobre insumos corresponden a la lista de economías del Banco Mundial⁵⁸ y los datos de grupos de países corresponden a los Códigos uniformes de país o de zona para uso estadístico de las Naciones Unidas⁵⁹.

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2020¹⁰; FAO, 2019⁷; FAO e IIASA, 2020¹; IFPRI, 2019¹⁷; Naciones Unidas, 1998⁵⁹; y Banco Mundial, 2017⁶⁰.

agua urbana no está destinada al consumo, su reutilización en la agricultura después de su tratamiento tiene un gran potencial, en particular en países donde el agua es escasa⁴⁰.

En cuanto a los países que comparten características y limitaciones similares en relación con sus iniciativas de desarrollo, los PMA tienen una asignación casi equivalente de sistemas de producción que los del grupo de ingresos bajos, en concreto, fuerte predominio de

producción de secano con bajos insumos y una proporción baja de tierras de cultivo de regadío (véase la [Figura 12](#)). La superficie regada mínima ya tiene un nivel alto o muy alto de estrés hídrico. Se trata de un problema que comparten los PDL, con la dificultad adicional de que la mayoría de sus sistemas de producción agrícola de secano sufre sequías, lo que los deja en una situación de especial vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático. Hasta el 95% de sus alimentos totales provienen de la producción nacional⁴⁹ y en

RECUADRO 8 EL POSIBLE PAPEL DEL COMERCIO EN LA GESTIÓN DE LA ESCASEZ DE AGUA

El **agua virtual** es el volumen de agua requerida para producir un producto alimentario y que, por consiguiente, está virtualmente incorporada en el mismo⁴¹. El comercio internacional de productos básicos implica transferencias virtuales de agua a larga distancia. Con el comercio cada vez mayor entre países y continentes y los cambios en la alimentación en favor de productos alimentarios que exigen un uso más intensivo de agua, es frecuente que esta se utilice para producir bienes que se exportan. En regiones con escasez de agua, importar productos básicos que exigen un uso intensivo de agua en lugar de producirlos con agua local puede ser una manera eficaz de atender deficiencias hídricas. El agua virtual puede ser una fuente alternativa de agua, siempre que el acceso a los artículos importados sea equitativo e inclusivo.

El comercio de agua virtual también podría desempeñar un papel importante en el ahorro de recursos a escala mundial si el comercio se realiza entre regiones con mayor productividad del agua y otras con una productividad menor. El total de “agua ahorrada” mediante este comercio es de alrededor del 5% del uso mundial de agua para la agricultura^{42,43}. Jackson *et al.* afirman que el impacto no debería sobrestimarse y sus conclusiones concuerdan con la proporción de comercio internacional en relación con el consumo⁴⁴. Liu *et al.* (2019) realizaron una revisión exhaustiva de estudios sobre ahorros y pérdidas de agua en el comercio de alimentos y concluyeron que los ahorros son reducidos y que, frecuentemente, no están impulsados por la escasez⁴⁵. Sin embargo, según los autores, el comercio mundial de alimentos ha reducido la presión sobre el agua dulce. En algunos países, como Argelia, México

y Marruecos, el ahorro de agua a través del comercio puede ser muy elevado⁴²⁻⁴⁴. En otro estudio reciente se concluyó que los países con un mayor PIB per cápita pueden mitigar mejor el estrés hídrico mediante la importación de alimentos⁴⁶.

Yano *et al.* (2016) analizan a escala mundial si las pautas de comercio internacional de alimentos de una región mitigan la escasez de agua o contribuyen a ella⁴⁷. Los autores observan que, si bien Asia meridional es un importador neto de agua virtual, la región exporta más alimentos producidos con agua más escasa que la que se ha empleado en los alimentos que importa. No utiliza sus recursos hídricos de manera sostenible en el comercio internacional, lo que empeora su escasez de agua. América del Sur, un exportador neto de agua virtual, produce productos alimentarios con abundantes recursos hídricos, lo que indica que sus modelos de comercio internacional no contribuyen a la escasez de agua. Entre las regiones que mitigan la escasez de agua mediante el comercio internacional figuran partes de Asia, África septentrional, África oriental, África occidental y América central. Dalin *et al.* (2018) muestran que alrededor del 11% de las aguas subterráneas no renovables utilizadas para riego están incorporadas en el comercio internacional de alimentos; de estas, dos tercios son exportados por los Estados Unidos de América, la India y el Pakistán⁴⁸. Algunos países, como China, los Estados Unidos de América, México y la República Islámica del Irán, se encuentran en una situación de riesgo especial porque producen e importan alimentos obtenidos a partir de riego proveniente de acuíferos que se agotan rápidamente.

aproximadamente el 70% de sus tierras de cultivo se emplean bajos insumos, lo que subraya la oportunidad y necesidad de una transformación agrícola. Como carecen de una salida al mar, el acceso a tecnologías, mercados, información y créditos deviene más difícil y costoso^{50, 51}.

Los PEID también comparten características geográficas, económicas y sociales únicas, debido a su aislamiento o sus recursos naturales limitados. Su superficie terrestre y lejanía limitan la producción agrícola, caracterizada por

productos agrícolas poco diversos, y aumentan la dependencia de las importaciones^{52, 53}.

Estos países utilizan más riego y más insumos en contextos de secano, en parte porque algunos PEID están trabajando en la mejora del riego, la extracción de aguas subterráneas y la captación de agua de lluvia⁵⁴. No tienen muchos problemas de sequías recurrentes o estrés hídrico.

Sin embargo, debido al cambio climático y la utilización excesiva de los recursos naturales, se ven amenazados por el aumento del nivel del mar, la erosión costera y una disminución del

agua dulce para usos agrícolas⁵². Como resultado del cambio climático, se prevé una reducción constante de las precipitaciones en los PEID del Caribe y el Pacífico, lo que supone un problema grave para la sostenibilidad de los sistemas de secano⁵⁵.

También puede haber considerable heterogeneidad en el uso de insumos, el riego y las prácticas de gestión dentro de las regiones y países, lo que incide en la capacidad de los agricultores para abordar el déficit hídrico y la escasez de agua. En las encuestas integradas sobre agricultura del Estudio de medición de los niveles de vida (EMNV) del Banco Mundial se exploran las variaciones en el uso de insumos y riego dentro de los países, que las estadísticas a nivel macro no revelan. En Etiopía, la proporción de hogares que utiliza productos químicos va del 16% al 55% según la región (en comparación con un promedio a nivel nacional del 40%). Existe asimismo una amplia diferencia en el uso de fertilizantes inorgánicos, que va del 20% al 70% (la media para el país es del 60%)³⁵. Los conjuntos de datos espaciales también dan cuenta de la heterogeneidad en los niveles de insumos entre regiones y dentro de una misma región (véanse las **figuras A1 y A2** en el Anexo estadístico).

Esta heterogeneidad se explica por diferentes factores, entre ellos, los precios de insumos y productos, el acceso a los mercados y las inversiones en infraestructura y servicios de extensión agrícola. Las políticas deberían comenzar por brindar apoyo a los agricultores, a través de una tenencia segura de la tierra y el agua, créditos y servicios de extensión, a fin de reducir los riesgos relacionados con el agua. En Bangladesh, unos derechos de tenencia más seguros y un mejor acceso a los servicios de extensión agrícola y la electricidad facilitaron la mitigación de las sequías⁵⁶. Dado que uno de los principales obstáculos para abordar los desafíos relativos al agua es que se ignoran las cuestiones de género y las dificultades para el acceso de las mujeres a los recursos naturales, el Banco Grameen de Bangladesh otorga pequeños préstamos a las mujeres pobres para ayudarlas a tomar decisiones sobre asignación de recursos en el marco de condiciones económicas y climáticas cambiantes⁵⁷. ■

LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El déficit hídrico y la escasez de agua extremos afectan a casi 1 200 millones de personas a escala mundial. El cambio climático agravará este problema al aumentar el estrés hídrico y las sequías recurrentes, lo que supondrá un estrés adicional para los sistemas agrícolas que ya tienen que satisfacer una demanda en aumento debido al crecimiento demográfico y los cambios en la alimentación. Tanto los medios de vida como la seguridad alimentaria y la nutrición de las comunidades rurales y urbanas se encuentran en una situación de riesgo. La población rural pobre es la más vulnerable⁶¹, debido a su gran dependencia de los recursos naturales, a su resiliencia y protección limitadas ante los riesgos y crisis relacionados con el cambio climático y a los desequilibrios de poder en el acceso a recursos naturales como el agua y la tierra.

En evaluaciones de modelos múltiples se ha estudiado cómo el cambio climático podría incidir en riesgos futuros relativos al agua a escala mundial. En un estudio se estableció que los cambios impulsados por el clima en los niveles de evaporación, precipitaciones y escorrentía darían lugar a un 40% de aumento del número de personas que tendrán que sobrevivir con menos de 500 m³ de agua anuales, lo que se considera escasez de agua “extrema” (véase el Capítulo 1, pág. 5)⁶². Otro estudio llegó a la conclusión de que unos 800 millones de personas se sumarán a los 3 900 millones que sufrirán estrés hídrico hasta 2050⁶³. Los autores determinaron que la exposición al déficit hídrico aumentaría de forma pronunciada, con un aumento de la temperatura de hasta 2 °C por encima de los niveles preindustriales en muchas regiones (entre ellas, África septentrional y oriental, Asia meridional y la Península Arábiga), y luego se estabilizaría en 4 °C. La hipótesis de los autores era que, más allá de este punto, no habría más zonas en las que las precipitaciones disminuyeran significativamente.

Schewe *et al.* (2014) llegaron a la conclusión de que, con un calentamiento de 2 °C, en

comparación con “el momento actual”ⁱ, la descarga anual media (es decir, la escorrentía acumulada a lo largo de la red fluvial) disminuiría y aumentaría la escasez en varias regiones, entre ellas las del Mediterráneo, el Cercano Oriente y gran parte de América del Norte y América del Sur⁶². En cambio, la India, África oriental y las latitudes altas del hemisferio norte podrían esperar recibir más agua con el calentamiento mundial. Existe una incertidumbre considerable dentro de estos modelos; algunos indican que el déficit mundial de agua se duplicará, en tanto que otros predicen solo un cambio moderado. Los modelos no consideran la disponibilidad y variabilidad interanual y estacional del agua. Fung, Lopes y New (2011) constatan que los efectos del cambio climático difieren sustancialmente entre cuencas fluviales y que la estacionalidad de la escorrentía puede ser más pronunciada en un mundo de + 4 °C, en comparación con un mundo de + 2 °C⁶⁴. Aun cuando la escorrentía anual promedio aumente, las temporadas secas pueden llegar a acusar más estrés hídrico.

El cambio climático también desempeñará una función importante en relación con el déficit hídrico. En un estudio reciente se establece que en 129 países habrá una mayor sequía, principalmente debida al cambio climático⁶⁵. Es probable que la sequía se vuelva más frecuente y más grave al final del siglo XXI en algunas partes de América del Sur, Europa occidental y central, África central y Australia⁶⁶. La sequía puede producir un crecimiento económico negativo y las consecuencias para el desarrollo humano y el empoderamiento de las mujeres pueden ser de larga duración e, incluso, permanentes. En el África subsahariana, cuando las mujeres expuestas a sequías en la primera infancia llegan a adultas son significativamente menos sanas y tienen una estatura reducida; además, cursan menos años de enseñanza formal⁶⁷. Suscita considerable inquietud el hecho de que estos efectos puedan transmitirse de generación en generación, y de que sea más probable que los hijos de mujeres afectadas por la sequía tengan peso bajo al nacer. El cambio

climático también incide en los peligros de inundaciones. Dankers *et al.* (2014) constataron un aumento de las inundaciones debido al cambio climático en más de la mitad de la superficie terrestre del mundo⁶⁸.

Aunque no hay certeza sobre su ubicación y magnitud, el efecto de estos cambios en el agua disponible tendrá un impacto considerable en el rendimiento de los cultivos de las zonas de secano y de regadío⁶⁹. El efecto directo del clima en regiones muy irrigadas podría dar lugar a que de 20 a 60 millones de hectáreas de tierras de cultivo pasen de una gestión de regadío a una de secano⁷⁰. El agua dulce presente en otras regiones podría paliar esas pérdidas, pero se necesitarán inversiones muy importantes en infraestructura (por ejemplo, riego complementario). El comercio puede ser una medida de adaptación al cambio climático con ramificaciones políticas (véase el **Recuadro 8**)⁷¹. El cambio climático también afecta los ecosistemas de agua dulce, las poblaciones de peces y otras poblaciones acuáticas que tienen una capacidad de amortiguación baja y son sensibles a las crisis y la variabilidad relacionadas con el clima⁷². En casos excepcionales, los efectos del cambio climático pueden beneficiar a la pesca continental (por ejemplo, en el caso de algunas especies de peces autóctonos y exóticas).

La gestión de los recursos hídricos será clave para proporcionar a los individuos y las sociedades las herramientas para realizar ajustes en los distintos sistemas, sectores y escalas con objeto de que puedan soportar los efectos del cambio climático, recuperarse de ellos y anticipárseles⁷³. Se necesita más información y datos científicos a escala local, que habrán de incluirse en las decisiones de múltiples partes interesadas⁷⁴. Las pruebas empíricas del cambio climático pueden bastar para definir enfoques o niveles de inversión⁶¹. En los casos en los que la incertidumbre plantea problemas en cuanto a qué medidas adoptar y dónde centrar las inversiones, resultan sólidas las mejores opciones de gestión de los recursos hídricos, que representan el tipo de política “útil en cualquier caso”. Estas políticas demuestran un desempeño satisfactorio en toda una gama de futuros posibles y hacen que la producción agrícola sea más resiliente frente a los efectos futuros, junto con medidas equitativas e inclusivas⁶¹. Un buen

ⁱ La expresión “momento actual” se refiere al promedio 1980-2010, de cerca de 0,7 °C más caliente a nivel mundial que en la era preindustrial⁶².

ejemplo es la planificación de contingencia para adaptarse a sequías de intensidad y duración variables. Si se lo complementa con flexibilidad, este enfoque conservará la capacidad de responder a acontecimientos futuros, cambios en las pautas climáticas e hidrológicas y riesgos residuales⁷³. Reconociendo que la mayoría de los efectos del cambio climático probablemente altere el ciclo del agua, las estrategias de agricultura climáticamente inteligente —que orientan las medidas para reorientar los sistemas agrícolas a fin de prestar apoyo al desarrollo y la seguridad alimentaria y la nutrición en un clima cambiante— deben analizarse desde una perspectiva que tenga en cuenta el agua. ■

ABORDAR EL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA: EL CONTEXTO GENERAL

En este capítulo se ha expuesto cómo casi un sexto de la población mundial vive en zonas con una frecuencia muy elevada de sequías graves o con niveles altos de estrés hídrico. Las necesidades de agua solo podrán aumentar con el crecimiento demográfico y económico, los cambios en la alimentación y el cambio climático. Por consiguiente, es necesario adaptar las políticas en hídricas y sectoriales, así como las estrategias de gestión, a fin de utilizar el agua de manera de satisfacer las necesidades de las personas y el medio ambiente hoy, mañana y en adelante. Esto plantea un reto significativo en materia de gobernanza, que implica compensaciones y oportunidades importantes.

La solución más adecuada para un agricultor, un país o una región puede no ser la que sirva para otros, dado que las situaciones varían ampliamente entre sistemas productivos —de secano y de regadío— y los análisis y propuestas de mejora pueden ser sumamente específicos. En contextos de regadío, el desafío que plantea la escasez de agua obligará tanto a una gestión del abastecimiento, con desarrollo y uso selectivos de recursos hídricos no convencionales (desalinización de agua de mar, agua salobre y reutilización de las aguas residuales), como

a una gestión enérgica de la demanda, con medidas que optimicen los abastecimientos existentes⁷⁵. Para gestionar la demanda es necesario reconocer el valor económico del agua, así como de la recuperación de los costos, aunque manteniendo la preocupación por la asequibilidad y seguridad del derecho humano al agua y los alimentos, en particular de los pobres. También es necesario abordar el abastecimiento de agua a través de la conservación de los ecosistemas relacionados con ella. En los sistemas de secano, la conservación en la explotación agrícola para aumentar la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo puede ser la opción más pertinente para aumentar la producción. Los sistemas de captación y almacenamiento de agua también pueden contribuir a incrementar la disponibilidad de agua y la producción agrícola en los hogares y las comunidades, y a vencer las sequías⁷⁶.

La combinación más adecuada de gestión del abastecimiento y la demanda dependerá de las condiciones locales, y no es probable que un conjunto único de opciones pueda constituir la solución óptima general⁷⁶. Tampoco una opción particular resultará deseable para todos los contextos. Las opciones de políticas y las estrategias conexas estarán conformadas en gran medida por elementos como el nivel de desarrollo del país, las limitaciones de abastecimiento hídrico y las estructuras de gobernanza, políticas, socioeconómicas y culturales^{75, 77}. Diferentes partes interesadas consideran de manera distinta la escasez de agua y ponen en práctica diferentes estrategias de adaptación y mitigación en función de su poder y capacidades. Un aspecto crucial es el de garantizar los flujos ambientales, los servicios ecosistémicos y el uso no consuntivo de agua dulce, que a menudo no se tienen en cuenta debido a la falta de una valoración económica adecuada⁷². El apoyo a las estrategias necesarias de gestión de los recursos hídricos exige un entorno propicio inclusivo basado en un conjunto de políticas que se apoyen mutuamente y un marco jurídico amplio con incentivos y medidas reglamentarias coherentes, como una tenencia segura de la tierra y el agua. Esto también significa crear y fortalecer instituciones y mecanismos que trasciendan los límites tradicionales entre sectores⁷⁵.

FIGURA 13
POSICIONAMIENTO DE LAS RESPUESTAS
AL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA
DENTRO DEL CONTEXTO NORMATIVO
MÁS AMPLIO



FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de FAO, 2012, Figura 27⁶.

Se necesitan mecanismos de gobernanza que aseguren la coordinación intersectorial y la coherencia de las políticas, en los que participen diferentes usuarios y partes interesadas con objeto de determinar compensaciones y sinergias clave y lograr una gestión de los recursos hídricos que sea eficiente, sostenible y equitativa. Además, las estrategias de demanda y abastecimiento de agua deberían contar con una estrategia de financiación para cubrir las inversiones necesarias.

En la **Figura 13** se muestra cómo entran en juego estas dimensiones. El desafío que se deriva del aumento del déficit hídrico y la escasez de agua (primer ciclo a partir de abajo) exige una gestión integrada de los recursos hídricos y las tecnologías pertinentes (segundo ciclo). Estas comprenden, entre otras, la desalinización,

el control de la contaminación y el aumento de la eficiencia en el uso del agua, condicionados por la planificación técnica y la inversión económica en el plano organizacional y de la gestión. A su vez, estas se ven influidas por el marco institucional y jurídico (tercer ciclo), que abarca los derechos de agua, las licencias, la reglamentación, las medidas de incentivos y la estructura institucional, así como el entorno normativo general (cuarto y último ciclo), que comprende las decisiones, prioridades, políticas sectoriales (por ejemplo, en materia de agricultura, municipios e industria) y compensaciones de la sociedad⁷⁶. En el Capítulo 3 se examinan las tecnologías y estrategias de gestión de los recursos hídricos para uso agrícola disponibles (segundo ciclo) con objeto de adaptarse a situaciones de déficit hídrico o escasez de agua cada vez mayores. En los capítulos 4 y 5 se presentan más detalladamente estas últimas dimensiones, pertenecientes a los ciclos tercero y cuarto. ■

CONCLUSIONES

En este capítulo se ha mostrado que casi 1 200 millones de personas viven en zonas en las que existen problemas graves de déficit hídrico o escasez de agua destinada a la agricultura, lo que pone en riesgo su vida y sus medios de sustento. Las limitaciones del abastecimiento hídrico varían desde el punto de vista espacial y temporal; algunos países y regiones son más vulnerables que otros. La mayoría de esos 1 200 millones de personas vive en Asia meridional, en donde casi el 80% de la población de países como el Pakistán y Sri Lanka reside en zonas agrícolas afectadas. Otras partes de África septentrional y Asia también se ven afectadas desproporcionadamente.

Además, en este capítulo se han delineado diferentes dimensiones del déficit hídrico y la escasez de agua, como las sequías recurrentes y el estrés hídrico, y se ha expuesto cómo inciden en el sector agrícola y en diferentes grupos demográficos, según cuál sea el alcance en que estos dependen del riego o de las precipitaciones y del empleo de niveles altos de insumos. Las dificultades más grandes se presentan con una frecuencia muy elevada de sequías y un nivel muy alto de estrés hídrico en la agricultura

de secano y de regadío, respectivamente. Las dificultades son especialmente grandes en la agricultura de secano con bajos insumos, que tiende a ser el sistema de producción dominante en los países de ingresos bajos y entre los pobres y los grupos vulnerables. Es probable que los alimentos adicionales necesarios para satisfacer la demanda futura se obtengan mediante un aumento de la productividad en las tierras existentes. A medida que la población y la economía crecen, que los hábitos de consumo se modifican, con la adopción de más alimentos

que requieren un uso intensivo de agua, y que se agravan los efectos del cambio climático, se requerirán soluciones técnicas adaptativas para mejorar la productividad del agua en contextos de secano y de regadío y, al mismo tiempo, proteger los flujos ambientales (véase el Capítulo 3). Esto requerirá a su vez que se adopten instituciones e incentivos adecuados (que se presentan en el Capítulo 4). En algunos casos, existe la posibilidad de participar en el comercio de agua virtual para reducir el uso del agua y el agotamiento de los recursos hídricos. ■

CUESTIONES ESPECÍFICAS

AGRICULTURA, CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SALINIDAD

Una buena calidad del agua es un elemento crucial de los ODS. Resulta esencial para el bienestar humano, para el uso agrícola —incluidas la ganadería, la pesca continental y la acuicultura—, industrial y municipal del agua, y para apoyar los ecosistemas de agua dulce y los servicios que estos proporcionan. La contaminación y la salinidad representan un reto a escala mundial, que se ha incrementado en los países de ingresos altos y bajos, socavando el crecimiento económico y, también, la sostenibilidad social y ambiental y la salud de miles de millones de personas⁷⁸. La agricultura y la calidad del agua están vinculadas por una estrecha relación bidireccional. Cuando no se gestionan adecuadamente, las prácticas agrícolas pueden aumentar las cargas de contaminantes (es decir, nutrientes, sales, sedimentos, agroquímicos y patógenos) en las aguas subterráneas y superficiales. En muchos países la agricultura es la fuente principal de contaminación del agua. También puede, a su vez, sufrir consecuencias importantes de la mala calidad del agua, que devienen en costos mayores y menor rentabilidad. De modo que puede ser tanto causante de la contaminación como su víctima.

La agricultura como causante de la contaminación del agua

La presión de la agricultura en la calidad del agua proviene de los sistemas de cultivo y producción pecuaria y de la acuicultura. Todos ellos se han expandido e intensificado a fin de

satisfacer una demanda cada vez mayor que se debe al crecimiento demográfico y económico y a los cambios en la alimentación⁷⁸. Si bien los cultivos y la ganadería son las principales fuentes de contaminación, la acuicultura también constituye un problema. Chile, por ejemplo, ha aplicado en todo momento medidas de bioseguridad a sus sistemas de producción de salmón. Sin embargo, la expansión de la producción sigue planteando problemas sanitarios y ambientales graves, entre ellos, la propagación del virus de la anemia infecciosa del salmón⁷⁹. En respuesta, la industria ha establecido objetivos ambiciosos en un esfuerzo por reducir de forma gradual el uso de antibióticos en la salmonicultura, y se están realizando investigaciones para ayudar a garantizar que la acuicultura sea sostenible tanto social como ambientalmente. Los contaminantes derivados de la agricultura (sistemas de cultivo, ganadería y acuicultura) pueden llegar a los recursos hídricos de muchas maneras. Las vías más habituales de contaminación son: i) de la solución del suelo a la infiltración profunda y la recarga de las aguas subterráneas; ii) de la escorrentía, agua de drenaje e inundaciones a arroyos, ríos y estuarios, y iii) de erosión del suelo natural o provocada por el hombre a cursos de agua con gran contenido de sedimentos⁷⁸. Los contaminantes del agua se suelen caracterizar como contaminantes puntuales o no puntuales (difusos), según cuál sea su fuente y vía de entrada al ambiente receptor. Esta es una función importante de la política de calidad del agua y de la regulación de la contaminación:

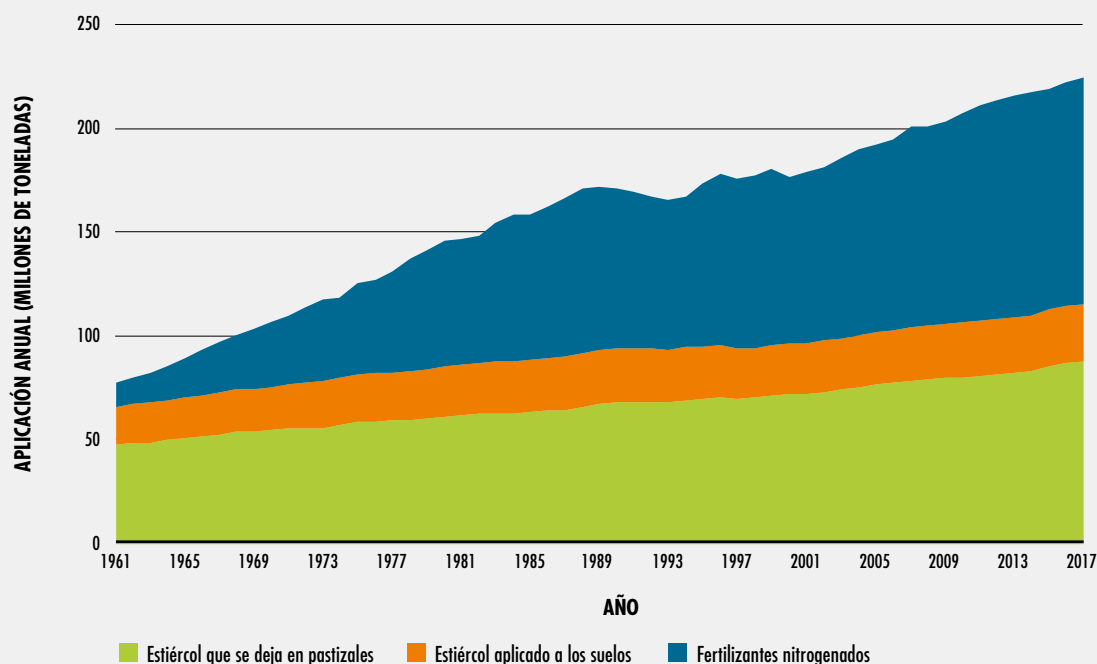
- La contaminación de fuente puntual se origina en una operación agrícola identificable y se descarga de manera directa en las masas de agua receptoras en una ubicación discreta, como, por ejemplo, operaciones de cría intensiva de ganado confinado. Entre los ejemplos se incluyen: desechos (estiércol, purín y aguas residuales) de los corrales de engorde y otras operaciones de cría intensiva de ganado de gran escala; acuicultura; drenaje del riego y eliminación de cadáveres de animales.
- La contaminación de fuente no puntual (o difusa) tiene múltiples orígenes agrícolas no identificables, que no es sencillo cuantificar debido a su naturaleza difusa. Entre otros ejemplos, es posible citar el esparcido de estiércol; el movimiento de partículas de suelo, fertilizantes, plaguicidas, bacterias, microorganismos y componentes antimicrobianos a través de la

lixiviación; y la escorrentía superficial y subsuperficial proveniente de tierras de cultivo y sistemas de pastoreo.

Los principales contribuyentes agrícolas a la contaminación del agua (y objeto principal de control) son los nutrientes, plaguicidas, sales, sedimentos, carbono orgánico, patógenos, metales pesados y residuos de medicamentos⁷⁸. Estos suelen provenir de fuentes y vías difusas^{78, 80}.

El uso de fertilizantes químicos y estiércol animal para aportar nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) a las tierras de cultivo ha aumentado notablemente en los últimos decenios (véase la Figura A). Cuando hay un exceso de nitrógeno y fósforo que no es utilizado por los cultivos en crecimiento, este puede perderse por escorrentía y, con ello, afectar la calidad del agua⁸¹. De los

FIGURA A
APORTACIONES DE NUTRIENTES A LOS SUELOS AGRÍCOLAS ORIGINADOS EN ESTIÉRCOL Y FERTILIZANTES SINTÉTICOS, A ESCALA MUNDIAL, 1961-2017



NOTAS: Las categorías “estiércol que se deja en pastizales” y “estiércol aplicado a los suelos” proporcionan estimaciones del aporte de nitrógeno proveniente de estiércol animal y de las pérdidas por lixiviación y volatilización. La categoría “estiércol aplicado a los suelos” excluye el que queda en pastizales, limitándose a las aplicaciones en suelos agrícolas después del tratamiento en sistemas de gestión del estiércol.

FUENTE: FAO, 2020⁸³.

115 millones de toneladas de estiércol animal depositado o aplicado a los suelos en 2017, alrededor de un tercio se perdió por lixiviación o fue arrastrado por escorrentía superficial⁸².

Otros agroquímicos como los plaguicidas, que comprenden los insecticidas, herbicidas, fungicidas y reguladores del crecimiento de las plantas, también se emplean ampliamente en la agricultura⁷⁸. Desde 1990, el uso a escala mundial de plaguicidas se ha incrementado en un 80%; no obstante, en el último decenio su uso se ha estabilizado⁸³. Las cinco vías más importantes a través de las cuales los plaguicidas llegan a los recursos hídricos son: i) el arrastre a través de la escorrentía superficial; ii) la desviación de la superficie prevista cuando se pulverizan; iii) la lixiviación a través del perfil del suelo; iv) el derrame, y v) el arrastre por la erosión del suelo⁸⁴. El uso de plaguicidas ha permitido la expansión de la agricultura. Sin embargo, cuando se emplean de manera no adecuada, pueden contaminar el agua con sustancias tóxicas que afectan a los seres humanos.

La disponibilidad y uso de medicamentos antimicrobianos en animales terrestres y acuáticos y en la producción agrícola también es fundamental tanto para la sanidad como para la productividad⁸⁵. Sin embargo, la resistencia a los antimicrobianos, es decir, el hecho de que microorganismos (bacterias, hongos, virus y parásitos) desarrollen resistencia a sustancias antimicrobianas como los antibióticos, constituye un nuevo problema de contaminación que tiene efectos negativos en la tierra y los recursos hídricos y, por ende, en la biodiversidad, así como en la salud y los medios de vida humanos⁸⁶. Alrededor de 700 000 muertes anuales de seres humanos están relacionadas con la resistencia a los antimicrobianos⁸⁷. Si bien este fenómeno puede producirse de manera natural en la adaptación microbiana al medio ambiente, se ha visto exacerbado por el uso inadecuado y excesivo de los antimicrobianos⁸⁵. Genera particular inquietud la previsión de que dos tercios del crecimiento futuro estimado del uso de antimicrobianos tendrá lugar en el sector de producción animal⁸⁸. En general, el ganado metaboliza solo parcialmente los antimicrobianos y, por consiguiente, estos pueden ser excretados en el medio ambiente casi sin modificarse⁸⁹. Las vías principales a través de

las cuales los antimicrobianos pueden llegar a cursos de agua en zonas agrícolas son: i) a través de la descarga directa de aguas residuales sin tratar (de operaciones ganaderas), y ii) indirectamente, a través de la escorrentía superficial ya sea de tierras de cultivo fertilizadas con estiércol sólido y purín ganadero sin tratar o de zonas de pastoreo que reciben depósitos directos de abono ganadero.

Salinidad y agricultura

Más de 100 países poseen suelos contaminados por sales, y se calcula que a escala mundial estos ocupan 1 000 millones de hectáreas⁹⁰. Las sales minerales se encuentran disueltas de manera natural en el agua en diferentes concentraciones según su fuente (por ejemplo, aguas subterráneas), ubicación y momento del año⁹¹. Las sales pueden degradar la calidad del agua en masas de agua dulce, como humedales, arroyos, lagos, embalses y estuarios, como resultado de la movilización y concentración de las sales⁷⁸. También pueden afectar el crecimiento de las plantas si se acumulan en la zona de la raíz y, por tanto, el cultivo pierde su capacidad de extraer suficiente agua del suelo salado⁹².

La salinización del suelo de origen agrícola es un problema importante, que puede ser resultado de diferentes procesos: i) uso abusivo de agua subterránea en zonas costeras, lo que da lugar a la intrusión de agua de mar en los acuíferos de agua dulce; ii) riego excesivo que provoca la elevación de capas freáticas de acuíferos salinos, con lo que aumenta la infiltración de agua subterránea salina en los cursos de agua y, por tanto, su salinización⁷⁸; y iii) agua de riego transpirada por las plantas o evaporada desde el suelo, que deja a la mayoría de las sales disueltas en el suelo y da lugar a salinización si no hay drenajes. Cuando hay salinización, se necesita riego adicional para que las sales se eliminen de las raíces de los cultivos, pero esto acentúa aún más la escasez de agua⁹⁰.

El drenaje (natural o artificial) para eliminar el exceso de agua superficial y subsuperficial de las tierras de regadío es una característica de los planes de riego bien diseñados. Ayuda a mantener condiciones de humedad favorables al crecimiento óptimo de los cultivos, impide el encharcamiento,



SENEGAL

Agricultora rociando un cultivo de berza
con un pesticida orgánico.
©FAO/Olivier Asselin



» reduce el mal comportamiento mecánico y controla la salinidad del suelo. El desarrollo del riego debe estar acompañado de un drenaje amplio y de medidas de conservación, así como del reciclado del agua dulce en la reutilización del agua de drenaje^k. La aplicación excesiva de fertilizantes también puede aumentar la concentración de sales en el agua de drenaje en zonas de regadío y en la escorrentía y percolación en las zonas de secano⁷⁸. En comparación con los cultivos de regadío, la contribución de la acuicultura y la ganadería a la salinización del agua (sin considerar la producción de piensos) es menor y solo tiene un efecto localizado cuando la producción ganadera y acuícola son más intensivas⁷⁸.

Las medidas para hacer frente a la salinización del suelo comprenden la lixiviación de sales por exceso de riego, el uso de sustancias químicas, la aplicación de medidas biológicas mediante el uso de plantas, hierbas o arbustos tolerantes a las sales⁹⁰. En Egipto y el Irak se instalaron sistemas de drenaje superficiales y subsuperficiales para controlar la subida de las capas freáticas y detener la salinización de los suelos. Mediante el Mapa mundial de salinidad de los suelos, la FAO colabora con varios países para comprender los factores impulsores, indicadores y métodos de clasificación de la salinidad de los suelos con objeto de preparar datos por país para la cartografía nacional de salinidad de los suelos⁹⁴.

La agricultura como víctima de la contaminación del agua

El agua de mala calidad amenaza la salud humana y ambiental, la productividad agrícola y los ecosistemas acuáticos. El uso no inocuo de las aguas residuales en la agricultura puede conducir a la acumulación de contaminantes microbiológicos y químicos en los cultivos, productos pecuarios y recursos hídricos y de suelos y, en última instancia, incidir seriamente en la salud de los consumidores de alimentos y los trabajadores agrícolas. También puede exacerbar la resistencia a los antimicrobianos. Okorogbona *et al.* (2018) establecieron que el crecimiento de cultivos hortícolas, entre ellos el del pepino, se veía afectado negativamente por aguas residuales sin

tratar y aguas subterráneas de mala calidad. Cuando las plantas de pepino eran regadas con agua de lluvia, alcanzaban el doble de altura en comparación con su tamaño anterior⁹⁵. La calidad del agua también repercute en el consumo total de agua y la sanidad general del ganado. El ganado suele tolerar agua de mala calidad, pero algunos componentes específicos (por ejemplo, sólidos disueltos) pueden afectar su crecimiento, lactancia y reproducción, causando así una pérdida económica a los productores⁹⁶. Del mismo modo, la mala calidad del agua puede afectar la producción acuícola. La eutrofización de las masas de agua procedente de la escorrentía agrícola puede impulsar inicialmente la productividad de peces. Pero, si no se la controla, causa degradación ambiental y la pérdida de estas pesquerías.

Los sedimentos orgánicos e inorgánicos suspendidos en el agua generan problemas en los sistemas de irrigación al obstruir compuertas, cabezales de los aspersores y goteros⁹². También pueden provocar corrosión o incrustaciones inducidas por el agua en tuberías y bombas, y llenar canales y zanjas, lo que da lugar a costosos problemas de dragado y mantenimiento. Además, los sedimentos tienden a reducir aún más la tasa de infiltración de agua de suelos que ya son menos permeables⁹². Los sistemas de riego que utilizan agua de fuentes con una alta concentración de sales pueden crear un problema de salinidad en la tierra de cultivo receptora si las sales acumuladas en la zona de las raíces de los cultivos llegan a niveles intolerables para las plantas.

Soluciones a la contaminación del agua producto de la agricultura

La contaminación del agua producto de la agricultura es un fenómeno complejo de múltiples dimensiones cuya gestión eficaz requiere una diversidad de respuestas. Estas deben satisfacer la demanda creciente de alimentos y, al mismo tiempo, mantener o minimizar la pérdida de contaminantes en los sistemas hídricos. Para ello se requerirá que tanto los encargados de formulación de políticas como los agricultores adopten medidas, pero estas tengan el menor costo posible para la sociedad, incluidos los costos de su cumplimiento para los agricultores y los costos de transacción relacionados con las políticas, teniendo en cuenta la equidad y consideraciones sociales⁹⁷.

^k Para una guía más exhaustiva sobre gestión de drenajes y salinidad, véase Tanji y Kielien, 2002⁹³.

Es fundamental que se adopten las mejores prácticas y tecnologías agrícolas para impedir emisiones contaminantes provenientes de las explotaciones agrícolas (por ejemplo, reduciendo la lixiviación de nitratos y fósforo)⁷⁸. Algunos ejemplos de prácticas útiles comprenden: i) métodos de conservación de suelos y agua, por ejemplo la labranza cero o mínima y otros métodos de manejo controlado de la tierra que reducen la erosión, como la construcción de bancales y la producción agroforestal; ii) telas vegetales filtrantes que impiden la escorrentía superficial a fin de restaurar los humedales y el drenaje de los campos, y iii) la plantación de zonas de amortiguamiento ribereñas que reducen la lixiviación de los nutrientes en los cursos de agua. Asimismo, se ha mostrado la efectividad de los humedales restaurados para reducir la pérdida de nitrógeno proveniente de tierras de cultivo en el agua superficial⁹⁸⁻¹⁰¹, dado que la vegetación absorbe el nitrógeno y los suelos húmedos mejoran la desnitrificación. Esto también ayuda a restaurar la biodiversidad acuática y la fauna y flora asociada a ella.

La gran cantidad de estiércol animal que se produce a nivel mundial también representa una oportunidad agronómica y económica. Revisten suma importancia la mejora de la cría de ganado y de la productividad del agua, así como de la fertilidad del suelo, y la gestión de nutrientes (cantidad, ubicación, forma y momento de aplicación de nutrientes de las plantas en el suelo)¹⁰². Las directrices de la LEAP para evaluar los flujos de nutrientes y el impacto de la eutrofización, y la acidificación de las cadenas de suministro en el sector ganadero, proporcionan un marco que puede adaptarse a los contextos nacionales¹⁰³.

Si estas prácticas y sistemas no se gestionan correctamente pueden dar lugar a la contaminación de los sistemas hídricos. Los agricultores pueden tener algunos intereses privados en minimizar la contaminación de los cursos de agua, por ejemplo, por la disponibilidad de agua potable no contaminada para el ganado; sin embargo, en general no suministran estos servicios ecosistémicos en medida suficiente. Para influir tanto en las prácticas agrícolas como territoriales pueden necesitarse reglamentaciones, instrumentos económicos, educación y sensibilización, acuerdos cooperativos e investigación e innovación⁷⁸. En China, en una campaña nacional realizada

entre 2005 y 2015 participaron en forma conjunta 65 000 agentes de extensión, 1 000 colaboradores y 130 000 empleados de empresas de agronegocios, que colaboraron con alrededor de 21 millones de agricultores para aplicar prácticas integradas de gestión de suelos y cultivos¹⁰⁴. Las mismas aumentaron el rendimiento promedio (de maíz, arroz y trigo) en alrededor del 12%, lo que generó un aumento neto de la producción de granos de 33 millones de toneladas. La aplicación de nitrógeno descendió entre el 15% y el 18%, con lo que se ahorraron 1,2 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados. La mayor producción de granos y el menor uso de fertilizantes nitrogenados sumaron el equivalente de 12 200 millones de dólares estadounidenses (USD).

Los instrumentos normativos habituales comprenden normas sobre calidad del agua, permisos de descarga de contaminantes, mejores prácticas ambientales obligatorias, restricciones en materia de prácticas agrícolas o ubicación de las explotaciones y límites para la comercialización y venta de productos peligrosos⁷⁸. Análisis recientes indican que una combinación de enfoques que combine la reglamentación con incentivos económicos e información funciona mejor que la reglamentación por sí sola^{97, 105}. Podrían fortalecerse y utilizarse más ampliamente instrumentos económicos tales como impuestos a la contaminación, subvenciones específicas, tasas y comercio de calidad del agua para lograr un control de la contaminación más eficaz en función de los costos, promover la innovación y garantizar el acceso de los hogares más pobres. Si bien su aplicación a la contaminación difusa constituye un desafío, varios enfoques innovadores pueden aportar soluciones prácticas.

El principio de que “el que contamina paga” puede ser el punto de partida para asegurar la calidad del agua. Hace que contaminar comporte un costo, de manera que o bien influye en el comportamiento para reducir la contaminación o bien genera ingresos para atenuarla y compensar los costos sociales (por ejemplo, mediante tasas por contaminación). Los problemas que plantea su aplicación son varios, entre ellos, las dificultades para identificar a los contaminadores y aplicar medidas dirigidas a ellos y para determinar estimaciones confiables de costos de contaminación¹⁰⁵. La solución depende en parte de

la cuantificación de los costos y beneficios de las reducciones de la contaminación del agua, así como de decidir quién corre con los costos y quién se beneficia.

El gobierno central tiene que desempeñar un papel crucial en la transición a una gestión más eficaz de los riesgos de contaminación difusa del agua¹⁰⁵.

Entre las recomendaciones se incluye:

- ▶ una orientación nacional general en materia de políticas y una dirección sólida respecto de las mejoras de calidad del agua, para enviar señales correctas a las autoridades locales, las partes interesadas y los inversores;
- ▶ marcos normativos y normas mínimas sobre calidad del agua que se cumplan a fin de establecer el índice de referencia para un desempeño mejor, así como innovaciones e inversiones en calidad del agua;
- ▶ un espacio para las partes interesadas (de los sectores agrícola y ambiental y usuarios de agua) y recursos de participación comunitaria para gestionar los riesgos percibidos y reales y llegar a soluciones consensuadas;
- ▶ notificación de los cambios de política y ofrecimiento de múltiples opciones para aplicar las normas mínimas a fin de allanar el camino a seguir y reducir las objeciones de las partes interesadas;
- ▶ financiación inicial del gobierno y espacio para la experimentación a fin de difundir a una amplia gama de hogares, en particular los más vulnerables, enfoques técnicos y de políticas innovadores, que reduzcan al mínimo los costos de gestión de la calidad del agua (por ejemplo, incluir proyectos piloto de reutilización de las aguas residuales). ■



NÍGER

Agricultora traspasando el agua recogida de un pozo a un cubo para regar los cultivos.

©FAO/Giulio Napolitano



CAPÍTULO 3

RESPUESTAS DE LA AGRICULTURA A LAS LIMITACIONES DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO

Mensajes principales

- ➔ La gestión innovadora del agua en las tierras de cultivo, la ganadería, la pesca continental y la acuicultura tiene una gran posibilidad de fomentar la resiliencia al cambio climático y los sistemas alimentarios sostenibles, en especial si se combina con un uso óptimo de insumos, una buena gestión de suelos y cultivos, y un entorno propicio.
- ➔ La captación y conservación del agua, combinadas con las mejores prácticas agronómicas, pueden aumentar los rendimientos de las tierras de cultivo de secano. De acuerdo con un estudio, estas prácticas podrían potenciar la producción mundial de kilocalorías en régimen de secano en hasta un 24% y, si se combinan con una expansión del riego, en más de un 40%.
- ➔ Las inversiones en la rehabilitación y modernización del riego que sean eficaces en función de los costos y sostenibles pueden aumentar la productividad del agua en las zonas regadas.
- ➔ La producción animal ofrece muchas oportunidades de aumentar la productividad del agua mediante un mejor uso de las tierras de pastoreo, piensos y agua potable adecuados, una mejor sanidad animal y la integración de los sistemas agrícolas, ganaderos y de acuicultura.
- ➔ La inversión en usos no consuntivos del agua, como la acuicultura, y en fuentes no convencionales, como la reutilización y desalinización del agua, es cada vez más importante para contrarrestar la escasez hídrica.
- ➔ El aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) empodera a los agricultores y mejora la gestión y productividad de los recursos hídricos, los ingresos, la seguridad alimentaria y la nutrición, así como la sostenibilidad ambiental.

RESPUESTAS DE LA AGRICULTURA A LAS LIMITACIONES DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO

En el Capítulo 2 se ha mostrado que muchas regiones están experimentando limitaciones graves de abastecimiento hídrico, tanto por la sequía como por el estrés hídrico. El crecimiento demográfico, los mayores ingresos, la urbanización en aumento, las modificaciones de los patrones alimentarios y el cambio climático pueden exacerbar los riesgos relacionados con el agua, que afectan a los sistemas de producción en maneras aún no evidentes. Para garantizar que la agricultura y los sistemas alimentarios satisfagan las necesidades de una población en crecimiento de una manera inclusiva y sostenible se requerirán transformaciones sumamente importantes. Estas podrían incluir cambios e innovaciones técnicas, pero también estarán muy influidas por la gobernanza, los marcos institucionales y el entorno normativo (que se tratan más a fondo en los capítulos 4 y 5). En este capítulo se examinan tecnologías y métodos de gestión que permitan abordar el déficit hídrico y la escasez de agua en la agricultura y lograr una seguridad alimentaria y nutrición sostenibles. Se evalúan opciones en diferentes sistemas de producción –tierras de cultivos de secano o de regadío, ganadería, pesca continental y acuicultura– considerando diferentes dificultades en relación con el agua. El capítulo concluye examinando la función de la acuicultura en cuanto a reducir las limitaciones del abastecimiento hídrico y garantizar un sistema alimentario sostenible. ■

RECONSIDERAR LAS VÍAS PARA SUPERAR EL DÉFICIT HÍDRICO Y LA ESCASEZ DE AGUA

Aproximadamente un sexto de la población mundial vive en zonas con un estrés hídrico muy alto o una frecuencia elevada de sequía grave, lo que amenaza el crecimiento económico, la seguridad alimentaria y la nutrición, así como los medios de vida. Estos desafíos deben abordarse junto con el cambio climático, que exacerbará el déficit hídrico y la escasez de agua y tendrá efectos negativos en la producción agrícola, en especial en las regiones tropicales y de latitudes bajas¹⁻³. Es fundamental realizar una gestión más sostenible de las zonas de regadío, pero la gestión del agua en las zonas de secano de cultivo y pastoreo también es una parte importante de la solución. Existen oportunidades para mejorar los rendimientos tanto en los sistemas de regadío como de secano y en diferentes cultivos y ubicaciones geográficas⁴⁻⁶.

Una mejor gestión de los recursos hídricos es fundamental para reducir las diferencias de rendimiento. Su adopción por parte de los agricultores dependerá, entre otras cosas, de: i) la accesibilidad al agua; ii) el riesgo hídrico; iii) el nivel de incertidumbre debido al clima cambiante; iv) los costos de otros insumos, y v) los beneficios netos de las estrategias de gestión del agua. Un acceso al agua seguro pero limitado incentiva a los agricultores a mejorar la eficiencia en el uso del agua y a reducir su uso. Cuanto mayor es el riesgo hídrico, más alentados se ven los agricultores a modificar el uso y la gestión del agua. Los cambios también pueden conllevar variaciones en otros insumos, incluidas la mano de obra y la energía. El costo y los beneficios

netos conexos influirán en última instancia en la decisión de adoptar nuevas estrategias de gestión de los recursos hídricos⁷.

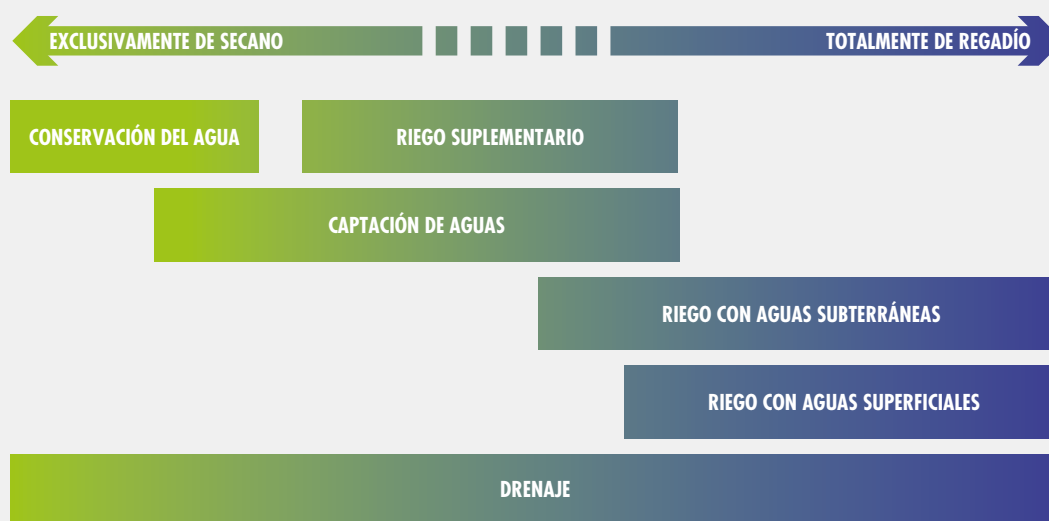
No todos los riesgos relacionados con el agua pueden ser encarados por los agricultores por sí solos o depender exclusivamente de sus decisiones. Algunos dependerán de intervenciones e iniciativas del sector público. Algunas variaciones en los rendimientos debidas a precipitaciones erráticas pueden afrontarse mediante decisiones comerciales normales en las explotaciones agrícolas, pero los riesgos relacionados con el agua vinculados a situaciones más catastróficas, que causan enormes daños, pueden requerir la intervención de los gobiernos⁸. Es posible que los agricultores no comprendan la situación actual y las tendencias futuras relativas al abastecimiento y la demanda de recursos hídricos. Las inversiones públicas en la contabilidad de los recursos hídricos, es decir, la evaluación sistemática de la situación y tendencias de estos y la difusión de sus resultados, sumada a campañas de sensibilización, son cruciales para las políticas relacionadas con el riesgo hídrico y el cambio climático y a fin de comprometer a los agricultores con un uso sostenible del agua (véase el Capítulo 4)^{9, 10}. Los gobiernos también pueden desempeñar una función importante eliminando obstáculos, como el acceso escaso a los mercados, que desalientan a los agricultores en relación con la gestión de los recursos hídricos.

En las siguientes secciones se examinan opciones técnicas y estrategias de gestión de los agricultores en la agricultura de secano y de regadío. No existe una delimitación clara entre sistemas de secano y de regadío, y la gestión de los recursos hídricos abarca un espectro de opciones, desde condiciones totalmente de secano a una agricultura por completo de

regadío, para prestar apoyo a la ganadería, el sector forestal y la pesca, e interactuar con ecosistemas importantes¹¹. En la **Figura 14** se presentan opciones de gestión de los recursos hídricos en todo el espectro de condiciones, que va desde secano total (señalado en color verde) hasta de regadío total (señalado en color azul). La gradación del verde al azul hace referencia a prácticas en las que los agricultores emplean agua tanto de precipitaciones como de riego y no dependen por completo de una de estas dos fuentes, sino que se hallan en un punto intermedio entre ambas.

La secuencia comienza por los agricultores de entornos de secano total, que recurren a la conservación del agua en las explotaciones a fin de almacenar el agua de lluvia en el suelo (véase Conservación del agua, en la **Figura 14**). A lo largo de este continuo los agricultores de zonas de secano captan agua de lluvia o gestionan la escorrentía (desde una fuente superficial o un acuífero) para complementar el riego y mejorar la producción de sus cultivos. Esta agua dulce adicional tiene otros usos en sistemas acuícolas y ganaderos integrados. (Para un examen más exhaustivo de la función de la acuicultura y los sistemas agrícolas integrados, véase la sección “Cuestiones específicas: La acuicultura en el contexto del uso sostenible del agua en los sistemas alimentarios”, pág. 91). En los sistemas regados por completo, los agricultores tienen acceso a aguas superficiales o subterráneas aseguibles (véanse los recuadros en que predomina el azul). El drenaje constituye un complemento importante a lo largo de todo el continuo. Los agricultores de entornos de secano pueden minimizar el drenaje a la capa freática aumentando la absorción de agua a través de las raíces. En los sistemas de regadío, cuando los agricultores aplican demasiada agua, el drenaje determinará la salinidad de la capa

FIGURA 14
GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA USO AGRÍCOLA EN UN ESPECTRO DE CONDICIONES QUE VA DE SECAÑO A DE REGADÍO



NOTAS: Los recuadros predominantemente verdes corresponden a prácticas de gestión de los recursos hídricos que llevan a cabo los agricultores que dependen de las precipitaciones, pero que también pueden aplicar alguna forma de riego. Los recuadros predominantemente azules hacen referencia a agricultores que aplican riego en contextos que son estrictamente de regadío, o a agricultores de zonas de secano con algún acceso al riego.

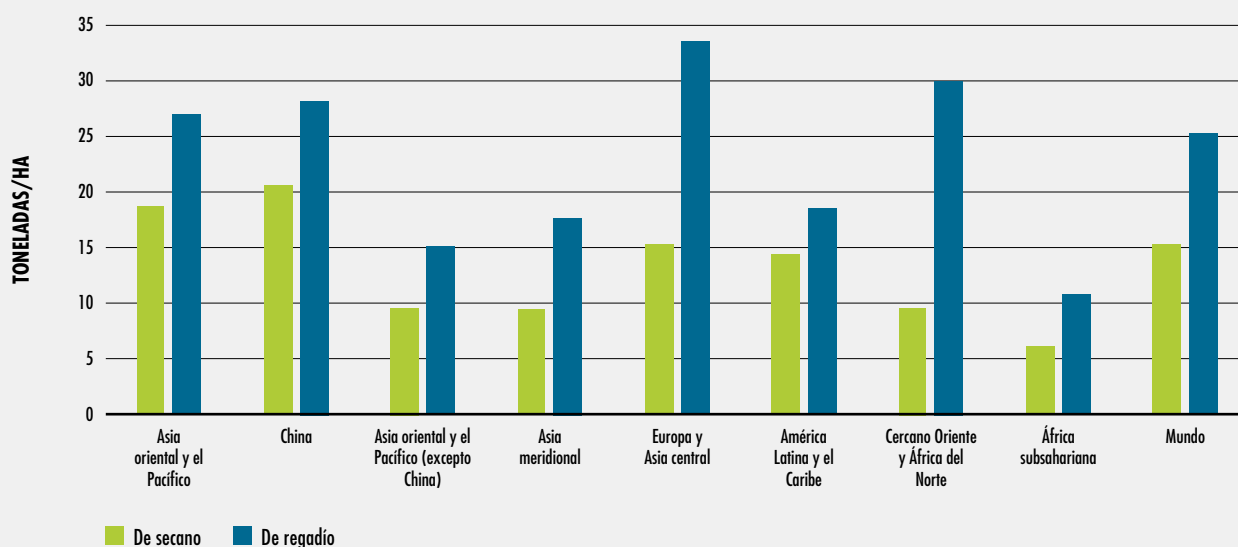
FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base del estudio *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, 2007, Figura 1.1¹¹.

freática y el suelo. (Véase la sección “Cuestiones específicas: ¿Demasiada agua? Inundaciones, encharcamiento y agricultura”, pág. 119).

Las prácticas innovadoras de gestión de los recursos hídricos deberían tener como objetivo: i) reducir el consumo de agua en la agricultura a fin de incrementar el agua disponible para otros usos, y ii) mejorar la resiliencia de los sistemas de producción frente al déficit hídrico y la escasez de agua crecientes. La gestión de los recursos hídricos debería combinarse con mejores prácticas agronómicas (variedades tolerantes a la sequía, siembra de cultivos adecuados, etc.), una mayor sostenibilidad ambiental a través de la reducción del volumen de sedimentos y de contaminantes, la mejora de la sanidad del suelo, la reducción de la superficie de escorrentía y una mayor recarga

de las aguas subterráneas poco profundas. Las inversiones deben ser viables desde el punto de vista económico, social y cultural, y exigen instituciones y gobernanza sólidas para garantizar una distribución equitativa de los beneficios, una mejor seguridad alimentaria y nutrición y medios de vida sostenibles. Los Principios para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios, aprobados por el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, pueden servir como marco para orientar a las partes interesadas en cualquier tipo de inversión agrícola¹². ■

FIGURA 15
RENDIMIENTO HORTÍCOLA POR REGIÓN, 2012



FUENTE: FAO, 2018, Cuadro S 2.1¹⁹.

APROVECHAR EL POTENCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE SECANO

La producción de secano es dominante en agricultura, ya que abarca alrededor del 80% del total de tierras de cultivo (véase la [Figura 11](#), pág. 43). Los agricultores, en particular en pequeña escala, tienen una influencia limitada sobre la cantidad y la distribución temporal del agua¹³. El principal desafío reside en gestionar la variabilidad del clima, las temperaturas y el régimen de lluvias y adaptarse a los mismos. En análisis realizados a escala mundial se estima que los fenómenos meteorológicos extremos que afectan las precipitaciones y la temperatura pueden explicar entre el 18% y el 43% de la variación de rendimientos de cultivos clave como el maíz, el arroz, la soja y el trigo¹⁴. A medida

que la escasez de agua aumenta y el crecimiento demográfico y económico se aceleran, todos los sistemas agrícolas, en especial los de secano, experimentarán presiones en favor de un uso más productivo del agua. En el Capítulo 2, además, se distinguió entre sistemas de producción de secano con bajos insumos y con altos insumos. Si bien el desafío de hacer frente a la escasez de agua se mantiene igual en ambas categorías, lo que es diferente es su capacidad para afrontarlo. Los agricultores que emplean sistemas con altos insumos pueden invertir más fácilmente en sistemas de gestión del agua y prácticas agronómicas mejores con objeto de garantizar el uso más eficiente de las precipitaciones escasas.

Los rendimientos de la agricultura de secano son menores que los de las zonas de regadío (véase la [Figura 15](#)) y a escala mundial y regional persisten diferencias sustanciales de rendimientos^{5, 15}. Es de prever que esas diferencias reflejen en gran medida la

clasificación de sistemas con bajos insumos y altos insumos. Existe una gran oportunidad para incrementar los rendimientos en África, partes de Asia y Europa sudoccidental, en donde las diferencias se deben en gran medida a una combinación de escasez de agua y de nutrientes^{5, 15, 16}. En regiones templadas, como América septentrional y Europa occidental, donde una cantidad sustancial de tierra se cultiva en régimen de secano y, en gran parte, con altos insumos (véase la [Figura 11](#), pág. 43), los rendimientos de los cereales suelen exceder las 6 toneladas por hectárea, en comparación con un promedio mundial de 4 toneladas por hectárea¹⁷. En Europa central y occidental el riego suplementario mantiene los rendimientos en los veranos secos¹⁸. Los rendimientos en Europa oriental siguen siendo más bajos, lo que indica que la explotación del amplio potencial de la región dependerá de una nueva gestión del agua para uso agrícola y del cambio tecnológico.

Mientras que algunos países de zonas tropicales a menudo exceden las 5 toneladas por hectárea de cereales, otros no superan las 2 toneladas por hectárea. Esto indica que las limitaciones biofísicas que causan bajos rendimientos en las explotaciones agrícolas de secano, en particular en países tropicales de ingresos bajos, pueden superarse mediante, entre otras cosas, una gestión de los recursos hídricos adecuada, combinada con las mejores prácticas agronómicas.

Hacer el mejor uso de las precipitaciones para aumentar la productividad de los cultivos de secano

En términos generales, existen dos estrategias para incrementar los rendimientos en la agricultura de secano: i) recoger o captar más agua, infiltrándola en la zona de las raíces, y ii) conservar el agua aumentando la capacidad de absorción de las plantas o reduciendo la evaporación de la zona de las raíces y las pérdidas por drenaje. En cambio, en los lugares donde el problema es el exceso de agua, las estrategias se centran en prácticas destinadas a desviarla. En la [Figura 16](#) se presentan las opciones, que se describen a lo largo de un continuo que va de la producción que depende

totalmente de las precipitaciones a situaciones en las que los agricultores utilizan parcialmente riego suplementario.

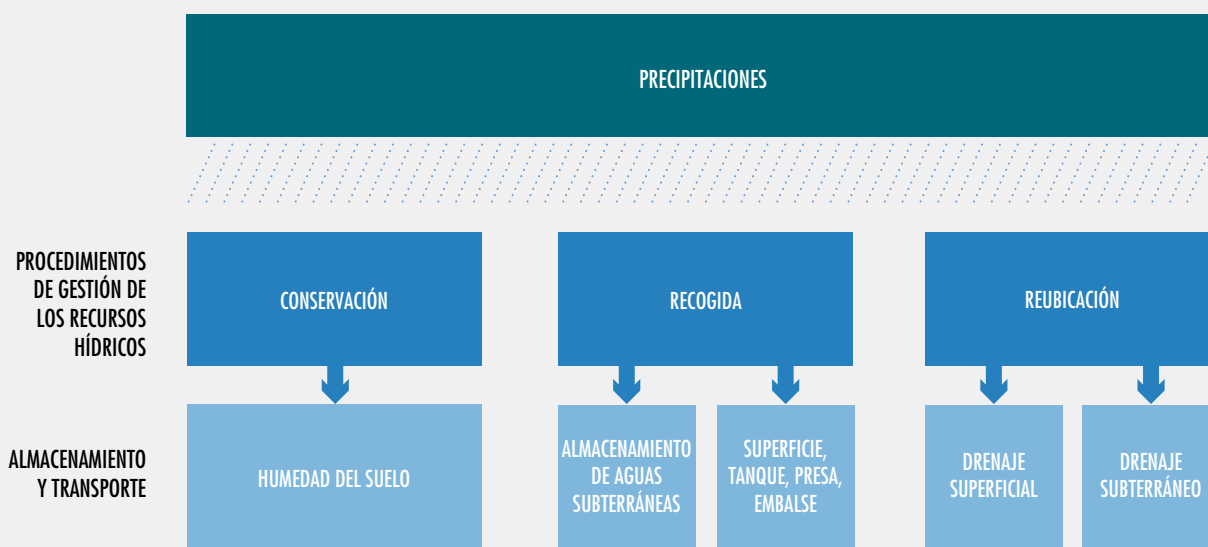
Las tecnologías de conservación del agua (primer recuadro a la izquierda en la [Figura 16](#)), que controlan el agua disponible para un cultivo al incidir en el contenido de agua en la zona de las raíces, son fundamentales para lograr el mejor aprovechamiento posible del agua de lluvia. La construcción de bancales, la agroforestería, el cultivo en curvas de nivel y la agricultura de conservación pueden modificar y mejorar el contenido de agua en el suelo a fin de retener la humedad y prevenir la erosión²¹. La cobertura del suelo con materia orgánica —una capa de residuos vegetales o de otros materiales orgánicos esparcida de manera natural o artificial sobre la superficie del suelo— también puede reducir al mínimo la evaporación. Como los residuos se pudren con el tiempo, aumentan la capacidad de retención de agua del suelo y, con ello, mejoran la eficiencia²². La cobertura del suelo con materia orgánica también aporta nutrientes a los suelos y restringe el crecimiento de malezas al bloquear la penetración de la luz en la superficie del suelo, contribuyendo así a un uso más eficaz del agua^{22, 23}.

La captación de agua consiste en recoger agua de lluvia o escorrentía (véase el recuadro de la [Figura 16](#) correspondiente a la captación de aguas) que puede desviarse directamente, esparcirse en los campos o recogerse y almacenarse¹. Una captación de agua eficaz, combinada con las mejores prácticas agronómicas, puede impulsar los rendimientos de los cultivos, en especial en las temporadas de precipitaciones bajas^{25, 26}. Combinada con estanques en pequeña escala en las explotaciones, la captación de agua también puede integrar la producción de pescado, el agua para dar a beber al ganado y la producción de cultivos. Estas medidas aportan una mayor resiliencia al clima y ofrecen mayores ingresos a los pequeños agricultores²⁷⁻²⁹.

Suele hacerse una distinción entre captación de agua *in situ*, que hace referencia a la captación de precipitaciones locales en tierras agrícolas,

¹ Para un panorama general de las buenas prácticas demostradas en cuanto a la captación de agua en todo el mundo, véase Liniger y Studer, 2013²⁴.

FIGURA 16
PRINCIPALES PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA DE SECANO



FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de Barron, 2020²⁰.

y captación de agua *ex situ*, que es la captación de agua de lluvia fuera de la explotación. La captación de agua *ex situ* utiliza el agua para mitigar los períodos secos, proteger los manantiales, recargar las aguas subterráneas, habilitar el riego fuera de temporada y permitir usos múltiples²¹. Estas prácticas comprenden microembalses de superficie, tanques subsuperficiales, estanques y estructuras para el desvío y la recarga. En general manejan estos sistemas las comunidades o los agricultores individuales, que necesitan información, capacitación y sensibilización para poner en práctica y mantener estas prácticas de manera adecuada²⁴. Por ejemplo, en Tigray, una región con limitaciones de abastecimiento hídrico del norte de Etiopía, el Gobierno ha priorizado diferentes sistemas *ex situ*, la mayoría de los cuales están a cargo de agricultores individuales. Estos han permitido aumentar la productividad de los cultivos y la ganadería, la diversificación de los cultivos y el acceso a puntos de aguada³⁰.

Sin embargo, los resultados dependen de la participación de agricultores y partes interesadas en la planificación, la ejecución y la utilización³¹. En el Sahel, la FAO está poniendo en práctica el programa “Un millón de cisternas” con objeto de fomentar sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en comunidades vulnerables³². El objetivo es permitir que millones de pobladores del Sahel, especialmente mujeres, tengan acceso a agua potable inocua, aumenten su producción agrícola, mejoren su seguridad alimentaria y nutrición y fortalezcan su resiliencia.

El agua recogida mediante la captación puede aplicarse luego como riego suplementario cuando las precipitaciones son escasas (véase el Recuadro 9). La captación de agua *in situ* comprende diferentes tecnologías —microcuencas hidrográficas, lomos, lechos anchos y surcos— y opciones de gestión tales como la labranza o la adición de materia orgánica.

RECUADRO 9 FUNCIÓN DEL RIEGO SUPLEMENTARIO EN LA PRODUCTIVIDAD Y SISTEMAS DE SECANO RESILIENTES

Cuando las precipitaciones son insuficientes, el riego suplementario aporta humedad esencial al suelo y, con ello, aumenta la productividad del agua^{21, 33}. Si se aplicara riego suplementario a todas las tierras de cultivo de secano, la producción mundial de cereales podría aumentarse en un 35%; África y Asia son los continentes donde existen mayores posibilidades de aplicar este tipo de riego³⁴. Incluso el riego suplementario relativamente reducido puede dar lugar a aumentos sustanciales en los rendimientos de los cultivos. Un ejemplo de la República Árabe Siria muestra aumentos de rendimientos de hasta un 400%³⁵.

En el estado de Bengala occidental (India), con pequeños estanques de almacenamiento de agua de lluvia para riego suplementario se duplicaron los rendimientos

de la mostaza y se incrementaron los de los arrozales en un 20%³⁶. Asimismo, los ingresos de los agricultores se incrementaron en un 34%. Una mayor cantidad de agricultores está considerando cultivar una variedad de hortalizas sumamente rentables en la estación seca. Este enfoque también liberó más agua para la horticultura, la ganadería, la cría de peces y usos domésticos.

En Zimbabwe, el riego suplementario reduce el riesgo de fracaso total de las cosechas, que pasó del 20% al 7%, y aumenta la productividad del agua en casi un tercio, en particular cuando se lo combina con nitrógeno orgánico³⁷. De modo que, a pesar de que todavía no se lo utiliza suficientemente, el riego suplementario es una estrategia clave para liberar el potencial de rendimiento de los cultivos de secano y productividad del agua²¹.

Puede resultar sumamente eficaz combinar la conservación y la captación de agua. Rost *et al.* (2009) estiman que un 25% de reducción de la evaporación y un 25% de recogida de escorrentía podrían aumentar la producción de cultivos en un 19%³⁸. Jägermeyr *et al.* (2016) demostraron que la conservación de la humedad del suelo por sí sola podría impulsar la producción mundial de kilocalorías en contextos de secano de un 3 a un 14%³⁹. Asimismo, los autores concluyeron que una combinación de captación de agua *in situ* y *ex situ* podría aumentar aún más la producción de kilocalorías: de un 7% a un 24%. En la hipótesis más ambiciosa (todas las medidas combinadas, incluida la expansión del riego), esto podría aumentar la producción mundial de kilocalorías de los cultivos en un 41%.

El acceso a una gestión del agua de lluvia eficaz en función de los costos y a tecnologías de riego suplementario puede otorgar a los agricultores con parcelas de secano la seguridad de invertir en fertilizantes y variedades de alto rendimiento. Además de la gestión de los recursos hídricos, el rendimiento de un cultivo es el resultado de sus atributos inherentes (es decir, mejoramiento genético, como en el caso de las variedades mejoradas) y de las prácticas agronómicas, incluidos los diversos insumos aportados. Sin prácticas agronómicas, la captación de agua *in situ* y la conservación del suelo y el

agua pueden generar, en el mejor de los casos, un aumento marginal del rendimiento de los cultivos^{40, 41}.

La reubicación del agua también complementa de manera importante la captación y conservación de agua (último recuadro, a la derecha, en la Figura 16). Los agricultores combinan la captación y conservación con el drenaje a fin de evitar inundaciones durante la temporada de precipitaciones cuantiosas; los sistemas de bancales también pueden funcionar como estructuras de drenaje de las tierras de cultivo con pendientes.

Alrededor del 20% de las tierras de cultivo a escala mundial son adecuadas para la captación de agua, así como para la conservación del suelo y el agua, con puntos críticos en grandes porciones de África oriental y Asia sudoriental⁴². La captación de agua en estas superficies de tierras de cultivo puede incrementar la producción entre un 60% y un 100%. Estas prácticas pueden reducir los flujos de agua superficial y subterránea; por lo tanto, antes de aplicarlas debería llevarse a cabo la contabilidad de los recursos hídricos. En muchas zonas de secano hace decenios que se ponen en práctica iniciativas para el logro de una producción de secano sostenible. En Etiopía, desde hace más de 40 años se destinan a la conservación del

CUADRO 2
PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DEL AGUA A ESCALA MUNDIAL PARA DETERMINADAS CATEGORÍAS DE ALIMENTOS

Categoría de alimento	Productividad del agua			
	Masa (kg/m ³) ⁱ	Calorías (kcal/m ³) ⁱⁱ	Proteínas (g/m ³) ⁱⁱ	Valor económico (USD/m ³) ⁱⁱⁱ
Cultivos de azúcar	5,49	1 566	0,0	0,141
Hortalizas	4,22	1 013	50,6	1,173
Raíces feculentas	2,92	2 411	37,9	0,445
Frutas	1,15	527	6,1	0,433
Cereales	0,68	2 197	54,8	0,113
Semillas oleaginosas	0,45	1 296	65,1	0,103
Legumbres	0,30	1 027	64,7	0,106
Nueces	0,12	298	7,8	0,179

ⁱ Valores para productos agrícolas derivados de la huella media mundial de agua azul y verde, según Mekonnen y Hoekstra, 2011⁴⁵. Productividad física del agua expresada sobre la base del peso, que contiene humedad. Todos los productos son productos primarios (por ejemplo, los cultivos de azúcar comprenden la caña de azúcar y la remolacha azucarera, pero excluyen los productos elaborados, como el azúcar sin refinar y refinada). Estos datos se promediaron para el período 1996-2005.

ⁱⁱ Calculado a partir de la productividad del agua y el contenido nutricional de los artículos alimentarios.

ⁱⁱⁱ Calculado a partir de la productividad del agua y el precio al productor del producto. El contenido nutricional y el precio al productor son datos proporcionados por FAOSTAT¹⁷.
 FUENTE: Mekonnen y Neale, 2020⁵⁰.

suelo y el agua inversiones del sector público, contribuciones en especie de los agricultores a través de mano de obra, y aportaciones para el desarrollo de fuentes internacionales. Como resultado de esto, aproximadamente un 20% de las tierras de cultivo del país utilizan bancales⁴³. No se conoce la extensión de tierras de cultivo en las que se llevan a cabo prácticas de gestión mejoradas a escala local y mundial. También son escasos los datos a escala mundial relativos a las superficies con equipamiento para el drenaje superficial y subterráneo. ■

COMPRENDER LA HETEROGENEIDAD DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO

El riego es importante para adaptarse al cambio climático y para aumentar la productividad de tierras y aguas. Las superficies regadas ocupan solo el 20% de las tierras de cultivo totales (véase la Figura 11, pág. 43), pero generan más del 40%

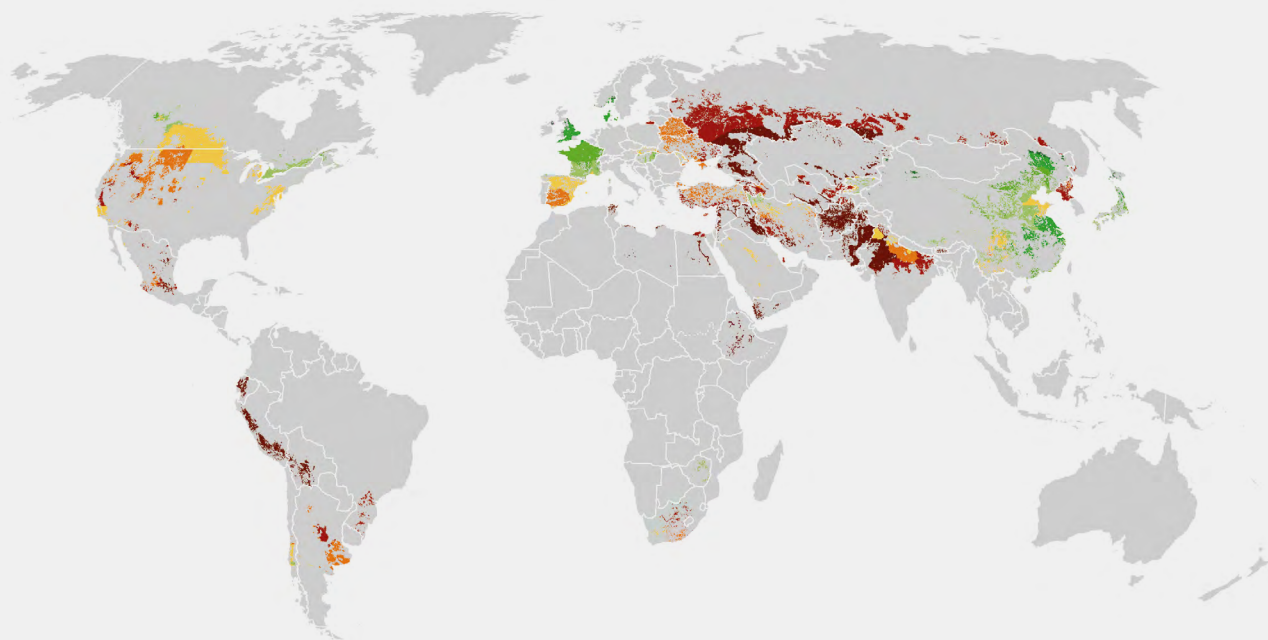
de la producción total en términos de valor⁴⁴. En algunas zonas, el riego contribuye a más de la mitad del valor de la producción agrícola. Esto es el resultado de una mayor productividad de las zonas de regadío en comparación con la agricultura de secano, así como de rendimientos mayores y más estables con cultivos más intensivos y de la siembra de cultivos de mayor valor⁴⁴. Las oportunidades de aumentar la eficiencia y la productividad de tierras y aguas son considerables. El problema reside en cómo mejorar el rendimiento sin poner en peligro la sostenibilidad.

Aumentar la productividad del agua en la agricultura de regadío

Hacer un uso más productivo del agua de riego puede dar lugar a más cultivos con menos agua, ya sea aumentando el rendimiento de los mismos, reduciendo la evapotranspiración estacional o logrando una combinación de ambos. En el mundo existe una gran disparidad entre cultivos en cuanto a la productividad del agua (véase el Cuadro 2), lo que refleja una gran variación en cuanto a rendimientos, resultados nutricionales y USD por litro de agua consumida. En la Figura 17 »

FIGURA 17
PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA EN CULTIVOS DE REGADÍO SELECCIONADOS, POR REGIÓN

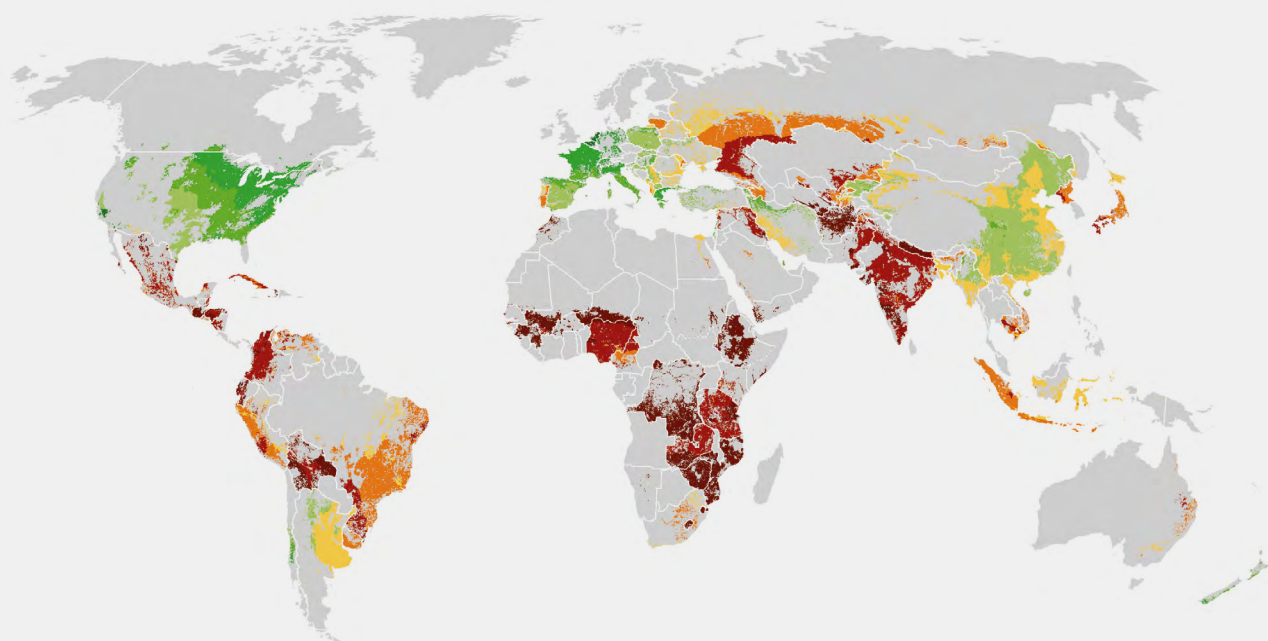
A. CEBADA



Productividad económica del agua (USD/m³)

■ ≤ 0,05
 ■ 0,05-0,075
 ■ 0,075-0,1
 ■ 0,10-0,15
 ■ 0,15-0,2
 ■ 0,2-0,25
 ■ 0,25-0,35
 ■ > 0,35

B. MAÍZ

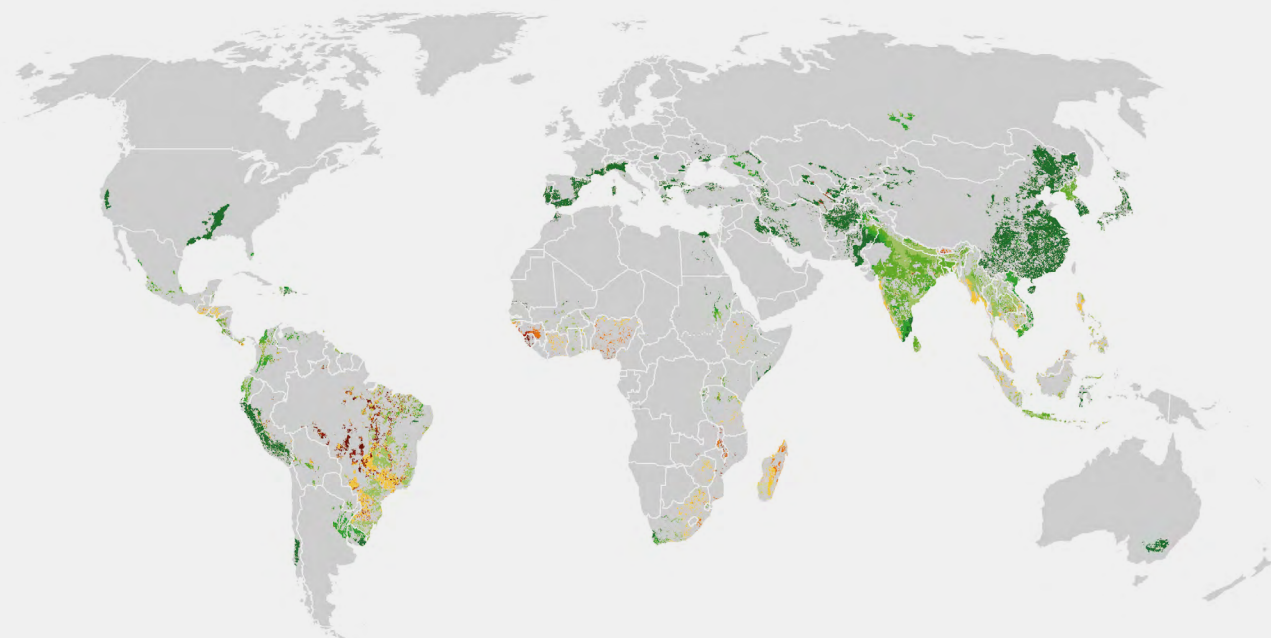


Productividad económica del agua (USD/m³)

■ ≤ 0,05
 ■ 0,05-0,075
 ■ 0,075-0,1
 ■ 0,10-0,15
 ■ 0,15-0,2
 ■ 0,2-0,25
 ■ 0,25-0,35
 ■ > 0,35

FIGURA 17
(CONTINUACIÓN)

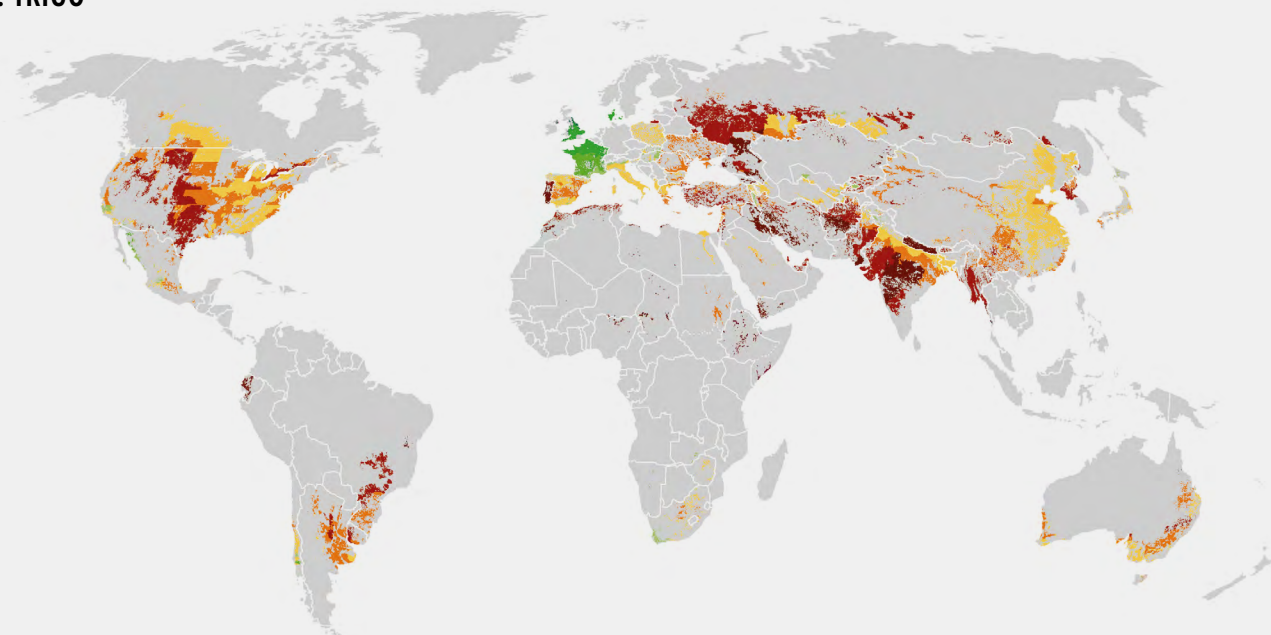
C. ARROZ



Productividad económica del agua (USD/m³)

■ ≤ 0,05 ■ 0,05-0,075 ■ 0,075-0,1 ■ 0,10-0,15 ■ 0,15-0,2 ■ 0,2-0,25 ■ 0,25-0,35 ■ > 0,35

D. TRIGO



Productividad económica del agua (USD/m³)

■ ≤ 0,05 ■ 0,05-0,075 ■ 0,075-0,1 ■ 0,10-0,15 ■ 0,15-0,2 ■ 0,2-0,25 ■ 0,25-0,35 ■ > 0,35

NOTAS: La productividad económica del agua se define como el valor en USD de los cultivos por unidad de agua consumida (evapotranspiración total durante la temporada de crecimiento del cultivo). Los valores se convirtieron de productividad física del agua (kg/m³) a productividad económica del agua (USD/m³) usando el precio promedio mundial de cada cultivo, según FAOSTAT¹⁷. Se calculó el promedio de los datos para el período 1996-2005.

FUENTE: Mekonnen y Neale, 2020⁵⁰ sobre la base de Mekonnen y Hoekstra, 2011⁴⁵.

» se muestra la productividad económica del agua en los cereales de regadío: las zonas de color verde indican mayor productividad, con menos agua por unidad de valor, en tanto que las coloreadas del amarillo al rojo representan una productividad baja.

El agua forma parte de una variedad de insumos necesarios para obtener un producto, y algunas zonas agroecológicas se adaptan mejor a ciertos cultivos que a otros. En el caso del trigo, el cultivo de la **Figura 17** que más agua consume⁴⁵, en casi todas las regiones se indica una baja productividad económica del agua. La única excepción son algunas partes de Europa donde el trigo representa la mitad del total de la producción de cereales en términos de valor¹⁷. La cebada sigue un modelo similar: a excepción de Europa y algunas partes de China, las zonas de color rojo en otras regiones indican baja productividad. En el caso del maíz, los países de ingresos altos de América septentrional y Europa tienen una productividad elevada, en tanto que países de ingresos bajos y de ingresos bajos y medios del África subsahariana, América del Sur y Asia registran una menor productividad del agua. Esto es motivo de preocupación en África, donde la inseguridad alimentaria y la malnutrición son sustancialmente mayores⁴⁶ y el maíz representa más de un tercio de la producción total de cereales en términos de valor¹⁷. En lo que respecta al arroz se observa un patrón diferente, dado que América del Sur y Asia son continentes tan productivos como partes de América septentrional y Europa. En Asia, el arroz representa casi dos tercios de la producción total de cereales¹⁷ y es crucial para los medios de vida de millones de agricultores en pequeña escala.

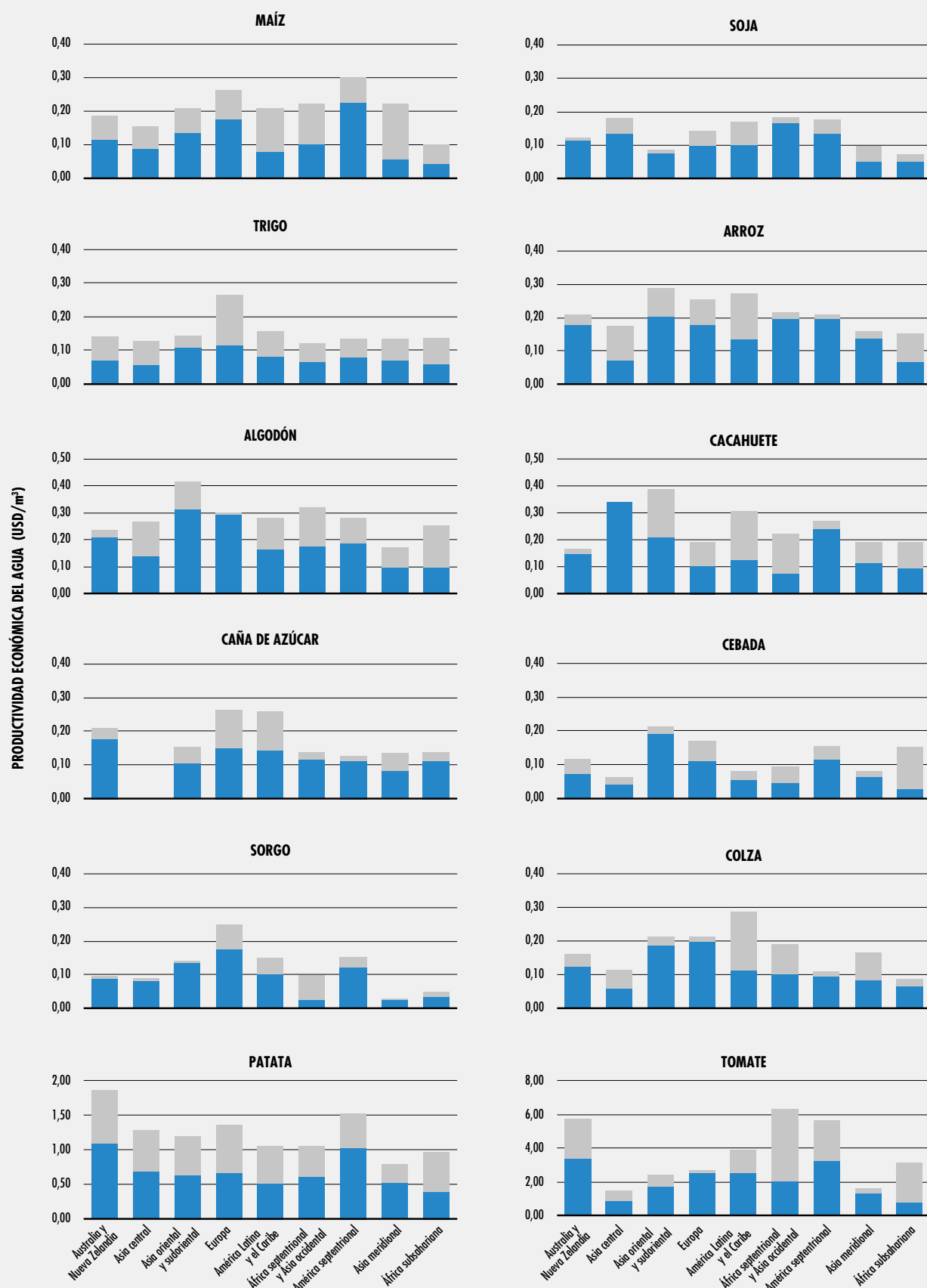
Un mejor acceso a insumos, riego eficiente, mejores variedades de cultivos y una mejor gestión del suelo y el agua pueden explicar una productividad del agua más elevada en la mayoría de los cultivos de los países de ingresos altos de América septentrional y Europa occidental. Por otra parte, los agricultores del África subsahariana, que trabajan en condiciones de suelos pobres y mala gestión de los recursos hídricos, pueden tener un acceso limitado a variedades de cultivos de alto rendimiento, fertilizantes, plaguicidas, mecanización y mercados. La variabilidad en

la productividad del agua para cultivos dentro de regiones y países se debe a una serie de factores, entre ellos: i) condiciones relacionadas con el clima como la evaporación, la cantidad de precipitaciones o agua de riego y el momento en que se reciben, así como la temperatura del aire; ii) las propiedades, textura y contenido de materia orgánica del suelo; iii) los cultivares empleados, dado que las distintas variedades y cultivares de cultivos tienen rendimientos y necesidades hídricas diferentes; iv) las prácticas de gestión del suelo y del agua, que influyen en la cantidad de agua disponible en el suelo o en la capacidad de las raíces para extraerla y reducir la evapotranspiración del suelo, y v) otras prácticas agronómicas, como el momento de la siembra o plantación y la aplicación de fertilizantes⁴⁷⁻⁴⁹.

A pesar de las mejoras considerables en la productividad del agua, siguen existiendo diferencias entre el rendimiento real y el alcanzable por unidad de agua. En la **Figura 18** se presentan la productividad del agua (en azul) y las brechas en la productividad (en gris), en términos económicos, de cultivos de regadío por región. América septentrional, Australia y Nueva Zelanda, y Europa tienen las menores brechas en la productividad del agua, en tanto que el África septentrional, el África subsahariana, América Latina y el Caribe, y Asia occidental presentan las brechas de productividad más grandes en la mayoría de los cultivos. Si bien la eliminación de las diferencias de rendimientos puede fomentar la seguridad alimentaria y la nutrición en la mayoría de los países, en algunos puede tener más relevancia que en otros⁵¹. Los agricultores y encargados de formular políticas pueden dar prioridad a aquellos cultivos que probablemente ofrezcan mayores beneficios económicos.

Por ejemplo, Europa presenta una de las brechas de productividad del agua más importantes para el sorgo y el trigo, en parte como consecuencia del cambio climático⁵². Si bien el trigo representa la mitad de la producción de cereales en términos de valor, la producción de sorgo es insignificante¹⁷. Por otra parte, en el África subsahariana, las brechas más grandes en materia de productividad del agua se registran en la cebada y el trigo, en tanto que la del sorgo es más pequeña en comparación con otras regiones. El sorgo y el trigo representan casi un tercio de

FIGURA 18
PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA REAL DEL AGUA Y BRECHAS DE PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN
CULTIVOS DE REGADÍO SELECCIONADOS, POR REGIÓN



NOTAS: La porción azul muestra la productividad económica efectiva del agua y la porción gris, la brecha en la productividad del agua. Las brechas en la productividad se estimaron por cultivo y por región, calculándose como la diferencia entre los datos de referencia sobre productividad del agua establecidos en condiciones de ausencia de estrés hídrico. Los datos se promediaron para el período 1996-2005.

FUENTE: Mekonnen y Neale, 2020⁵⁰ sobre la base de Mekonnen y Hoekstra, 2011⁴⁵.

la producción de cereales de África en términos de valor, en tanto que la cebada alcanza el 3%. Estos datos indican que la eliminación de las brechas en la productividad del agua en el caso del trigo en Europa y el África subsahariana podría aportar mayores beneficios económicos y mejorar la seguridad y la nutrición, especialmente en esta última región. Deben considerarse los costos de eliminar esas brechas, en particular en el caso del trigo en Europa, donde la productividad del agua es ya muy alta en comparación con la de otras regiones.

Riego diferente en contextos diferentes

No existe un único sistema de riego que sea el mejor en todas las situaciones, de manera que, cuando deben decidir al respecto, los agricultores suelen considerar varios factores: el suelo, el agua y las condiciones climáticas; los tipos de cultivos; las posibilidades de financiación; los precios y las fuentes de energía; la mano de obra; la eficiencia en la aplicación; la economía de escala y la profundidad desde la que se bombea el agua, entre otros⁵³. Los tres principales métodos de riego son el riego superficial, el riego por aspersión y el microrriego (por ejemplo, por goteo). En el riego superficial, el agua fluye sobre el suelo por gravedad. En el riego por aspersión se usan aspersores o se pulverizan gotas de agua. El microrriego consiste en pequeñas aplicaciones frecuentes por goteo, burbujeo o pulverización y, por lo general, solo moja una parte del suelo⁵⁴. Un cuarto método es el riego subterráneo, en el que se aplica agua debajo de la superficie del suelo para elevar la capa freática en el lugar donde se encuentra la raíz de la planta o cerca de la misma⁵⁴. En el Cuadro 3 se muestran algunas ventajas y desventajas de los distintos sistemas de riego.

Las decisiones de los agricultores relativas a las inversiones en riego dependen de los costos conexos. Los estudios sobre dichos costos y beneficios pueden ser útiles. En Texas (Estados Unidos de América), Amosson *et al.* (2011) estudiaron cinco sistemas de riego comunes de Texas⁵³ y descubrieron que el riego por surcos requiere menos capital que otros sistemas, pero es menos eficiente y su coeficiente de mano de obra es más elevado. Los sistemas de pivote central (denominados sistemas de aspersores móviles

en el Cuadro 3) son más eficientes y reducen las operaciones sobre el terreno para compensar los costos adicionales. La aplicación de baja energía y precisión es un tipo de riego por pivote central que genera mayores beneficios. En la mayoría de los cultivos, debido a la gran inversión y los pequeños aumentos de eficiencia que proporciona, el riego por goteo subterráneo puede limitarse a la tierra en la que no es posible instalar pivotes.

En el África subsahariana, donde a menudo los proyectos de riego en gran escala obtienen resultados deficientes en relación con las inversiones realizadas, los pequeños agricultores desarrollan y amplían sus propias tierras de regadío⁵⁵. Los sistemas de riego en pequeña escala a cargo de los agricultores pueden tener costos unitarios menores que los administrados por organismos gubernamentales^{56, 57} y ofrecer tasas internas de rendimiento mucho mayores (del 28%) que las del riego en gran escala basado en presas (del 7%)⁵⁸. También mejoran los rendimientos e ingresos y reducen los riesgos debidos a la variabilidad del clima (véase el Recuadro 10). Los gobiernos deberían prestar apoyo a esas iniciativas disponiendo, entre otras medidas, la eliminación de los obstáculos a los mercados y el fomento de servicios crediticios adecuados con objeto de permitir que los pequeños agricultores adhieran a la iniciativa. También deberían aprobar reglamentaciones para garantizar que esas iniciativas sean sostenibles desde el punto de vista ambiental⁵⁵.

En Asia, los perímetros de riego en gran escala con financiación estatal están disminuyendo debido a diferentes motivos, entre ellos el mantenimiento deficiente por parte de los gobiernos. Muchos no se establecieron de una forma que atendiera adecuadamente las necesidades de los agricultores y no han logrado aportar agua suficiente a los cultivos⁵⁹. Los esfuerzos para rehabilitarlos están limitados por la mala prestación del servicio y la falta de una gestión eficaz. Como resultado, los agricultores explotan directamente las aguas subterráneas. Si bien esto ayudó a impulsar aumentos de eficiencia y productividad de los agricultores, también significó una presión excesiva sobre las aguas subterráneas⁶⁰. Para hacer frente a este problema será necesario modernizar los viejos perímetros de riego y se

CUADRO 3
VENTAJAS Y DEFICIENCIAS HABITUALES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Tipo de sistema	Descripción resumida	Ventajas	Deficiencias
Riego superficial			
Surcos	El agua circula por pequeños canales pendiente abajo entre los surcos de los cultivos ⁶¹ .	Costos de capital y mantenimiento bajos; el agua fluye por pequeños canales.	Mucha mano de obra; menos control del agua; erosión del suelo; posibles pérdidas por escorrentía y percolación.
Cuenca	El agua se aplica en un campo prácticamente plano en el que puede estancarse durante bastante tiempo.	Eficiente con un buen diseño; requiere menos mano de obra que los surcos.	Agua estancada; los campos con pendiente deben nivelarse.
Tablares	El agua fluye entre diques que dividen un campo con pendientes en fajas rectangulares con un drenaje libre al final.	Menos mano de obra y menos escorrentía que en el caso de los surcos; manejo más sencillo de la profundidad de infiltración.	El agua fluye por toda la superficie del suelo.
Riego por aspersión			
Fijo	Se aplican cantidades frecuentes y pequeñas de agua para satisfacer las necesidades de las plantas.	Buen control del agua; posibilidades de automatizar y regar frecuentemente; se adapta a campos irregulares.	Gran costo de capital; el sistema puede interferir con las operaciones sobre el terreno.
Trasladable	El agua se aplica lentamente durante el ciclo de riego. Una vez finalizado, el sistema es trasladado a una zona adyacente para un nuevo ciclo.	Menores costos de capital que otros sistemas de riego con aspersores.	Más mano de obra que en otros sistemas con aspersores; poco uniforme en condiciones de mucho viento; mayor profundidad de la aplicación.
Móvil ⁱ	El agua se aplica mientras el sistema se desplaza lentamente por el campo.	Muy buena uniformidad; poca mano de obra.	Costos elevados de capital y mantenimiento; no adecuado para campos irregulares; posibles pérdidas por viento y evaporación.
Sistemas de microrriego			
Riego superficial por goteo	El agua es transportada a los campos por presión a través de tuberías; gotea lentamente sobre el suelo a través de goteadores ubicados cerca de las plantas ⁶² .	Excelente control del agua; es posible realizar aplicaciones frecuentes.	Costo de capital elevado; requiere agua limpia o tratamiento y filtrado.
Riego subterráneo por goteo	El agua se aplica a través de tubos de goteo enterrados o de una cinta ubicada en las raíces de las plantas o debajo de las mismas ⁶³ .	La aplicación del agua es sumamente eficiente y uniforme; evaporación reducida del agua superficial y menor incidencia de malezas y enfermedades ⁶⁴ .	Mayores costos de capital que en los sistemas por surcos; requiere controles periódicos y un mantenimiento cuidadoso.

ⁱ Incluye sistemas de pivote central, movimiento lineal y de precisión con bajo consumo de energía.

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de Bjorneberg, 2013⁵⁴.

requerirán políticas, inversiones e intervenciones coherentes, eficaces y viables.

Una práctica agronómica que influye de manera positiva en la productividad hídrica es

el riego deficitario, que asegura la utilización óptima del agua. El riego deficitario (o déficit regulado) es una manera de maximizar la productividad del agua⁶⁵. Se expone el cultivo a un nivel de estrés hídrico a lo largo de una

RECUADRO 10 RIEGO IMPULSADO POR LOS AGRICULTORES: PRUEBAS DE ESTUDIOS SOBRE EL ÁFRICA SUBSAHARIANA

En el África subsahariana, solo un 3% de la tierra cultivable es de regadío (véase la [Figura 11](#), pág. 43) y los sistemas de irrigación en pequeña escala impulsados por los agricultores se encuentran en rápida expansión. Los agricultores invierten sus propios recursos y acceden al agua de capas subterráneas poco profundas, ríos, lagos y embalses. Se trata de una opción atractiva para los pequeños agricultores, porque usan equipamiento simple y asequible, como cubetas, regaderas, bombas de pedal, sistemas de goteo, y tecnologías de la agricultura de conservación, como bancales y captación de agua de lluvia *in situ*. Más del 80% de los agricultores que usan riego emplea sistemas de elevación y riego manuales, con cubetas y bidones, aunque está en aumento la demanda de opciones más mecanizadas.

En Burkina Faso, 170 000 agricultores, en su mayoría en pequeña escala, riegan 10 000 hectáreas de cultivos hortícolas usando cubetas, regaderas y

pequeñas bombas motorizadas. Triplicaron la producción de hortalizas entre 1996 y 2005 y aumentaron en 200 USD a 600 USD sus ingresos en la estación seca. En Ghana, hay 185 000 hectáreas bajo riego en pequeña escala, en las que principalmente se cultivan hortalizas en la estación seca, lo que beneficia a medio millón de pequeños agricultores. Con esto agregan entre 175 y 840 USD anuales a los ingresos de sus hogares. En la República Unida de Tanzania, más de 700 000 agricultores extraen agua de ríos y pozos usando cubetas y bidones para regar hortalizas en una superficie de 150 000 hectáreas. La mitad del dinero en efectivo que obtienen los pequeños agricultores en la estación seca proviene de hortalizas de regadío. En Zambia, hay 90 000 hectáreas de regadío privado y el 20% de los pequeños agricultores que cultivan hortalizas en la estación seca gana un 35% más que los que solo dependen de las precipitaciones.

FUENTE: Giordano *et al.*, 2012³⁶.

parte de la temporada de crecimiento o de toda ella. Cualquier reducción del rendimiento será insignificante en comparación con los beneficios de desviar el agua que se ahorra hacia otros cultivos⁶⁶. Varios estudios demuestran ahorros de agua mayores en los árboles frutales, en comparación con los cultivos herbáceos, en los que casi siempre los rendimientos se ven penalizados. Entre otros cultivos, el algodón y el grano de sorgo son adecuados para el riego deficitario⁶⁶. Otras ventajas del riego deficitario comprenden la reducción de las enfermedades fúngicas y las pérdidas de nutrientes, fechas de siembra controladas y una mejor planificación agronómica⁶⁷. Dado que las respuestas de los cultivos al estrés hídrico varían considerablemente, el riego deficitario requiere conocimientos precisos sobre el contenido de agua y sales en el suelo y el comportamiento de los cultivos⁶⁵⁻⁶⁸.

Invertir en el riego sostenible para mejorar los medios de vida y el medio ambiente

Tradicionalmente se ha supuesto que el aumento de la eficiencia del riego mediante el uso de tecnologías modernas, como el riego por goteo, redundaría en ahorros sustanciales de agua, que quedaría libre para otros usos⁶⁶. Si bien a escala de los establecimientos agropecuarios los beneficios pueden ser sustanciales, cuando se considera adecuadamente a escala de una cuenca se observa que el consumo total de agua para riego tiende a aumentar, con lo que se reducen los flujos hacia otros usuarios, incluido el medio ambiente. Con una mayor eficiencia del riego, gran parte del agua que antes se “derrochaba” debido al riego ineficiente vuelve al sistema a través de la recarga de las aguas subterráneas, ríos y redes de drenaje, y suele reutilizarse para riego³³. Además, en la medida en que el riego moderno incentiva a los agricultores a pasar a cultivos de mayor

RECUADRO 11 LOS BENEFICIOS DEL RIEGO MODERNO: PRUEBAS DE ESTUDIOS SOBRE CHINA, LA INDIA Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

En la provincia de Hebei (China), en comparación con el riego por inundación y por goteo superficial, el riego por goteo subsuperficial redujo la evapotranspiración en un 26% y un 15%, respectivamente, y aumentó la productividad del agua en un 25%⁷⁷. Además, aumentó los rendimientos de los cereales y la formación de biomasa debido a una menor evaporación y, por tanto, puede utilizarse para hacer frente a la escasez de agua.

En la India, pruebas de campo realizadas en 2012 y 2013 en la ciudad de Coimbatore mostraron que el riego por goteo aumentó el rendimiento de los cereales en casi un 30%, duplicó la productividad del agua y utilizó un 27% menos de agua en relación con la producción tradicional de arroz⁷⁸. Además, el rendimiento de las inversiones aumentó un 40%. En otro estudio de campo, realizado en el distrito de Sirsa, del estado de Haryana, se ilustraron los beneficios económicos del riego por goteo mostrando que este era más eficaz en función de los costos que el riego por surcos en la producción de algodón, dado que redujo los costos del cultivo en un 25% y produjo ahorros en agua y electricidad que ascendieron a un 33%⁷⁹. También se redujeron las malezas y los problemas de erosión del

suelo. Sin embargo, la falta de equipamiento subsidiado y de conocimientos tecnológicos de los agricultores ha restringido el acceso a esa tecnología.

Según un estudio realizado en California (Estados Unidos de América), el riego por goteo subterráneo aumenta el rendimiento de los cultivos y la productividad del agua mediante una mejor gestión de los recursos hídricos y un mejor control de los fertilizantes⁸⁰. En otro estudio realizado en el valle de San Joaquín, en California, se comprobó que el rendimiento de los tomates con riego por goteo era alrededor de un 20% mayor al del riego por aspersión, utilizando la misma cantidad de agua⁸¹. También se verificó que, dependiendo de la diferencia de rendimiento y las tasas de interés, los beneficios por hectárea con riego por goteo eran de 867 USD a 1 493 USD más que cuando se empleaba riego por aspersión. Sin embargo, es poco o ninguno el ahorro de agua por hectárea que se logra con la conversión al riego por goteo. Luhach *et al.* (2004) alientan el uso de aspersores en la producción de fruta debido a su viabilidad económica, la presión reducida sobre los recursos naturales y los menores costos operacionales y de mano de obra⁸².

consumo hídrico, ampliar las superficies de cultivo o aumentar la intensidad de los cultivos, los ingresos de los agricultores aumentan, pero también lo hace el consumo de agua⁶⁹⁻⁷³. Sin un sistema de asignación del agua, el riego nuevo suele desembocar en un mayor consumo de agua en el nivel de la cuenca. Esto está documentado, por ejemplo, en la cuenca del río Indo, en el Pakistán⁷⁴, y en Andalucía, en España meridional⁷¹.

Nada de lo dicho significa recomendar un riego ineficiente, sino más bien impulsar medidas tales como la limitación del uso de agua fomentando, al mismo tiempo, los medios de vida rurales (véase el Capítulo 4). En un estudio se estimó que la gestión hídrica integrada (que combina la gestión de aguas pluviales con la modernización del riego) podría aumentar la producción total mundial de kilocalorías en

un 10% sin dejar de respetar las necesidades de caudales ambientales⁷⁵.

Además, la tecnología avanzada de riego aporta beneficios importantes que deberían ser promovidos: i) suele ahorrar mano de obra; ii) permite una aplicación precisa y económica de fertilizantes y productos químicos; iii) reduce al mínimo la lixiviación de nitratos y otros contaminantes; iv) reduce los costos de bombeo y ahorra energía, y v) permite que los agricultores diversifiquen sus cultivos y adopten cultivos de mayor valor, con lo que aumentan el valor de su producción (véase el Recuadro 11)⁶⁶. Si la adopción de esta tecnología sigue siendo lenta, esto se debe principalmente a la falta de conocimientos sobre sus beneficios, entre otras limitaciones económicas y estructurales. Para ser sostenibles, las inversiones en tecnología de riego de avanzada deben incluir una sólida contabilidad

de los recursos hídricos; un límite máximo para las extracciones; la evaluación de las incertidumbres; la valoración de las compensaciones; y una mejor comprensión de los incentivos para los regantes y del comportamiento de estos (véase el Capítulo 4)⁷⁶. ■

ENFOQUES INTEGRADOS A ESCALA DE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE SECANO Y DE REGADÍO

La gestión de los recursos hídricos es más eficaz cuando se la combina con un uso óptimo de insumos y una buena gestión de los cultivos. La eficiencia de un recurso limitado está en su punto más alto cuando todos los otros insumos se encuentran en su punto óptimo⁸³. Una gestión mejorada de los recursos hídricos debería combinarse con una gestión correcta de otros insumos. Los cultivos modernos de alto rendimiento son cruciales para mejorar la productividad del agua. Durante la revolución verde las variedades modernas de cultivos, acompañadas de un mayor riego y agroquímicos, desempeñaron un papel sustancial en el aumento del rendimiento de los cultivos más importantes. El estado de los nutrientes del suelo también tiene una gran incidencia en la productividad del agua para la agricultura. Sadras (2004) lo demostró en el caso de los cultivos de trigo en la región de Mallee (Australia), donde el agua y el nitrógeno representaban una proporción de la brecha entre la productividad del agua alcanzable y la real⁸⁴.

Varios enfoques integrados permitieron que los agricultores, en particular los que tenían explotaciones de secano en pequeña escala, mejoraran su productividad de manera

sostenible²⁵. En estos enfoques se combinan mejores prácticas, suelos mejorados y una mejor gestión de los recursos hídricos, que intensifica la producción mediante una gestión integrada de la fertilidad del suelo, una mayor eficiencia en el uso del agua y la diversidad de los cultivos. En el Recuadro 12 se representa la importancia de la gestión de los cultivos para el rendimiento, la evapotranspiración y la productividad del agua.

Entre los principales factores decisivos para la gestión de los cultivos y nutrientes figuran:

- la siembra y la cosecha en el momento oportuno para adecuarse a las precipitaciones; la utilización de cultivos múltiples cuando sea posible, a fin de aprovechar la humedad del suelo y recuperar sus nutrientes, y el traslado de la temporada de siembra a períodos de evaporación baja^{68, 85, 86};
- el distanciamiento entre las plantas y la orientación de los surcos a fin de lograr una óptima densidad de siembra (la cantidad de espacio que se deja entre plantas) y una gran uniformidad en su distribución;
- la selección de variedades de cultivos con alto potencial de rendimiento, que se sean resistentes a las sequías o que crezcan rápidamente bajo cubierta forestal⁸⁷⁻⁸⁹;
- la ubicación espacial y la gestión de la zona de cultivos, determinando y dejando de lado los campos que sistemáticamente tienen rendimientos bajos a fin de ayudar a mejorar la productividad promedio de del agua en los cultivos⁸⁶;
- la gestión de los nutrientes, dado que el estado de nutrientes del suelo incide en la productividad del agua para cultivos, las malezas y las plagas.

Agricultura de conservación

La agricultura de conservación puede mejorar la eficiencia del agua y de los nutrientes promoviendo la menor alteración posible del suelo (cultivo sin labranza), el mantenimiento permanente de la cobertura del suelo con residuos de las cosechas y vegetación viva, y la diversificación de las especies vegetales^m.

^m Para mayor información sobre la agricultura de conservación, véase FAO, 2020⁹².

RECUADRO 12 EFECTO DE LA GESTIÓN DE LOS CULTIVOS EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN, EL RENDIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA: PRUEBAS DE ESTUDIOS SOBRE LA ARGENTINA Y LA INDIA

En un estudio realizado en la Argentina se analizó la respuesta del rendimiento del maíz, la evapotranspiración de los cultivos y la productividad del agua ante la reducción del espacio entre surcos en diferentes regímenes hídricos y de nitrógeno⁹⁰. La respuesta del rendimiento del grano en surcos más angostos (de 35 cm en lugar de 70 cm) fue del 0% al 23%, mayor en el caso de cultivos de secano con agua limitada y cultivos deficientes en nitrógeno (no fertilizados). Los surcos más angostos aumentaron la evapotranspiración del cultivo durante las etapas iniciales del crecimiento en un 8%, en tanto que la fertilización con nitrógeno no influyó en ella. La reducción del espacio entre surcos incrementó

aún más, hasta un 17%, la productividad del agua para el grano. El efecto fue más pronunciado cuando el cultivo era deficiente en nitrógeno o se había realizado en condiciones de limitación del abastecimiento hídrico, pero insignificante en los cultivos fertilizados y de regadío.

Van Dam *et al.* (2006) simularon el crecimiento de cultivos en diferentes fechas de siembra (entre el 10 de noviembre y el 10 de diciembre) en el distrito de Sirsa (India)⁹¹. La siembra temprana aumentó el rendimiento del grano y, combinada con un pequeño aumento de la evapotranspiración durante el crecimiento, incrementó la productividad del agua en un 20%.

La agricultura de conservación se ha expandido velozmente y se emplea en unos 180 millones de hectáreas en 79 países⁹³. Entre los motivos principales de esta ampliación se encuentran un factor más alto y una mayor productividad del agua; menores costos de producción y mayor rentabilidad; y una mayor estabilidad de los rendimientos. En China, la agricultura de conservación contribuyó a aumentos en los rendimientos, que van del 2% al 8% en el caso del trigo, el maíz y el arroz⁹⁴. En la India, se redujeron sustancialmente los costos de producción de los agricultores y aumentó la productividad del agua para riego⁹⁵.

La labranza de conservación puede mejorar el almacenamiento de agua en el suelo, la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos, así como reducir la evaporación⁹⁶⁻¹⁰⁰. La cría de ganado en pastizales mejorados obtenidos mediante rotación entre cultivos y pastizales a partir de la agricultura de conservación produce más carne por unidad de pastizal, con menos emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)¹⁰¹. La incidencia en la productividad del agua depende del contexto y de los efectos en la evapotranspiración y los rendimientos^{50, 102}. La agricultura de conservación puede enfrentarse a algunas dificultades en el África subsahariana y Asia meridional, donde los residuos de

los cultivos se emplean como alimento del ganado o combustible para los hogares¹⁰³⁻¹⁰⁵. Otras dificultades son el crecimiento de malezas y la necesidad de mano de obra adicional cuando no se utilizan herbicidas, que afecta en particular a las mujeres¹⁰⁶. El éxito de la agricultura de conservación suele depender de la determinación de regiones agroecológicas y tipos de suelos en donde pueda adoptarse con facilidad. También será de ayuda elaborar planes que sean específicos para determinados lugares y educar a la comunidad de agricultores y al público general sobre los beneficios que conlleva.

Asimismo, la agricultura de conservación puede contribuir a que los sistemas agrícolas sean más resilientes frente al cambio climático. En muchos casos ha permitido reducir las emisiones de GEI de los sistemas de explotación agrícola y mejorado su función como sumideros de carbono^{101, 107}. La agricultura de regadío climáticamente inteligente es otra opción importante para la adaptación al cambio climático. Se centra en mejorar la productividad y la rentabilidad del riego existente, mejorando la resiliencia de los agricultores al cambio climático¹⁰⁸. En el Recuadro 13 se presenta una estimación de los posibles beneficios de la aplicación de las estrategias de gestión mejoradas descritas en este capítulo. ■

RECUADRO 13 UN CÁLCULO GLOBAL DEL POTENCIAL DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE SECANO Y DE REGADÍO

Sobre la base de los sistemas de producción de secano y de regadío presentados en las figuras 5 (pág. 32) y 7 (pág. 34), es posible estimar el porcentaje de tierras de cultivo que pueden beneficiarse de mayores rendimientos gracias a diferentes tipos de tecnologías y prácticas de gestión del riego y del agua. (Para un desglose por país de la proporción de tierras de cultivo que utiliza cada sistema de producción con limitaciones del abastecimiento de agua, véase el Cuadro A2 en el Anexo estadístico, pág. 159). Las mejoras proyectadas en los rendimientos se basan en inversiones para ampliar las superficies de regadío, en la rehabilitación del riego y en la posibilidad de adoptar las siguientes tecnologías y prácticas de gestión: i) riego por goteo; ii) riego por aspersión; iii) captación de agua; iv) variedades tolerantes a la sequía; v) variedades tolerantes al calor; vi) labranza de conservación; vii) gestión integrada de la fertilidad del suelo (combinando fertilizantes químicos, residuos de las cosechas y estiércol o compost), y viii) agricultura de precisión (véase su definición en la sección “Lograr que la innovación, las comunicaciones y la tecnología sean útiles para todos”, pág. 87).

El análisis presentado en las figuras de este recuadro indica lo que podría lograrse en 2030 sobre la base del porcentaje de tierras de cultivo que usa esa tecnología, según las proyecciones del modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas (modelo IMPACT) del IFPRI. En el Anexo técnico (pág. 147) se presenta una descripción más detallada de esta actividad de elaboración de modelos y se ofrece una visión general del modelo IMPACT.

Según las proyecciones, las inversiones en rehabilitación y modernización del riego son levemente

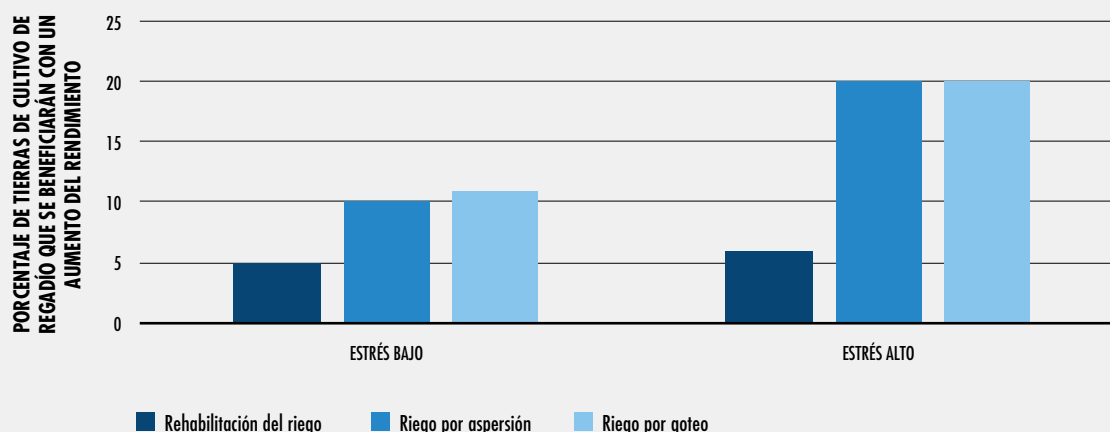
mayores con estrés hídrico alto que con estrés hídrico bajo, ya que en el primer caso pueden tener mayores rendimientos. Las inversiones previstas en riego por goteo y por aspersión también son más elevadas en contextos de regadío con estrés hídrico alto. Cuando el agua es abundante, las inversiones pueden no ser rentables; cuando es escasa, la adopción de estas medidas permite que los agricultores las controlen mejor y sean más eficientes en la aplicación, a fin de obtener cultivos de mayor valor y lograr mayores rendimientos. Para asegurarse de que las inversiones se traduzcan en ahorros de agua en una cuenca determinada, estas deberían estar supeditadas a la contabilidad y asignación de los recursos hídricos (véase el Capítulo 4). Las inversiones también deben estar acompañadas de análisis socioeconómicos que consideren las necesidades y condiciones locales.

Se establecieron modelos de captación de agua y variedades tolerantes a la sequía solo para la producción de secano. La tasa prevista de adopción es mayor en los sistemas de producción de secano con bajos insumos, lo que indica que esta podría beneficiar a los pequeños agricultores. Al igual que con las variedades tolerantes a la sequía, el porcentaje previsto de superficies es sustancialmente mayor en las zonas de secano con riesgo alto de sequía, tanto con uso alto como bajo de insumos.

El cultivo de variedades tolerantes al calor rinde beneficios en todas las zonas, ya sean de secano o de regadío. La frecuencia cada vez mayor de sequías guarda correlación con una evaporación y temperaturas más altas, aunque los beneficios pueden ser mayores en regiones que sufren sequías frecuentes y particularmente pertinentes para sistemas con bajos insumos. La labranza

PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE TIERRA DE CULTIVO QUE SE BENEFICIARÁ CON INVERSIONES EN TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS DE GESTIÓN SELECCIONADAS DE AQUÍ A 2030

A. Opciones para zonas de regadío actuales

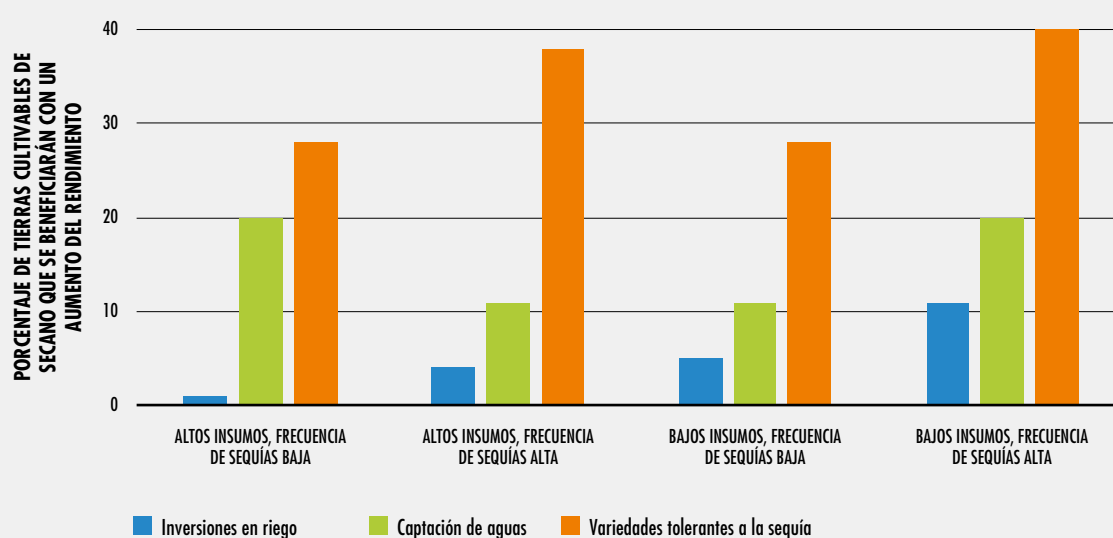


RECUADRO 13 (CONTINUACIÓN)

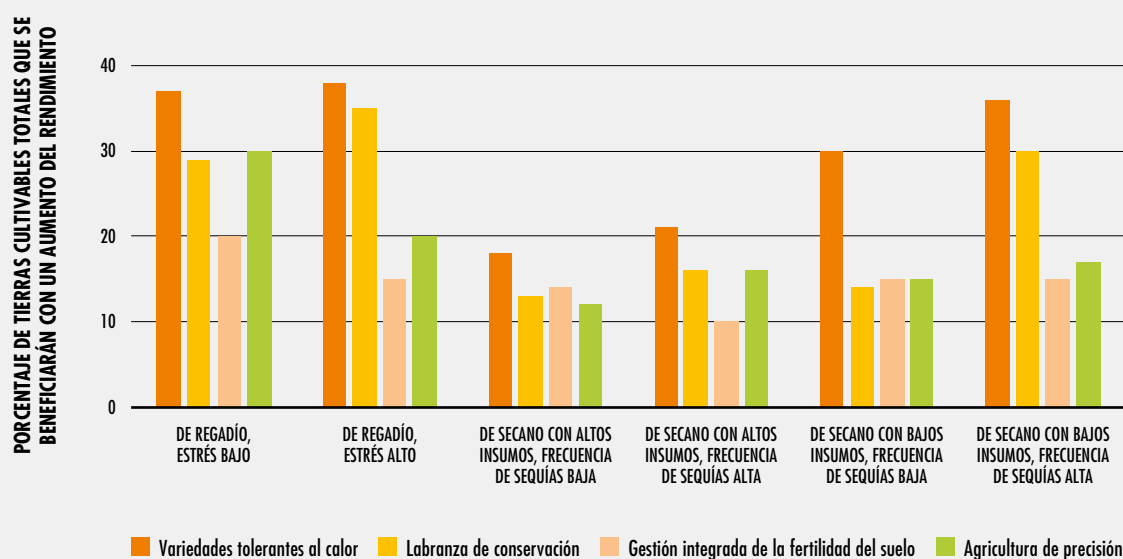
de conservación beneficia a las tierras de cultivo de regadío y de secano y, en el caso de los sistemas de secano, su alcance es mayor en los sistemas con bajos insumos que sufren sequías, lo que indica que podría beneficiar a los pequeños agricultores. La gestión integrada de la fertilidad del suelo puede beneficiar a todas las zonas, y en particular a aquellas con estrés hídrico bajo, pero no surge un modelo claro que se ajuste a todos los perfiles diferentes. Según las previsiones, la agricultura de precisión es la opción más rentable y, por tanto, la más adoptada en los sistemas de regadío que disponen de un buen control sobre el agua.

Las inversiones, tecnologías y prácticas de gestión evaluadas podrían aportar beneficios en todos los sistemas de producción con diferentes limitaciones del abastecimiento de agua. Aunque estas no resolverán por sí solas los problemas de déficit hídrico y escasez de agua entre 2020 y 2030, pueden tener efectos considerables para millones de agricultores en sistemas de regadío y de secano. Los efectos positivos varían significativamente entre países, lo que destaca la importancia de adaptar la gestión de los recursos hídricos a los sistemas de regadío y de secano, a las capacidades y condiciones locales y a los problemas relacionados con el agua.

B. Opciones para zonas de secano actuales



C. Opciones que se aplican tanto a zonas de secano como de regadío



FUENTE: Rosegrant, 2020¹⁰⁹.

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Los productos animales tienen una menor productividad del agua en comparación con los cultivos en términos de kilogramos de producto por metro cúbico de agua (véase el Cuadro 4, en relación con el Cuadro 2). La productividad de los cultivos oscila entre 0,12 kg/m³, para las nueces, y 5,49 kg/m³ para el azúcar, en tanto que los productos animales oscilan entre 0,07 kg/m³, para la carne de bovinos, y 1,05 kg/m³ para la leche. Después de la leche, la mayor productividad del agua se registra para los huevos y la tilapia. Según cuál sea el sistema de producción, la productividad del agua en la cría de tilapia puede variar considerablemente. Por ejemplo, si la cría tiene lugar en estanques aireados y alimentados, la productividad del agua es menor¹¹⁰. El cálculo del consumo de agua es menos sencillo en la pesca y la acuicultura que en las tierras de cultivo y la ganadería, dado que en las primeras se considera el alimento, la energía y el nivel de circulación y descarga. Para un examen más exhaustivo sobre el uso del agua en la pesca, véase “Cuestiones específicas: La acuicultura en el contexto del uso sostenible del agua en los sistemas alimentarios”, pág. 91.

En términos calóricos, los cultivos en general presentan una mayor productividad del agua que los productos animales. Desde la perspectiva de las proteínas, en el Cuadro 4, el valor más elevado corresponde a la tilapia, más eficiente que el bagre pardo. Para la leche, los huevos y el pollo se comunican valores relativamente elevados. La productividad económica del agua (calculada en USD por metro cúbico de agua) suele ser mayor en el caso de los productos animales que en el de los cultivos, con la excepción de las frutas, hortalizas y raíces feculentas. La demanda mundial de productos ganaderos está en aumento (como también sucede con los piensos), lo que puede suponer una carga para los recursos de agua dulce. Es necesario mejorar aún más la productividad del agua de los productos animales.

Opciones para los sistemas de producción ganadera

La producción ganadera emplea sistemas diferentes con modelos de uso del agua variados. Para alimentar el ganado se puede depender del pastoreo o de la alimentación con piensos en sistemas de producción de secano o de regadío. En la producción mixta, el ganado consume los residuos y los subproductos de la cosecha y su estiércol se emplea para fertilizar los cultivos. Más de un tercio de la tierra libre de hielo del planeta se usa para pasturas¹¹⁴. El ganado pastorea en aproximadamente 2 000 millones de hectáreas de pastizales y prados, dos tercios de los cuales no son adecuados para cultivos. En esas zonas, la producción ganadera es el único modo de transformar precipitaciones en alimentos. Además de utilizar una gran proporción de tierras agrícolas, la producción ganadera también emplea grandes cantidades de agua¹¹⁵. A diferencia de la tierra de cultivo, no suele considerarse que la tierra destinada a la cría de ganado deba ser objeto de una gestión del agua para uso agrícola, aun cuando existan muchas oportunidades de mejorar la productividad del agua y el comportamiento ambiental. La ganadería también es un activo importante para la resiliencia, dado que amortigua los efectos de la sequía en los productos agrícolas y los medios de vida de los agricultores a través de, entre otras cosas, la movilidad de los animales, el control de enfermedades y la sanidad animal, la gestión de los piensos y el agua para beber, y la estratificación de la producción para reducir la presión del pastoreo en las zonas áridas¹¹⁶. En muchas sociedades pastorales, la movilidad es una estrategia clave para acceder a los pastos y el agua dispersos en superficies amplias, lo que resulta particularmente importante en las sequías graves¹¹⁷.

En las tierras de pastoreo, el control adecuado de la temporada, intensidad, frecuencia y distribución del pastoreo puede mejorar la cubierta vegetal, reducir la erosión del suelo y mantener o aumentar la calidad y disponibilidad del agua¹¹⁸. La gestión de los animales comprende mejorar la sanidad animal y una zootecnia cuidadosa^{115, 119}. Los regímenes alimentarios también deben cumplir con el doble reto de

CUADRO 4
PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DEL AGUA A ESCALA MUNDIAL PARA ALGUNOS PRODUCTOS ANIMALES

Producto alimentario	Productividad del agua			
	Masa (kg/m ³) ⁱ	Calorías (kcal/m ³) ⁱⁱ	Proteínas (g/m ³) ⁱⁱ	Valor económico (USD/m ³) ⁱⁱⁱ
Bagre pardo	0,16	216	24,8	–
Carne de bovino	0,07	101	9,2	0,166
Mantequilla	0,19	1 491	0,0	0,828
Carne de pollo	0,26	373	32,9	0,316
Huevos	0,35	502	39,1	0,310
Leche	1,05	591	34,8	0,309
Carne de cerdo	0,19	519	19,6	0,263
Carne de ovino	0,10	199	13,4	0,254
Tilapia (peso en fresco)	0,30	288	60,3	–

ⁱ Valores para productos ganaderos y pesqueros según Mekonnen y Hoekstra, 2012¹¹¹ y Lemoalle, 2008¹¹⁰, respectivamente.

ⁱⁱ Calculado a partir de la productividad del agua azul y verde y el contenido nutricional de los productos ganaderos.

ⁱⁱⁱ Calculado a partir de la productividad del agua y el precio al productor de los productos ganaderos. El contenido nutricional y el precio al productor son datos obtenidos de FAOSTAT¹¹².

NOTA: En el caso de los productos de la pesca, las conversiones a contenidos energéticos y proteicos se computaron de acuerdo con el Laboratorio de Datos sobre Nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos¹¹³.

FUENTE: Mekonnen y Neale, 2020⁵⁰ y Lemoalle, 2008¹¹⁰.

aumentar la productividad del agua en el sector, conservar el agua mediante una mejor gestión y disminuir las diferencias en los rendimientos de los cultivos forrajeros. En un estudio realizado en Santa Catarina (Brasil) entre 2001 y 2011, se comprobó que las estrategias nutricionales pueden reducir la huella hídrica de la cría de porcinos en un 18% y aumentar la productividad del agua —en términos nutricionales— en más del 20%¹²⁰. En otro estudio, realizado en Alemania septentrional, se encontró que el aumento del rendimiento lechero, combinado con una alimentación basada en gramíneas y maíz ensilado, aumentaba sustancialmente la productividad del agua en las explotaciones lecheras en relación con la alimentación en pastizales y con pienso concentrando¹²¹. En las actividades agrícolas mixtas (cultivos y ganado), la elección cuidadosa de los tipos de piensos, la mejora de la calidad y fuente de los piensos, el aumento de la productividad del agua para piensos y la gestión del pastoreo puede aumentar la productividad del agua^{119, 122}. Estas prácticas mejoran la eficacia en el uso de la tierra y del

agua y reducen de manera significativa las emisiones de GEI.

Es fundamental la utilización eficaz del agua almacenada en tanques y embalses y del agua de calidad marginal y de precipitaciones destinada al ganado, puesto que gran parte del agua de las explotaciones ganaderas está destinada a los animales¹¹⁵. La reducción de la cantidad de agua mediante dispositivos para beber eficientes (por ejemplo, bebederos y bebederos de tetina) y el mantenimiento y reparación de los bebederos para eliminar las fugas son estrategias de conservación importantes. Además de los cambios en los regímenes alimentarios y los sistemas de abastecimiento de agua para beber de los animales, otras opciones consisten en asegurar sombra a los corrales de espera o los comederos y regular la temperatura en los establos¹¹⁵. La gestión de la limpieza, las lavadoras de alta presión o el reciclaje también pueden reducir el consumo de agua y la vulnerabilidad a la escasez; el agua que proviene de fuentes alternativas alivia la presión

sobre las fuentes con agua escasa. Los intentos por mejorar la productividad del agua agrícola deben reconocer la existencia de diferencias entre sistemas y optimizar el uso de los recursos por parte de sus componentes¹²². El hecho de tomar en cuenta las políticas existentes y las cuestiones de género puede llevar a una adopción exitosa de las intervenciones¹¹⁹. ■

ENFOQUES DE LA GESTIÓN DEL AGUA E IMPACTO FUERA DE LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA

Vincular los territorios agrícolas y las funciones de los ecosistemas

Los sistemas de producción agrícola son los impulsores más importantes de una variedad de cambios ambientales deseables e indeseables. Las tierras de cultivo y de pastoreo de secano pueden incidir de manera sustancial en la biodiversidad y la calidad del agua¹²³. Algunas estrategias relacionadas con el agua pueden tener efectos negativos. Las medidas descentralizadas, como la instalación de tanques para almacenamiento de agua de lluvia y la captación de agua de tormentas, aun cuando no sean de gran envergadura, pueden tener efectos negativos en el balance hídrico de una cuenca de captación cuando se combinan con otras soluciones (por ejemplo, restauración de los ecosistemas aguas arriba). Programas amplios de captación de agua en pequeña escala, como la gestión local de la cuenca en el estado de Andhra Pradesh y en otros lugares de la India, tienen efectos sustanciales en la hidrología total y la disponibilidad hídrica aguas abajo¹²⁴, y pueden afectar gravemente la productividad de la pesca fluvial. Sin embargo, las pruebas empíricas dan indicaciones contradictorias, por lo que se necesitan nuevas herramientas de elaboración de modelos de análisis y recopilación de datos sobre el terreno^{125, 126}.

Una mejor gestión del agua para uso agrícola también puede dar lugar a cambios ambientales deseables. En la cuenca hidrográfica de Kothapally, en la India meridional, por ejemplo,

las intervenciones en materia de agua para usos agrícolas redujeron las cargas de sedimentos en los ríos, con efectos sumamente positivos en la ecología del caudal fluvial y el tiempo de vida de los embalses¹²⁵. Una gestión de los recursos hídricos adecuada también puede reducir notablemente las emisiones de GEI. Por ejemplo, la reducción o interrupción de los períodos de inundaciones es una de las técnicas más promisorias para disminuir las emisiones relacionadas con el arroz, porque se producen menos bacterias productoras de metano y, por tanto, se emite menos metano^{127, 128}. Varios enfoques consideran la relación entre territorios agrícolas, uso de los recursos y funciones ecosistémicas. Las soluciones basadas en la naturaleza se inspiran en ella y le prestan apoyo; utilizar o imitar los procesos naturales contribuye a mejorar la gestión de los recursos hídricos. Entre estas soluciones puede contarse la conservación o rehabilitación de los ecosistemas naturales, o la mejora o creación de procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales¹²⁹. Pueden tener un efecto dominó positivo en la agricultura, la biodiversidad, la seguridad alimentaria y el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de un reconocimiento cada vez mayor de estos beneficios, su aplicación amplia todavía enfrenta algunas dificultades. También se pide un cambio de paradigma que considere los bosques, las turberas y otros ecosistemas como reguladores del agua dulce desde la escala de cada lugar a la escala continental con un enfoque del territorio que abarque a muchas partes interesadas (véase el **Recuadro 14**). Si se dan las condiciones propicias, las soluciones basadas en la naturaleza se sitúan en el mismo nivel que otras opciones de gestión del agua. Estas pueden comprender una dirección diferente de las inversiones, el pago por los servicios ecosistémicos y prácticas y políticas agrícolas sostenibles que presten apoyo a estas soluciones¹²⁹.

Gestión de la escorrentía y control de los sedimentos y la erosión

Un beneficio infravalorado de la gestión de los recursos hídricos para uso agrícola es el efecto en la retención de la escorrentía del agua superficial y el control de los sedimentos. La captación de escorrentías y precipitaciones extremas por parte

RECUADRO 14 SOLUCIONES BASADAS EN LOS BOSQUES Y LA NATURALEZA

En su condición de elementos clave del ciclo del agua, los bosques y árboles son cruciales para las soluciones al problema del agua basadas en la naturaleza. Su gestión sostenible puede contribuir a una mejor calidad y cantidad de agua, a mejorar la planificación temporal de su distribución y, al mismo tiempo, disminuir riesgos como los de inundaciones, erosión del suelo y costera, y sequías. Los bosques higrofiticos nubosos, presentes en zonas tropicales y subtropicales, aportan insumos hídricos adicionales a la cuenca hidrográfica, al capturar la niebla y disminuir la evapotranspiración¹³⁰.

Los bosques y árboles también mejoran la calidad del agua mediante una mayor infiltración y una reducción de la contaminación del agua proveniente de la escorrentía agrícola, así como de la erosión y sedimentación, con repercusiones significativas en la biodiversidad. Un ejemplo de esto es la importancia del bosque ribereño para la productividad acuática en el Pacífico noroccidental de América septentrional, donde líneas de bosques mantienen la temperatura, los nutrientes, la morfología de los canales y los sustratos del agua, que deben situarse dentro de

ciertos niveles para mantener la pesca continental, como la del salmón. Las soluciones basadas en la naturaleza también pueden aumentar la resiliencia de las personas y sus cultivos frente al cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos. En las zonas costeras, los bosques podrían mitigar los efectos de las tormentas repentinas, la erosión costera y la intrusión de sales derivadas del aumento del nivel del mar, todos fenómenos que repercuten en la agricultura. Los ecosistemas de los manglares pueden proteger los asentamientos costeros de los efectos de la erosión eólica y por efecto de las olas, así como de otros peligros costeros¹³¹. La vegetación costera, en particular los manglares, tiene un gran potencial para el tratamiento de las aguas residuales, la eliminación de los contaminantes químicos, y la mitigación de la contaminación costera y la erosión del suelo^{132, 133}. La restauración de los manglares puede combinarse con la acuicultura; plantar plantones de manglares en los estanques es una opción eficaz en función de los costos y respetuosa del medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales derivadas de la acuicultura¹³⁴.

de los sistemas de retención no solo reduce la escasez de agua durante las sequías, sino también las inundaciones; estos sistemas son útiles para la producción de biomasa y la retención de nutrientes¹³⁵. La finalidad del control de sedimentos es mitigar la erosión y sedimentación, como pérdida de capa arable valiosa —que reduce la productividad y la capacidad de la tierra para retener agua— y daños en infraestructuras (por ejemplo, de estaciones hidroeléctricas y plantas de tratamiento de aguas residuales). La sedimentación también puede degradar la calidad del agua a través de la descarga en corrientes de agua, lagos y zonas litorales, reducir la capacidad de almacenamiento de agua de los embalses y agravar el daño debido a las inundaciones¹³⁶.

En un estudio realizado en Etiopía se mostró que la captación de agua y la conservación del suelo y el agua, por ejemplo, mediante sistemas de lomos y prácticas agrícolas de conservación,

dieron lugar a beneficios sustanciales en términos de escorrentía retenida y redujeron la pérdida de sedimentos en un 45% a 90%⁴¹. En África meridional, la acumulación de sedimentos y la escorrentía superficial se redujeron en un 80% y un 60%, respectivamente⁴⁰. En un metaanálisis realizado por Joshi *et al.* (2008), que abarcó más de 600 microcuencas hidrográficas en la India, se informó de una reducción de la escorrentía de un 45% y de una capa arable retenida de 1,1 toneladas por hectárea¹³⁷. También se mostró en este estudio una relación positiva entre participación y beneficios del desarrollo de las cuencas hidrográficas, lo que destaca la importancia de la participación de las partes interesadas para impedir que las acciones de un grupo de agricultores repercutan negativamente en otro grupo. El uso de franjas de hierba, arbustos y árboles es otra práctica de conservación del suelo y el agua, una solución basada en la naturaleza que, además de retener la humedad e impedir la erosión en las pendientes²⁵,

puede reducir significativamente la pérdida de sedimentos¹³⁸. Su plantación a lo largo de los canales puede mejorar enormemente la calidad del agua para los peces. En la cuenca fluvial del río Zarqa, en Jordania, la gestión sostenible de los pastizales dio como resultado un aumento de la biomasa comestible, el secuestro de carbono y la estabilización de los sedimentos¹³⁹.

No resulta fácil ampliar la escala de estos resultados al nivel de las cuencas hidrográficas y más allá de ellas¹⁴⁰. Existen importantes déficits de datos relativos a las regiones agrícolas tropical y subtropical, así como a escala de las microcuencas hidrográficas y cuencas hidrográficas medianas (de 0,01 km² a 100 km²)¹⁴¹. No hay un seguimiento a largo plazo del territorio en todas las regiones y sistemas de producción, algo que sería especialmente valioso en los países de bajos ingresos y menos adelantados, donde la agricultura se encuentra en un proceso de transformación rápida.

La gestión de la carga de nutrientes agrícolas

La producción agrícola puede interferir con los ciclos naturales de elementos nutrientes (nitrógeno y fósforo), lo que genera preocupaciones relacionadas con la degradación del agua como producto de la carga excesiva de nutrientes y la eutrofización. Se prevé que estos problemas se intensifiquen como resultado del crecimiento demográfico y la generación de riqueza. El crecimiento es más rápido en los países de ingresos bajos (la proyección del crecimiento llega al 118% para el nitrógeno y al 47% para el fósforo¹⁴²). Se trata de los países con el mayor crecimiento demográfico, que impulsa la demanda de alimentos y la producción agrícola. Velar por la seguridad alimentaria y la nutrición y por la sostenibilidad del medio ambiente requerirá que se haga frente a la contaminación de origen agrícola.

La gestión del agua, por ejemplo, con franjas de vegetación, canales o cuencas de infiltración y humedales creados por el hombre, puede contribuir reteniendo el exceso de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo, que son los contaminantes del agua más comunes y, por ende, reduciendo la carga de contaminación no

puntual, también conocida como contaminación difusa¹³⁸. Estas tecnologías, cuya eficiencia suele diferir considerablemente según su diseño y territorio de aplicación, se utilizan ampliamente en los sistemas de producción agrícola de América septentrional y Europa.

La integración de la acuicultura dentro de los sistemas agrícolas puede ayudar a retener las cargas excesivas de nutrientes y mejorar la calidad del agua¹⁴³. En algunos sistemas, la presencia de peces resulta útil para el cultivo conjunto de peces y arroz, ya que contribuye al ciclo de los elementos nutritivos y a su circulación. Gracias a ella se reduce el uso de plaguicidas y los costos conexos, se elimina el crecimiento de malezas en los arrozales y mejora la fertilidad del suelo. Sin embargo, esto puede volver más compleja la gestión de dichos sistemas. Para mayor información sobre la contaminación del agua derivada de la agricultura, véase la sección “Cuestiones específicas: Agricultura, contaminación del agua y salinidad”, pág. 51). ■

FUENTES HÍDRICAS NO CONVENCIONALES PARA REDUCIR LA ESCASEZ

Frente a una demanda en alza, está ganando impulso el uso de fuentes de agua no convencionales, como las aguas residuales tratadas y el agua desalinizada. La mayoría de las actividades relacionadas con el agua que llevan a cabo los seres humanos produce aguas residuales, que es posible recuperar para usos secundarios, como la agricultura. Si se recuperara toda esa agua, se reducirían sustancialmente las presiones sobre el agua dulce y se mitigaría la escasez, siempre que evaluaciones de la contabilidad de los recursos hídricos garanticen que el flujo de retorno no desempeñe una función ambiental.

Reutilización del agua

Se prevé un aumento considerable de las aguas residuales debido al aumento demográfico y la urbanización. En los países de ingresos altos se trata en promedio el 73% de las aguas residuales.

Esta cifra cae al 54% en los países de ingresos medios altos y al 28% en los de ingresos medios bajos. A nivel mundial, alrededor del 80% de las aguas residuales se libera sin un tratamiento adecuado^{144, 145}. Se pronosticó que en 2019 la capacidad de reutilización del agua nueva sería de 7,5 millones de m³/día. China encabeza este listado (3,7 millones de m³/día), seguida por los Estados Unidos de América (880 000 m³/día) y la India (680 000 m³/día)¹⁴⁶. La mayor parte de la reutilización comporta un tratamiento terciario o avanzado de las aguas residuales. Esto forma parte de una tendencia más amplia hacia el tratamiento avanzado, impulsada por la demanda industrial de agua de mejor calidad y por los usuarios agrícolas.

Aunque es difícil encontrar cifras definitivas sobre reutilización del agua en la agricultura, aproximadamente un 10% de la superficie total de tierras de regadío del mundo —es decir, más de 30 millones de hectáreas en 50 países— recibe aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas^{144, 147}. Durante decenios, el beneficio más importante de la reutilización del agua en la agricultura fue la disminución de la presión sobre las fuentes de agua dulce¹⁴⁸.

La economía circular ha aportado una perspectiva diferente sobre la reutilización del agua en la agricultura, al proponer un modelo en el que el valor de productos, materiales y recursos se mantiene mientras resulte práctico y los desechos se reducen o, incluso, se eliminan¹⁴⁹. Resulta fácil disponer de aguas tratadas para la agricultura, incluido el riego. La reutilización del agua para riego brinda más certeza de que el agua estará disponible a lo largo del año, incluso en los períodos secos. Es posible recuperar los nutrientes a partir de los fangos cloacales (biosólidos) y reutilizarlos como fertilizantes, práctica ampliamente difundida en muchos países¹⁵⁰. En Europa, más de un cuarto de los fangos cloacales producidos en 2017 se utilizó en la agricultura¹⁵¹. Un beneficio final es la recuperación de energía, por ejemplo, en la producción de biogás a partir del tratamiento de desechos en las explotaciones agrícolas.

Cuando las aguas residuales se tratan según las necesidades de los usuarios finales (es decir, de manera adecuada para los fines previstos), se

convierten en una opción realista como fuente no convencional de agua, nutrientes y energía para la agricultura. La reutilización en la agricultura de aguas residuales, tratadas en forma adecuada para los fines previstos, establece una situación en la que todos salen ganando, dado que se basa en servicios de saneamiento mejorados (sistemas de recolección), en instalaciones para el tratamiento y en la reutilización de elementos químicos (nitrógeno y fósforo) y proporciona agua para usos de mayor valor. Sin embargo, en algunos países, desde un punto de vista cultural todavía no resulta aceptable usar aguas residuales tratadas para regar cultivos alimentarios. La existencia de canales de comunicación y reglamentaciones gubernamentales sólidos y la participación de las partes interesadas ayudaría a cambiar los puntos de vista negativos sobre el uso de aguas no convencionales para la producción de alimentos. Además, es necesario evaluar los criterios de calidad del agua, determinar las posibles repercusiones ambientales y resolver las cuestiones normativas a fin de fomentar mejores prácticas y una mejor implementación.

Las políticas actuales de utilización de agua reciclada son muy fragmentarias y, en muchos países, incompletas, lo que tiende a inhibir el desarrollo de esta práctica¹⁵². Es necesario elaborar marcos de políticas y de planificación para que los gobiernos, municipios y grupos relacionados con los recursos hídricos desarrollen el empleo de aguas residuales recicladas como insumo futuro de la agricultura de regadío. Los programas de capacitación y creación de capacidad pueden promover la adopción de tecnologías a través de canales locales e internacionales, considerando las necesidades y condiciones locales. La eliminación de barreras y la creación de unas condiciones propicias requerirán legislación y reglamentaciones adecuadas que permitan disponer de financiación para su adopción.

Desalinización

La desalinización abarca la eliminación de los sólidos disueltos (predominantemente sales inorgánicas) y otros contaminantes disueltos provenientes de varias fuentes, entre ellas agua de mar, agua salobre (superficial y subterránea) y drenaje del riego. En su famosa

obra *Meteorológicos*, escrita aproximadamente en 350 a.C., Aristóteles describió el proceso de destilación destinado a eliminar sales y otros compuestos y producir agua dulce. Desde ese entonces, la desalinización se ha convertido en una opción sumamente importante para el suministro de agua urbana, especialmente en el desierto y en las regiones propensas a la sequía. Debido a que el agua de mar es prácticamente ilimitada, la desalinización constituye una solución atractiva para el antiguo desafío que plantea su abundancia, a pesar de que no es potable¹⁵³. Existen aproximadamente 16 000 plantas de desalinización que producen unos 100 millones de m³/día de agua potable para el 5% de la población mundial, de la cual el 48% se encuentra en África septentrional y Cercano Oriente^{154, 155}. Desde 2018 se contrataron en todo el mundo más de 400 proyectos de desalinización, que añadieron una capacidad de 4 millones de m³/día en la primera mitad de 2019¹⁴⁶.

La principal forma de producir agua dulce ha sido la destilación, en la que el agua salina se hace evaporar y luego se condensa en agua pura. En el decenio de 1950 se desarrollaron los procesos con membrana, como la electrodialisis y la ósmosis inversa. En la electrodialisis, una corriente eléctrica separa las sales disueltas en el agua. En la ósmosis inversa, la presión fuerza el agua a través de una membrana semipermeable que extrae la mayoría de las sales¹⁵⁶. A diferencia de la destilación, las membranas modernas utilizan muy poca energía para producir agua dulce, pero plantean un problema ambiental importante: la eliminación de las sales extraídas del agua¹⁵⁷.

El principal obstáculo para la destilación siempre ha sido el costo. Su aplicación en la agricultura se ha limitado a un número reducido de zonas, para ciertos cultivos de alto valor, y se han necesitado subsidios gubernamentales en los costos de capital¹⁵⁶. Sin embargo, durante los últimos decenios la destilación se ha vuelto mucho más eficiente y rentable gracias a una demanda cada vez mayor, a mejoras tecnológicas, a la reducción de costos y del uso de energía, al aumento del tamaño de las plantas hasta una capacidad grande o megacapacidad, y a proyectos más competitivos¹⁵⁸. En un estudio de 2008 se comprobó la reducción sistemática de los costos de la desalinización durante aproximadamente

tres decenios y se estimó que las plantas de desalinización en gran escala eran capaces de producir agua a un costo de entre 0,5 y 2 USD por m³, según el tamaño de la planta¹⁵⁹. Asimismo, en un estudio más reciente se ha calculado que el costo del agua desalinizada varía entre 0,5 USD por m³ y 1,5 USD por m³¹⁶⁰. En términos de costos, la desalinización de agua salobre es más adecuada para la producción agrícola que la de agua de mar. Las membranas y las tecnologías que utilizan energía renovable, como la energía solar, volvieron más factible la desalinización, especialmente en el caso de los cultivos comerciales de alto valor, como hortalizas de invernadero. Los agricultores reciben con agrado estas novedades, en la medida en que el proceso elimina sales (en especial, sodio y cloruro) que dañan los suelos, retardan el crecimiento de las plantas y son nocivas para el medio ambiente¹⁶¹.

Varios países, como Australia, China, Marruecos, México y España, usan actualmente agua desalinizada con rentabilidad para la agricultura. Dévora-Isiordia *et al.* (2018) calcularon el costo de la desalinización (0,338 USD por m³) y su uso económico en Sonora (México)¹⁶². Llegaron a la conclusión de que, con objeto de asegurar su viabilidad, los agricultores deberían elegir cultivos de alto rendimiento con una relación costo-beneficio que sea rentable, como hortalizas (por ejemplo, tomates y chiles), y aplicar riego por goteo. Las explotaciones que realizan agricultura y acuicultura integradas están poniendo a prueba la integración de agua salina con cultivos tolerantes a las sales¹⁵². Las políticas y reglamentaciones desempeñan un papel decisivo tanto en el fomento de proyectos públicos como en la habilitación del sector privado y el intercambio de conocimientos¹⁵². Las asociaciones entre los sectores público y privado también reducen los riesgos de las inversiones.

La desalinización del agua puede tener efectos negativos en el medio ambiente (por ejemplo, eliminación de salmuera de residuos de la desalinización y emisiones de GEI). Aunque existen opciones tecnológicas y de gestión para reducir esos efectos, se necesitan normas y estudios de la evaluación del impacto (locales y regionales)¹⁵⁶, así como investigaciones sobre la eliminación de salmuera y una vigilancia continua de los efluentes. ■

LOGRAR QUE LA INNOVACIÓN, LAS COMUNICACIONES Y LA TECNOLOGÍA SEAN ÚTILES PARA TODOS

Con una agricultura que se basa cada vez más en conocimientos especializados y agricultores que deben adoptar decisiones más complejas en materia de tierra y agua, acerca de qué cultivos producir y cómo, y sobre dónde comprar sus insumos y vender sus productos, la necesidad de información será cada vez mayor. La naturaleza localizada de la agricultura implica que la información debería adaptarse a cada contexto¹⁶³. Las TIC tienen grandes posibilidades de aumentar la productividad agrícola y preservar los recursos naturales, entre ellos, el agua.

El término TIC es una denominación general de amplio alcance, que abarca desde la radio hasta las imágenes satelitales, de los teléfonos móviles al intercambio de información a través de servicios de mensajería y a las transferencias electrónicas de dinero¹⁶³. En la India, Nano Ganesh, un sistema de automatización del riego, permite que los agricultores pongan en marcha o apaguen la bomba de agua a distancia y obtengan información sobre el uso de agua y electricidad. También les permite programar el momento del riego para satisfacer las exigencias de agua de los cultivos. Aproximadamente 20 000 agricultores usaban este dispositivo en 2015 y se calcula que la relación costo-beneficio era de 6:1¹⁶³. El uso de este sistema puede suponer oportunidades adicionales de generar ingresos, por ejemplo, a través de su instalación, reparación, capacitación y demostraciones, con oportunidades de empleo para las mujeres.

La agricultura de precisión utiliza otras herramientas de TIC, entre ellas, el Sistema de Posicionamiento Mundial (GPS), satélites, sensores e imágenes aéreas, que aportan a los agricultores información específica de cada lugar a partir de la cual adoptar sus decisiones de gestión^{163, 164}. Determinar las

condiciones de suelos y cultivos y, al mismo tiempo, reducir al mínimo los efectos en la vida silvestre y el medio ambiente es el fundamento de la agricultura de precisión. Aunque están concentrados en países de ingresos altos, algunos instrumentos de precisión tienen grandes posibilidades de ser utilizados en los de ingresos bajos. Muchas de estas aplicaciones se han limitado a la agricultura en gran escala, pero existen oportunidades para que las adopten los pequeños agricultores. Las redes de sensores inalámbricos, que consisten en un grupo de pequeños dispositivos de detección o nodos que captan datos, son un buen ejemplo de ello. Esta tecnología no solo es bastante barata (algunas unidades cuestan menos de 100 USD), sino que puede funcionar con baterías y energías alternativas, algo fundamental para los países de ingresos bajos¹⁶⁵. Los sensores inalámbricos también pueden usarse en acuicultura para controlar el oxígeno, las corrientes de marea, la temperatura, el comportamiento de los peces y las condiciones hídricas. AKVA, una empresa noruega especializada en piscicultura comercial, emplea sensores con una cámara incorporada para detectar el alimento no ingerido que se encuentra en las jaulas de peces¹⁶⁶. Con esta información, las señales de los sensores pueden detener la liberación de alimento y permitir cuidados y compras de piensos más específicos. Los sensores también pueden adaptarse a la tasa de alimentación precisa de los peces a lo largo del tiempo¹⁶³.

La tecnología satelital es otra herramienta capaz de recoger, gestionar y analizar datos relacionados con la productividad de los cultivos y los insumos sobre el terreno. Sin embargo, los costos iniciales y las exigencias técnicas constituyen un problema para los agricultores en pequeña escala. Los esfuerzos en aras de la inclusividad y la eficacia deben abarcar todo el espectro de capacidades y recursos requeridos por los pequeños productores. Un ejemplo de información satelital es la Base de datos de acceso libre sobre productividad del agua recientemente elaborada por la FAO, una plataforma electrónica de acceso libre que utiliza datos satelitales (véase el **Recuadro 15**)¹⁶⁷.

»

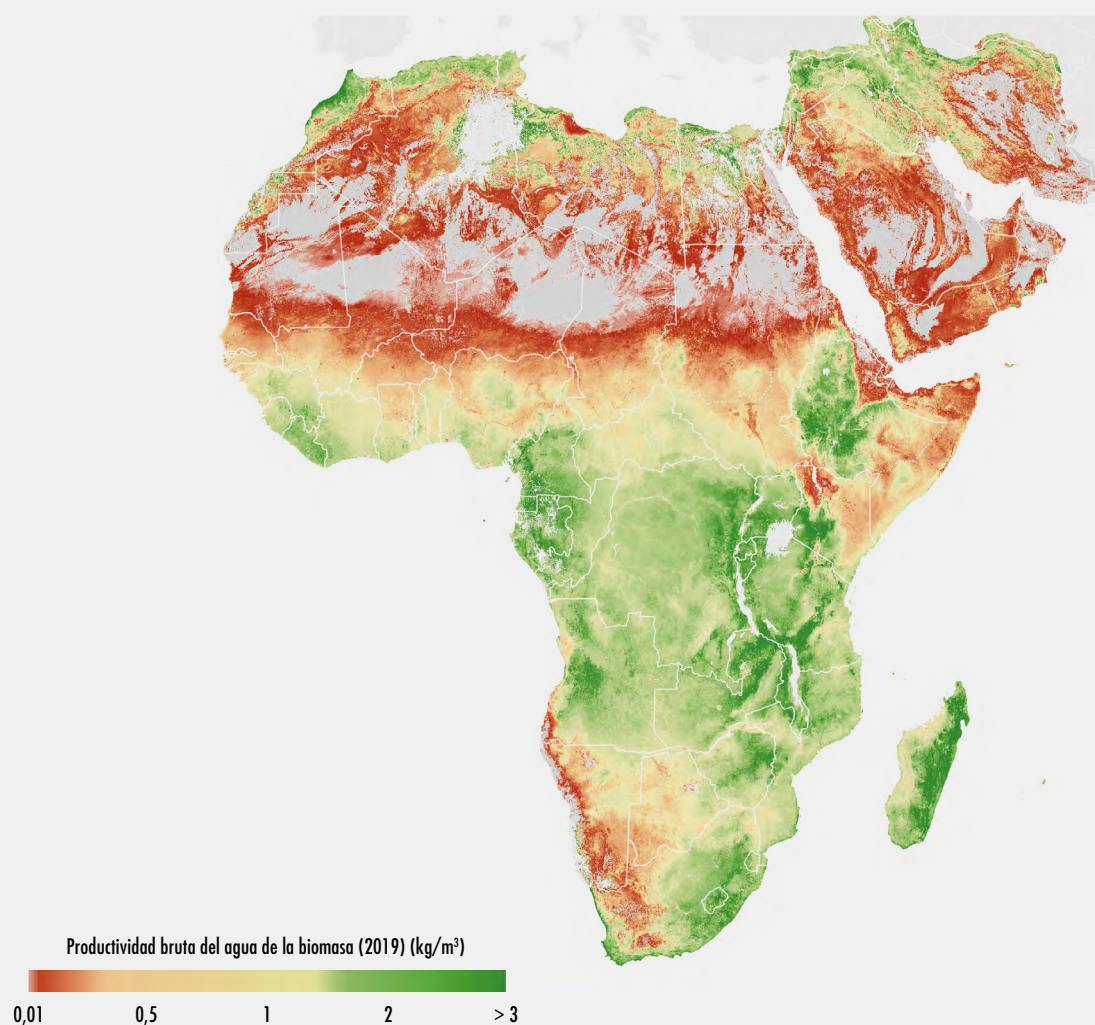
RECUADRO 15 BASE DE DATOS DE ACCESO LIBRE SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA: TELEDETECCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD HÍDRICA

La plataforma de la Base de datos de acceso libre sobre la productividad del agua de la FAO ofrece acceso operacional y abierto a una base de datos sobre productividad del agua y a miles de capas de mapas. Permite realizar consultas directas sobre datos, análisis de series temporales, estadísticas de superficies y descarga de datos de variables fundamentales relacionadas con la productividad del agua y de la tierra¹⁶⁹. Al proporcionar información de píxeles prácticamente en tiempo real sobre toda África y Cercano Oriente, la plataforma abre las puertas a que los proveedores de servicios presten ayuda a los agricultores para que logren rendimientos más confiables y mejoren sus medios de vida. Al mismo tiempo, las autoridades cuentan con información para modernizar sus perímetros de riego, en tanto que los

organismos gubernamentales pueden mejorar el uso eficiente de los recursos naturales.

La figura que se presenta en este recuadro muestra la variación espacial de la productividad del agua cuantificada por la Base de datos de acceso libre sobre la productividad del agua. Las zonas de color amarillo-verde tienen una mayor productividad del agua, con consumo de agua bajo por cultivo producido y campos que rinden al menos 1 kg de producto por metro cúbico de agua. Las zonas de color naranja-rojo tienen un rendimiento bajo, con poca productividad del agua, posiblemente debido a prácticas agronómicas deficientes. Para mejorar las zonas de color rojo pueden analizarse las zonas de color verde y tomarlas como referencia para una ampliación de la escala.

PRODUCTIVIDAD BRUTA DEL AGUA DE LA BIOMASA, 2019



NOTAS: La productividad anual bruta del agua de la biomasa expresa la cantidad de producto (producción total de biomasa) en relación con el volumen total de agua consumida en el año (evapotranspiración real). La frontera definitiva entre la República del Sudán y la República de Sudán del Sur no se ha determinado aún.

FUENTE: FAO, 2019¹⁷⁰.

- » Los avances y la difusión a escala mundial de las herramientas de TIC, como los métodos estadísticos geoespaciales, hicieron posible recopilar, analizar e intercambiar datos de manera más eficaz, así como visualizar y comprender qué significa esta información para la agricultura¹⁶³. La variedad de sensores de los teléfonos inteligentes se ha ampliado hasta incluir barómetros y termómetros que pueden recopilar información meteorológica sumamente localizada. Los pequeños agricultores que poseen teléfonos móviles están empezando a beneficiarse de mejores herramientas. No obstante, el acceso a los datos sigue siendo un problema.

Tanto el sector público como el privado desempeñan funciones importantes para ayudar a cerrar estas brechas. La integración de las TIC en los programas nacionales, la creación de un entorno propicio y el diseño de sistemas digitales que sean compatibles y fáciles de usar pueden ayudar a mejorar el acceso. Un ejemplo de ello es la iniciativa de la Base de datos mundiales de libre acceso sobre agricultura y nutrición (GODAN), puesta en práctica en 2013, que fomenta políticas de datos abiertos y acceso libre en los sectores público y privado. Otro ejemplo es la plataforma Open Ag Data Alliance, lanzada en 2014, cuyo objetivo es ayudar a los agricultores a acceder a sus datos y controlarlos¹⁶³. A su vez, la iniciativa Digital Green, que comenzó en 2008, permite que agentes de extensión y agricultores interesados carguen vídeos en línea con objeto de intercambiar conocimientos sobre prácticas agrícolas mejoradas. Hasta junio de 2020, la organización llegó a 1,8 millones de pequeños agricultores de la India, el 90% de los cuales era mujeres, en 15 200 pueblos¹⁶⁸. Los clubes Dimitra, una iniciativa de la FAO, buscan empoderar a las comunidades rurales, especialmente a las mujeres y los jóvenes, utilizando teléfonos móviles y estaciones de radio para intercambiar información. Existen asimetrías en el acceso a las TIC, dado que los jóvenes tienden a adoptarlas sin mayores inconvenientes, lo que puede volverse una ventaja y utilizarse como una herramienta de aprendizaje dentro de las comunidades. ■

CONCLUSIONES

Satisfacer la demanda futura de alimentos sin seguir minando el medio ambiente es posible, pero requerirá transformaciones en la gestión de los recursos hídricos. En este capítulo se han examinado opciones tecnológicas y nuevas prácticas de gestión del agua con el fin de hacer frente al déficit hídrico y la escasez de agua en las tierras de cultivo de regadío y de secano, la ganadería, la pesca continental y la acuicultura, así como mejorar de manera sostenible la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la nutrición, y la resiliencia ante el cambio climático. Surgen de este examen algunos puntos clave.

En primer lugar, aunque predomina la agricultura de secano, persisten diferencias sustanciales en los rendimientos de los sistemas de cultivos de secano. Si se la combina con prácticas agronómicas, una mejor gestión de los recursos hídricos aumenta las posibilidades de incrementar los rendimientos, especialmente en el África subsahariana, partes de Asia y Europa oriental, lugares donde las diferencias en los rendimientos son mayores, considerando las necesidades y condiciones locales.

En segundo lugar, si bien los rendimientos de las zonas de regadío son mayores y más estables en comparación con los de la agricultura de secano, sigue habiendo diferencias sustanciales en la agricultura de regadío, lo que indicaría que existe un margen importante para realizar mejoras, en particular en el África septentrional, el África subsahariana, América Latina y el Caribe, y Asia occidental. Se requieren inversiones en contabilidad y asignación de los recursos hídricos; riego eficiente; variedades de cultivos de alto rendimiento y resilientes; fertilizantes y plaguicidas adecuados, y una mejor gestión del suelo y el agua. Las fuentes no convencionales también pueden aliviar las presiones sobre los recursos de agua dulce.

En tercer lugar, la producción animal usa cantidades significativas de agua, especialmente en la alimentación de los animales y, por lo tanto, es muy prometedora en relación con el aumento de la productividad del agua. En el caso de la ganadería, las opciones comprenden un mejor uso

de las tierras de pastoreo; una sanidad animal y cría de animales mejoradas; el suministro eficaz de piensos y agua para beber, y la integración de sistemas de cultivos, de ganadería y de acuicultura.

También se necesitan enfoques integrados para mejorar la productividad en las zonas de secano y de regadío y la sostenibilidad ambiental, que se adapten a las capacidades y recursos de los productores. Estos enfoques comprenden la agricultura de conservación y soluciones basadas en la naturaleza, como la agroforestería y la gestión del suelo y el agua, que intensifican de manera sostenible la producción. En cuarto lugar, las TIC ofrecen instrumentos útiles

para que los agricultores adopten decisiones complejas en materia de recursos terrestres e hídricos.

Adoptar estrategias de gestión de los recursos hídricos implica fortalecer instituciones y mecanismos intersectoriales en los que participan efectivamente usuarios y partes interesadas, abordando inquietudes relativas a la asequibilidad y el derecho humano del acceso al agua, en particular para los más vulnerables. Por último, las estrategias de demanda y suministro de agua requieren que se financien inversiones esenciales y responsables. En los dos capítulos siguientes se tratan estas dimensiones con mayor detalle. ■

CUESTIONES ESPECÍFICAS

LA ACUICULTURA EN EL CONTEXTO DEL USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Acuicultura y uso del agua

La acuicultura, o cultivo en agua, comprende la cría conjunta de animales (peces, crustáceos y moluscos) y vegetales (algas marinas y macrofitos de agua dulce). La agricultura utiliza predominantemente agua dulce; la acuicultura, en cambio, tiene lugar en agua dulce, agua salobre y entornos marinos. Si bien toda la acuicultura necesita agua, y la cría intensiva de peces (por ejemplo, cría de bagres en alta densidad) consume agua, muchas otras tecnologías acuícolas pueden i) ser no consuntivas, lo que significa que no extraen agua del medio ambiente, o bien ii) estar integradas con producción agrícola de otro tipo, en cuyo caso dos o más productos se producen con la misma cantidad de agua.

La acuicultura proporciona alimentos nutritivos de alta calidad¹⁷¹, y una amplia variedad de productos acuícolas ha evolucionado dentro de agroecosistemas y entornos económicos diferentes, lo que refleja las diferencias culturales, las demandas de los mercados y las preferencias de los consumidores. La acuicultura en sí misma es diversa y se practica de muchas maneras diferentes en todo el mundo. Usa sistemas de producción asombrosamente diferentes, como estanques, jaulas o conductos. Aunque se crían más de 600 especies, la mayor parte de la acuicultura, como ocurre con la agricultura, depende de un

número reducido de especies “principales”, como la tilapia, la carpa, los camarones, los bivalvos y las algas. Las 20 especies más producidas representaban más del 80% de la producción mundial en 2018¹⁷².

Para tratar la cuestión del uso sostenible del agua en la acuicultura es importante comprender dos divisiones fundamentales. En primer lugar, existe una división entre sistemas acuícolas con y sin alimentación de los peces. Los sistemas de peces alimentados, en comparación con los sistemas de peces no alimentados, en general son más intensivos y difieren en la eficiencia del uso de insumos, entre ellos, el agua. Los sistemas sin alimentación son particularmente importantes para el uso eficiente del agua, ya que los organismos filtrantes y las especies omnívoras (por ejemplo, carpa y tilapia) utilizan la productividad natural de las masas de agua. La segunda división importante distingue entre cultivo en agua dulce y en agua salada. La producción mundial de pez comestible cultivado (es decir, destinado al consumo humano) depende en gran parte de la acuicultura continental de agua dulce. En 2018, la acuicultura continental fue fuente de 51,3 millones de toneladas de peces comestibles cultivados, es decir, el 62,5% de la producción mundial total de peces comestibles cultivados, en comparación con el 57,9% en 2000¹⁷³.



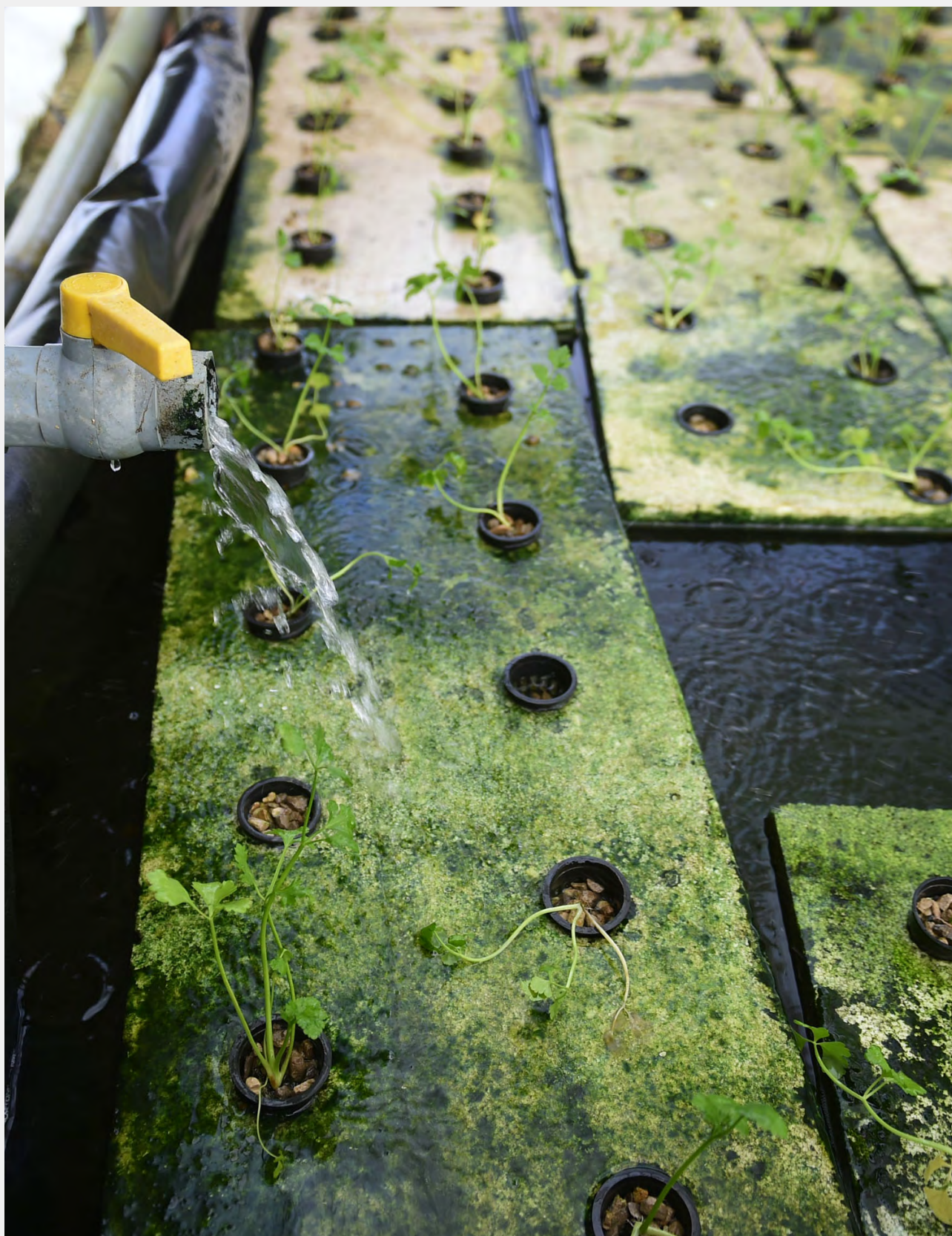
CUESTIONES ESPECÍFICAS

LA ACUICULTURA EN EL CONTEXTO DEL USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

EGIPTO

Vegetales y peces frescos creciendo dentro de un invernadero en una granja de acuaponía que se centra en la sostenibilidad y la energía limpia.

©FAO/Khaled Desouki



» También existen divisiones importantes en relación con los sistemas de producción. El cultivo en jaulas y los sistemas marinos, en los que los peces u otros animales acuáticos se crían dentro de estructuras flotantes o fijas sumergidas en el agua (en embalses, lagos y ríos), también pueden considerarse cría no consuntiva, junto con la pesca basada en el cultivo, en la que el uso del agua puede mejorarse con un buen seguimiento y decisiones de gestión correctas. Los estanques de tierra o excavados son los que más comúnmente se usan en la producción de acuicultura continental, aunque también se utilizan ampliamente tanques con conductos, tanques elevados, corrales y jaulas, donde las condiciones lo permiten. La acuicultura de recirculación es una de las prácticas acuícolas que más agua ahorran. Utiliza tanques, bombas y filtros para contener, hacer circular y limpiar el agua, de manera que pueda recircular o reciclarse y que no sea necesario cambiarla. Según la tecnología empleada y su intensidad, la utilización del agua puede caer en un factor de 100, en comparación con los sistemas de flujo abierto¹⁷⁴. Algunos sistemas superintensivos recientemente desarrollados emplean tan solo 300 litros de agua nueva, y a veces menos, por kilogramo de pescado producido. Las explotaciones tradicionales al aire libre rehabilitadas y reconstruidas como sistemas de recirculación registran un consumo de 3 m³ de agua por kilogramo de pescado. Un sistema tradicional de flujo abierto para cultivo de truchas habitualmente usa unos 30 m³ anuales por kilogramo de pescado producido¹⁷⁴. Un efecto negativo de la agricultura de recirculación es su alta complejidad tecnológica y sus costos mayores, pero los ahorros de agua son muy importantes.

Los sistemas integrados de agricultura y acuicultura adoptan varias formas, entre ellas, sistemas de producción de ganado y peces, de aves y peces o de arroz y peces¹⁷⁵. Un método adicional lo ofrece la acuaponía, al vincular la producción de pescado con la producción hidropónica de vegetales en sistemas de recirculación. Los productos de un subsistema, que de otro modo podrían convertirse en desechos, se vuelven un insumo para el otro subsistema, lo que mejora la productividad del agua. El elemento agrícola tiende a ser el cultivo preeminente; el cultivo de peces es secundario y también aporta aguas residuales ricas en nutrientes que pueden beneficiar al componente agrícola.

La integración da lugar a una mayor eficiencia en el uso de la tierra y el agua que controla la explotación. Dado que el agua se fertiliza con los desechos de los peces, se vuelve rica en nutrientes orgánicos y, por tanto, aumenta la producción vegetal y disminuye la necesidad de otros fertilizantes¹⁷⁶. Existen informes de explotaciones en donde se integran la agricultura y acuicultura, incluso en tierras desérticas y áridas, que han reducido el consumo de agua en un 80% a 90% en comparación con la acuicultura tradicional¹⁷⁷.

Un ejemplo se encuentra en Egipto, en una explotación que se dedica prácticamente por completo a la agricultura y acuicultura integradas, donde la tilapia se cría en tanques para peces conectados con estanques donde crece un helecho flotante llamado *Azolla*, que se emplea como alimento^{178, 179}. *Azolla* es una planta acuática cosmopolita que absorbe nutrientes del agua y, al mismo tiempo, fija el nitrógeno atmosférico, con lo que, literalmente, crea un fertilizante a partir del aire. Esta agua es usada para regar vides, olivos, naranjos y mangos¹⁸⁰.

Los sistemas que integran agricultura y acuicultura pueden ser especialmente importantes en zonas montañosas y áridas, dependiendo de la temperatura, donde son frecuentes la pobreza y la malnutrición. Por ejemplo, la integración y diversificación de la acuicultura permite producir arroz y pescado en un único arrozal con bancales, y las especies acuáticas de los sistemas sin alimentación enriquecen el nivel de nutrición de la población local y el desarrollo de la economía rural¹⁸¹.

Un punto importante en relación con el uso sostenible del agua es que, en algunos casos concretos, la acuicultura puede realizarse en lugares en donde ni la tierra ni el agua son aptas para la agricultura. En algunos países (como China y Egipto) la acuicultura con agua salina se realiza en zonas donde las condiciones del suelo y las propiedades químicas del agua disponible no son aptas para otros tipos de alimentos, como los cultivos de cereales para alimento o de forraje para animales^{182, 183}. En estos casos, en general se usan tilapias o camarones. En las llanuras aluviales estacionales o zonas costeras inundables, la acuicultura puede proporcionar una estrategia agrícola para volver productivas esas tierras marginales.

LA ACUICULTURA EN EL CONTEXTO DEL USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Uso de recursos hídricos salinos y alcalinos para la alimentación y los medios de vida

En muchos lugares del globo los suelos se están volviendo inutilizables para los cultivos, y una de las principales causas es la salinización, es decir, el aumento de concentración de sales en el suelo¹⁸⁴. Esto suele suceder cuando el agua de riego contiene sales disueltas, lo que aumenta el pH del suelo (alcalino) y reduce aún más su capacidad para producir cultivos. En el mundo hay unos 950 millones de hectáreas de tierras salinas y alcalinas^{182, 183}. Existen varias opciones para gestionar las tierras salinizadas; una interesante es la conversión a la acuicultura. Ha habido muchas experiencias positivas de desarrollo de la acuicultura en zonas de tierras alcalinas. Adoptar la acuicultura mejora la productividad de la tierra y, por ende, la economía rural, al aumentar la producción general¹⁸⁵.

Otra opción es producir *Artemia*, un animal acuático que crece en agua salina y se usa como alimento en la acuicultura. La especie *Artemia* crece en todo el mundo y es muy utilizada como alimento vivo de las larvas de crustáceos de agua marina y dulce y de los peces de escamas. Se considera crucial para una producción acuícola exitosa. La recolección y utilización de quistes de *Artemia* (huevos en reposo) se ha convertido en un medio de vida y una fuente de ingresos importantes para las personas que viven cerca de costas, lagos y masas de agua relacionadas que son salinas y alcalinas, y el sistema muestra grandes posibilidades de desarrollo de medios de vida sin utilizar agua dulce¹⁸⁶.

Acuaponía para una producción integrada de peces y vegetales

La acuaponía conecta la acuicultura con los cultivos hidropónicos en un sistema de producción único sin suelo, de modo tal que los peces aportan los nutrientes para los vegetales y estos limpian el agua. Al vincular estos dos sistemas de producción autónomos, se recicla toda el agua. No hay pérdida hídrica por escorrentía, saturación o malezas, y la evaporación se reduce al mínimo. Las hortalizas producidas por acuaponía usan alrededor de un 90% menos de agua que los cultivos en tierra y, además, entregan un segundo producto¹⁷⁹. Se observa una mayor conservación

del agua pues no hay descarga de efluentes de un sistema acuapónico ni tampoco de los peces ni de la escorrentía de los cultivos. Esto tiene efectos positivos en las cuencas hidrográficas y evita la contaminación por nutrientes y productos químicos.

Aunque la acuaponía es una práctica eficaz de ahorro de agua, no resulta adecuada en todos los lugares ni para todos los cultivos y productores. Es más apropiada para peces de agua dulce y para hortalizas y hierbas de gran calidad y alto valor, pero menos para legumbres y granos¹⁷⁹. Han tenido un efecto disuasorio los costos más elevados asociados a la ampliación de escala a grandes empresas acuapónicas. Sin embargo, en muchos lugares del mundo, en particular donde la tierra y el agua son escasas, se ha demostrado que es una actividad económicamente viable¹⁷⁹. En Arabia Saudita, Barbados, los Estados Unidos de América e Indonesia hay ejemplos exitosos, que demuestran la adaptabilidad y eficacia de este sistema agrícola integrado¹⁸⁷.

Piscicultura en arrozales para mejorar los medios de vida y la nutrición

La integración de la acuicultura y la agricultura no es una innovación reciente. Ante la presión cada vez mayor sobre los recursos naturales, la tierra y el agua y el agravamiento del cambio climático, una integración de este tipo ofrece oportunidades para crear sistemas alimentarios más sostenibles empleando prácticas nuevas y mejoradas que produzcan más y, al mismo tiempo, generen beneficios socioeconómicos y ambientales¹⁸⁸. La piscicultura en arrozales sigue expandiéndose, en especial en China, Madagascar y la República Democrática Popular Lao, donde las partes interesadas locales y las comunidades indígenas realizaron mejoras de manera conjunta. En China, el arroz se integra cada vez más con especies alimentarias nuevas y de alto valor, como el cangrejo chino y el ástaco. En Guinea, la integración de arrozales y piscicultura se adaptó para desarrollar tecnologías que permitan aumentar la producción de pescado¹⁸⁸. Dado su uso eficaz de los recursos y los importantes beneficios que ofrecen¹⁸⁹, existen grandes posibilidades de expansión de estos sistemas integrados, en especial en África¹⁹⁰. Se obtuvieron resultados alentadores de la piscicultura en arrozales en Burkina Faso, Guinea-Bissau, Malí y Uganda.

En general, la piscicultura en arrozales consiste en criar peces y, al mismo tiempo, cultivar arroz, aunque también existen sistemas de rotación. Las zanjas cavadas dentro de los arrozales sirven de refugio a los peces, que pueden nadar en las filas de arroz, comiendo insectos y caracoles, aireando el suelo y oxigenando el agua y, por ende, aumentando los rendimientos del arrozal. Uno de los beneficios de la piscicultura en arrozales, pertinente para la cuestión del uso del agua, es que requiere un menor uso de fertilizantes y plaguicidas (entre un 30% y un 50% menos), lo que tiene implicancias directas para la sanidad de las cuencas hidrográficas, debido a la reducción de la contaminación¹⁹¹. Con el mismo consumo de agua se obtienen dos productos distintos: pescado y arroz. Cuando la piscicultura en arrozales se lleva a cabo con un enfoque agroecológico, al igual que sucede con otros tipos de integración entre agricultura y acuicultura, ayuda a mitigar la pobreza y el hambre y, al mismo tiempo, aporta beneficios sociales y ecológicos positivos¹⁹². Algunos sistemas están reconocidos a escala internacional por sus beneficios culturales, agrícolas y ambientales, y han sido designados Sistemas importantes del patrimonio agrícola mundial¹⁹³.

En suma, la acuicultura puede ofrecer muchas ventajas para el uso sostenible del agua, como, por ejemplo:

- ▶ los sistemas integrados de cultivos y acuicultura pueden reutilizar el agua de la acuicultura para los cultivos y producir más alimentos con la misma cantidad de agua (si se la recicla);
- ▶ se puede adoptar la acuicultura en zonas donde no crecen cultivos que utilizan agua dulce, por ejemplo, zonas de inundación con agua salina o donde el agua es alcalina;
- ▶ las tecnologías nuevas y mejoradas, como la acuicultura de recirculación, aumentan el ahorro de agua a través de una gestión y reutilización cuidadosa de los recursos hídricos;
- ▶ en la acuicultura sin alimentación se reduce la huella de carbono al producir alimentos a niveles tróficos más bajos, pero los peces necesitan más tiempo para ganar peso¹⁹⁴;
- ▶ algunos tipos de acuicultura son no consuntivos, es decir que no extraen agua del agroecosistema (por ejemplo, el cultivo en jaulas).



ETIOPIA

Agricultora bombeando agua
del estanque para regar las
plántulas de forraje.

©FAO/Tamiru Legesse



CAPÍTULO 4

UNA MEJOR GOBERNANZA PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA

Mensajes principales

- ➔ A medida que crece la demanda de agua y se intensifican las tensiones entre usuarios, la gobernanza se vuelve cada vez más importante para garantizar un uso del agua sostenible, eficiente y equitativo.
- ➔ La contabilidad y auditoría del agua, es decir, la comprensión de la situación y las tendencias de los recursos hídricos y el contexto social más amplio relacionado con los mismos, deberían ser el punto de partida para cualquier estrategia de gestión y gobernanza eficaz.
- ➔ Las reglamentaciones que fomentan la coordinación entre entidades y actores, pertenecientes y no pertenecientes al sector agrícola, serán fundamentales para gestionar demandas contrapuestas relacionadas con el agua, el acceso equitativo y los servicios ecosistémicos.
- ➔ La tenencia segura del agua y la tierra, con sistemas de comercialización y fijación del precio del agua cuidadosamente estudiados, puede establecer incentivos para un uso del agua eficiente y sostenible en zonas de regadío y de secano.
- ➔ La transferencia de la gestión de los recursos hídricos a asociaciones comunitarias puede ser beneficiosa si se adapta a las condiciones locales de las partes interesadas, en particular las mujeres, que siguen estando infrarrepresentadas y en situación de desventaja.

UNA MEJOR GOBERNANZA PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA

En el Capítulo 3 se presentaron opciones de gestión de los recursos hídricos para reducir los riesgos relacionados con el agua y mejorar la productividad en las tierras cultivables, los sistemas ganaderos y la pesca continental y acuicultura de secano y de regadío y, al mismo tiempo, garantizar la sostenibilidad ambiental. El potencial relativo de las mismas dependerá de una serie de factores, entre ellos, las condiciones agroclimáticas locales, el déficit hídrico y la escasez de agua, los sistemas de producción agrícola y los beneficios que ofrecen estrategias diferentes. También dependerán de factores externos, como el comercio mundial y el cambio climático, así como de la gobernanza, los marcos institucionales y el entorno normativo.

Este capítulo se centra en la necesidad de una gobernanza eficaz y de instituciones sólidas para garantizar el uso sostenible y eficaz del agua y una distribución equitativa de los beneficios. Presenta un panorama de las oportunidades, los desafíos y los efectos de los instrumentos y medidas existentes para gestionar la escasez hídrica, incluida la fijación del precio del agua para controlar la demanda y recuperar costos, así como los instrumentos de asignación del agua, como derechos y cuotas, destinados a proteger el recurso y su calidad y a garantizar el acceso equitativo. En el capítulo se examinan, más allá de los sistemas de regadío, las opciones para la gobernanza del agua en los cultivos de secano, la ganadería, la pesca continental y la acuicultura y el efecto del exceso de agua en la agricultura. El marco normativo general se presenta en el Capítulo 5. ■

LA FUNCIÓN DE LA GOBERNANZA EN LA GESTIÓN DE LAS LIMITACIONES DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO

En la **Figura 13** (pág. 49) se muestra que para reducir el déficit hídrico y la escasez de agua habrá que realizar transformaciones de suma importancia que implican un cambio tecnológico e innovaciones en materia de gestión, en las que influirá el marco normativo, institucional y jurídico general. Las cuestiones relativas al agua suelen comprender a múltiples partes interesadas (por ejemplo, en el caso de cuencas hidrográficas que atraviesan múltiples regiones administrativas o, incluso, fronteras entre países) e instituciones; además, suelen existir consideraciones de economía política y conflictos en relación con las funciones de los agentes públicos y privados.

La salvaguardia de la contribución del agua a la seguridad alimentaria y la nutrición implicará desafíos importantes en materia de gobernanza desde el plano local hasta ámbitos más amplios (**Recuadro 16**)¹. Instituciones de diferentes niveles tendrán que afrontar la degradación continua de los suelos en las zonas de regadío, el deterioro de los ecosistemas de agua dulce y el uso sostenible del agua. Se necesitará una voluntad política fuerte, así como el debate y la colaboración entre los diferentes sectores, para negociar la competencia cada vez mayor por los recursos de agua dulce, en particular entre la agricultura y las ciudades. Los encargados de la formulación de políticas y los organismos normativos deberían »

RECUADRO 16 GOBERNANZA DEL AGUA EN FAVOR DE LA AGRICULTURA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La gestión de los recursos hídricos ha dominado el debate, las iniciativas y las propuestas de soluciones a los problemas relativos al agua, pero sin tener en cuenta la gobernanza. Con el cambio de siglo, la gobernanza del agua surgió como una cuestión destacada en la comunidad internacional, que tiene repercusiones para la seguridad alimentaria y la nutrición y para el desarrollo económico. La gobernanza se refiere a las reglas, organizaciones y procesos formales e informales a través de los cuales los agentes públicos y privados articulan sus intereses y toman sus decisiones. La gobernanza del agua hace referencia a los procesos, actores e instituciones que intervienen en la toma de decisiones relativa a los recursos hídricos y a la prestación de servicios relacionados con el agua, abarcando los ámbitos político, administrativo, social y económico, así como los sistemas y mecanismos formales e informales empleados⁵.

En la FAO, el Comité de Seguridad Alimentaria reconoció la importancia de la gobernanza al solicitar al Grupo de Alto Nivel de Expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición que preparara un informe sobre agua y seguridad alimentaria para su 42.º período de sesiones, que se celebró en 2015¹. En este informe se reconoció que la gobernanza es uno de los componentes principales de una seguridad alimentaria y nutrición mejores.

Se han intensificado las actuaciones destinadas a apoyar la gobernanza a escala nacional e internacional en el sector del agua mediante varias iniciativas, a saber:

- ▶ La FAO puso en marcha el Proyecto de gobernanza de las aguas subterráneas, con apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el Programa Hidrológico Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, la Asociación Internacional de Hidrogeólogos y el Banco Mundial. El objetivo es hacer que en la agenda de los órganos de decisión se aborde la necesidad de una gobernanza para mantener los beneficios socioeconómicos de las aguas subterráneas e impedir una inminente crisis del agua. El proyecto, en funcionamiento desde 2011, ha elaborado un

marco de acción mundial que consiste en un conjunto de directrices, recomendaciones y prácticas óptimas en materia de políticas e institucionales, con objeto de mejorar la gestión de las aguas subterráneas y la gobernanza en todos los niveles⁶.

- ▶ El Centro para la Gobernanza del Agua, una iniciativa conjunta iniciada en 2005 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Hídrico Internacional de Estocolmo, tiene como finalidad proporcionar a los países apoyo y asesoramiento en materia de políticas y generar conocimientos y capacidades para mejorar la gobernanza del agua dentro de los gobiernos y en la sociedad civil, así como entre los organismos de las Naciones Unidas⁷.
- ▶ La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos puso en marcha la Iniciativa sobre Gobernanza del Agua, una red internacional de muchas partes interesadas integrada por miembros de diferentes sectores (público, privado y sin ánimo de lucro) para intercambiar buenas prácticas de mejor gobernanza en el sector hídrico⁸.
- ▶ Junto con las asociaciones de cuencas fluviales existentes (como la Iniciativa de la cuenca del Nilo), mediante el indicador 6.5.2 de los ODS se hace un seguimiento de la cooperación entre países limítrofes en relación con ríos, cuencas lacustres y acuíferos transfronterizos para evaluar el alcance de los arreglos operacionales a través de las cuencas transfronterizas.

Estas iniciativas contribuyen al avance en los conocimientos y a una gobernanza eficaz del agua. Sin embargo, no integran plenamente los vínculos cruciales entre agua, agricultura y seguridad alimentaria⁵, que vuelven particularmente compleja la gobernanza del agua. Las asignaciones de agua dependen de cuestiones más amplias de economía política, como los precios de la energía. Los países deberían considerar la incorporación de la gobernanza del agua en favor de la seguridad alimentaria, la nutrición adecuada y la agricultura sostenible en sus políticas y marcos, así como en la colaboración con la FAO y otros asociados.

» recibir información sobre las necesidades, capacidad operacional e importancia de los diferentes sectores, especialmente respecto de aquellos grupos de población que carecen de suficiente influencia política (por ejemplo, los pescadores)^{2,3}. En colaboración con la FAO, Jordania está mejorando la capacidad nacional, regional y local para hacer frente a la escasez de agua, en especial de los agricultores y criadores de ganado, como resultado de un mejor conocimiento del uso del agua en la agricultura y de las necesidades de capacidad para desarrollar tecnologías de captación de agua y riego⁴.

El traspaso de la gobernanza del agua a los gobiernos provinciales o de distrito exagera aún más la complejidad de la misma, lo que hace necesario adoptar decisiones horizontales y verticales en todas las instituciones relacionadas con el agua, la agricultura y la tierra¹. Debería lograrse una mejor coordinación e integración tanto en sentido vertical, desde el nivel sectorial y de las cuencas fluviales hasta los sistemas de riego y los hogares, como en sentido horizontal entre todos los sectores (agricultura, hogares e industrias). Además, algunas de las zonas secas del mundo se están volviendo aún más secas, y las precipitaciones más variables y extremas, lo que requiere una gestión de los recursos hídricos sólida y flexible, así como tecnologías innovadoras y financiación para desarrollar nuevos recursos hídricos.

La fragmentación y el conflicto siguen siendo un elemento integral de los sistemas de gobernanza del agua. El control de la tierra y el agua es importante a la hora de lograr adhesión política, lo que tiene implicaciones para los grupos con menos poder. La tenencia del agua es particularmente insegura en el caso de los pequeños agricultores y otros grupos vulnerables, como las mujeres, los jóvenes, los migrantes y las poblaciones indígenas. Si son apropiadas, las estrategias de gestión de los recursos hídricos, la gobernanza, las innovaciones y las políticas pueden contribuir en gran medida a garantizar un uso del agua inclusivo, equitativo y sostenible. Teniendo en cuenta que la contabilidad y auditoría del agua deberían ser un elemento central de cualquier programa que aborde el desafío del déficit hídrico y la escasez de agua,

en la próxima sección se destaca su función en la gestión de los recursos hídricos y la mejora de la gobernanza.

En las secciones subsiguientes se examinan las herramientas y estrategias para mejorar la gobernanza y gestionar las limitaciones de abastecimiento hídrico y la competencia por el agua en la agricultura. Reconociendo que la gestión de la escasez y las demandas contrapuestas comprende asignar y gestionar las extracciones de agua dulce, las opciones de gobernanza se evalúan en primer término para la agricultura de regadío. El capítulo se centra luego en la gobernanza del agua en la producción de cultivos de secano, los sistemas ganaderos, la acuicultura y la pesca continental. ■

CONTABILIDAD Y AUDITORÍA TRANSPARENTES DEL AGUA

Una gestión eficaz del riesgo relacionado con el agua debe basarse en una contabilidad sólida de los recursos hídricos, es decir, en el estudio sistemático del ciclo hidrológico y de la situación y las tendencias futuras del suministro, la demanda, la accesibilidad y el uso de agua⁹. La contabilidad del agua proporciona información de referencia fundamental para cualesquiera políticas e intervenciones destinadas a hacer frente a la escasez de agua, en especial en la agricultura¹⁰. Si las sociedades no conocen la dotación de recursos hídricos de que disponen, corren el riesgo de hacer estimaciones excesivamente optimistas sobre estos y, por consiguiente, una asignación excesiva de los derechos de agua, lo que causa déficit hídricos graves durante las sequías. El cambio climático futuro probablemente invalide aún más los supuestos hidrológicos en los que se habían basado los derechos de agua⁹.

Sin embargo, la contabilidad del agua solo marcará una diferencia si forma parte de un proceso más amplio de mejora de la gobernanza. La auditoría va un paso más allá de la contabilidad del agua al establecer las tendencias

del suministro, la demanda, la accesibilidad y el uso del agua en el contexto más amplio de la gobernanza, las instituciones, el gasto público y privado, la legislación y la economía política en sentido más amplio⁹. La combinación de contabilidad y auditoría puede ser la base para una gestión de los recursos hídricos más realista, sostenible, eficaz y equitativa.

A pesar de que la información es crucial, los departamentos gubernamentales, como los de agricultura, saneamiento y medio ambiente, raramente comparten una base de información común⁹. Una comprensión incorrecta de los volúmenes y la distribución del agua suele subestimar la presión sobre los recursos y la disminución de la disponibilidad de agua. La contabilidad y auditoría del agua son necesarias para la coherencia de las políticas y proporcionan una base de información común aceptable para la planificación o las decisiones de las partes interesadas. Ocho países de Cercano Oriente y África septentrional utilizan la contabilidad y auditoría del agua para consumir menos agua y usarla de manera más productiva¹². En la República Islámica del Irán la contabilidad y la auditoría del agua han puesto de relieve problemas de eficacia en el uso del agua en las explotaciones agrícolas relacionados con el transporte, el agotamiento de las aguas subterráneas y la disparidad entre disponibilidad y recomendaciones gubernamentales. En Jordania, mediante la contabilidad del agua se pusieron de relieve cuestiones relacionadas con la calidad del agua y se sugirieron los beneficios de agregar pequeñas cantidades de riego mediante la captación de agua.

Por otra parte, la contabilidad y auditoría del agua no dejan de plantear problemas. En primer término, la naturaleza dinámica y la incertidumbre tanto de los procesos físicos del agua como de las respuestas de la sociedad, incluidas las existencias de agua, las tasas de agotamiento y reabastecimiento, la condición de la infraestructura y la demanda de los usuarios, hacen que la cuantificación de largo plazo de los recursos hídricos resulte particularmente problemática. Por tanto, los planes de gestión de los recursos hídricos deben centrarse en los problemas y ser dinámicos⁹. En segundo lugar, los países de ingresos bajos, en los que

la infraestructura y las instituciones son más débiles y grandes sistemas de riego prestan servicio a muchos pequeños agricultores, la cuantificación del uso del agua puede ser costosa, lo que supone una limitación importante para la gestión de los recursos hídricos. En tercer lugar, la necesidad de asignar agua a los flujos ambientales requiere una comprensión más detallada de las necesidades hidrológicas y de los ecosistemas —que suele superar la capacidad de los ingenieros de riego y los gestores de los recursos hídricos—, así como modelos de costos y beneficios. La contabilidad del agua es un proceso iterativo, que necesita mejoras continuas con objeto de incrementar su alcance y precisión.

En comparación con la contabilidad del agua, su auditoría requiere que la sociedad aporte información cualitativa y cuantitativa, y hay que asegurarse de que el personal, además de estar motivado, cuente con la capacitación necesaria¹¹. Para la gestión y recopilación de información sobre el agua se necesitan recursos, capacidades y paciencia; ya que esa información suele estar fragmentada, proceder de diferentes organizaciones y ser de calidad variable. El costo total de los programas de contabilidad y auditoría del agua varía enormemente según, por ejemplo, la escala y ambición del programa, el costo de la contratación de un equipo que lo ponga en práctica y la necesidad de recopilar información primaria y secundaria. Los avances en tecnologías cibernéticas (por ejemplo, teledetección, drones, bases de información en línea y teléfonos con GPS incorporados) reducen costos y proporcionan información incluso de zonas remotas, que carecen de redes o programas de seguimiento biofísico y social. También están fortaleciendo las bases de datos mundiales y regionales con información de acceso libre, en las que participan más científicos¹¹.

Dado que la contabilidad y auditoría del agua dependen del contexto, existen diferentes enfoques y no hay una metodología estandarizada. En 2017, la FAO publicó un libro de consulta que constituye un buen punto de partida para cualquier organización que desee realizar por primera vez la contabilidad y auditoría del agua, combinar la contabilidad con

la auditoría del agua o examinar y, en su caso, perfeccionar la contabilidad o auditoría del agua que ya pone en práctica¹¹. ■

HERRAMIENTAS PARA GESTIONAR LA ESCASEZ DE AGUA EN LA AGRICULTURA DE REGADÍO

El agua debe considerarse un bien económico, con un valor y un precio. Derechos de agua inseguros, desigualdades, subvenciones inadecuadas y una recuperación baja de los costos socavan la infraestructura y las inversiones en proyectos hídricos. Esto puede desembocar en un uso no productivo del agua y en riego excesivo¹³. Si se combinan con el apoyo a la agricultura (por ejemplo, transferencias de políticas vinculadas a la producción, tales como sustentación de precios de cultivos que usan mucha agua, como el arroz, o subvenciones para tecnología de riego o combustible), también pueden llevar a un uso excesivo y una asignación inadecuada. En la India la sustentación de los precios del arroz y las subvenciones a los insumos causaron un uso excesivo del agua y la degradación del medio ambiente¹⁴.

La escasez y las demandas contrapuestas se gestionan con muchos mecanismos e instrumentos. Estos comprenden herramientas de asignación e incentivos, entre ellos derechos y cuotas de agua; permisos negociables; licencias; reforma de los sistemas de protección social y otras medidas, entre ellas reglamentaciones relativas a la calidad del agua y su protección¹. La elección de herramientas y sistemas sociales y jurídicos (tanto oficiales como oficiosos) puede afectar la disponibilidad y calidad del agua para la agricultura, la seguridad alimentaria y la nutrición, así como el acceso al agua de las poblaciones pobres, vulnerables y marginales. Los reglamentos cuyos costos de cumplimiento son elevados aumentan el riesgo de degradación y bombeo ilegal de las aguas subterráneas¹⁵.

La asignación de agua comprende desde la determinación de prioridades nacionales y asignación entre países en cuencas fluviales compartidas, hasta los usuarios individuales en el nivel de la cuenca (véase el **Recuadro 17**)¹. Los instrumentos mal adaptados pueden trastornar los sistemas existentes. En momentos de sequía y estrés hídrico graves, las herramientas del mercado pueden dar prioridad a sectores que ofrecen el mayor valor económico (como ciudades e industrias) y restringir el agua destinada a la agricultura^{1, 16}. El desafío reside en priorizar el agua para la producción de alimentos, así como las necesidades básicas de las poblaciones pobres y vulnerables.

Cuando se deteriora la salud de los ríos debido a alteraciones del caudal, es importante restaurar los flujos para satisfacer las necesidades del medio ambiente y mantener la abundancia y diversidad de las especies, que respalda otros servicios ecosistémicos de los ríos³. Aunque esto constituye un desafío desde el punto de vista político, la mayoría de los países de ingresos altos y algunos de los de ingresos bajos ahora cuentan con reglamentos relativos a los caudales ambientales^{3, 17}.

La función de la tenencia del agua, la tenencia de la tierra y los derechos de agua

El debate sobre la asignación y reasignación del agua y la prestación de servicios hídricos equitativos gira en torno a los derechos de agua, asociados a los derechos sobre la tierra. Un derecho de agua es el derecho jurídico a extraer y usar agua de una fuente natural, como un río, un arroyo o un acuífero²⁰. Existen diferentes tipos de derechos de agua, así como de relaciones en el marco de la tenencia hídrica: licencias anuales (para el uso del agua con arreglo al régimen de mando y control), contratos de suministro y control por organismos (poder jurídico conferido a un organismo de riego para emplear agua)¹⁰. A raíz de su conexión con la propiedad, los derechos de agua actualmente son causa de controversias entre países de todos los niveles de ingresos. En este informe, la tenencia del agua (véase el **Recuadro 18**) es un concepto más amplio que complementa el de derechos de agua. El término no debe confundirse con el

RECUADRO 17 EVOLUCIÓN DE LA GOBERNANZA DEL AGUA EN MARRUECOS: LA PRODUCCIÓN DE ZANAHORIAS EN LA PROVINCIA DE BERECHID

Marruecos está abordando la gobernanza del nexo entre agua, energía y alimentos a escala nacional y subnacional. A escala subnacional, la cogestión de acuíferos es un nuevo modo de gobernanza que se efectiviza a través de un contrato que alienta a las partes interesadas a hacerse responsables de reglamentar y mejorar la gestión de las aguas subterráneas. Está incluida en los planes generales de desarrollo regional y gestión de las cuencas fluviales, a fin de que exista coherencia entre los objetivos planteados y las medidas adoptadas.

En la provincia de Berrechid (Marruecos), el Organismo de la Cuenca Fluvial negocia contratos de acuíferos, gestionando las acciones y los intereses de las partes interesadas pertenecientes al sector agrícola y energético. El debate se centra en el acceso desigual al agua, dado que se considera que los usuarios que son productores de zanahorias se encuentran en una situación relativamente mejor. Se estima que las zanahorias usan

entre 5 000 m³ y 15 000 m³ de agua dulce por hectárea, en una extensión amplia de tierras de cultivo. A pesar de usar riego por goteo, la demanda de agua llevó a la sobreexplotación del acuífero.

La FAO está prestando apoyo al Organismo de la Cuenca Fluvial para modificar el contrato relativo al acuífero y convertirlo en una nueva alianza entre todas las partes interesadas, que permita el intercambio de información y fortalezca la confianza y la colaboración. El objetivo es que las partes interesadas mejoren la productividad del agua para cultivos mediante incentivos económicos (por ejemplo, diversificación agrícola) o a través de la participación de las asociaciones de agricultores en la contabilidad del agua. Esto da una idea de las posibilidades que otorga reunir a diferentes actores (como los que están involucrados en el nexo entre agua, energía y alimentos) para determinar los principales problemas de los acuíferos y el mejor camino a seguir, incluidas las inversiones y las finanzas.

FUENTE: Bojic y Vallée, 2019¹⁸; e IAV Hassan II, 2019¹⁹.

del derecho humano al agua, que emana de las normas internacionales de derechos humanos.

En un mundo con una demanda en alza, la tenencia del agua y de la tierra puede ser un componente básico sólido de un uso eficiente y un acceso al agua seguro, equitativo y sostenible. Permite realizar ajustes a través del mercado, mientras que el mecanismo de precios (que refleja el valor real del agua), incentiva a los usuarios a realizar un seguimiento y a usar el agua de manera más eficiente y productiva²¹. Al requerir el consentimiento del usuario para cualquier reasignación y al compensarlo por cualquier transferencia, la tenencia empodera a los usuarios y aumenta el valor económico del agua, siempre que las instituciones estatales y los mecanismos de aplicación funcionen adecuadamente. Esto incentiva a los agricultores a invertir, entre otras cosas, en riego, gestión de suelos y tierras y tecnologías más avanzadas, así como a reducir la degradación de los recursos^{22, 23}. Los derechos

de agua seguros también pueden contribuir al desarrollo de las TIC, por ejemplo, la gestión en tiempo real de los sistemas de riego y la cartografía del agua mediante herramientas de tecnología satelital, inteligencia artificial y cadenas de bloques.

Los derechos de agua tradicionales formales (véase el **Recuadro 18**) todavía siguen siendo importantes¹⁰. Al estar vinculados a los derechos de tenencia de la tierra no requieren un mecanismo oficial ni la burocracia que se asocia a él, dado que una persona con tenencia de la tierra también posee derechos de agua. Los propietarios de tierras deben hacer valer sus derechos de agua frente a terceros, si la administración del agua no los aplica. Con frecuencia, los derechos tradicionales sobre el agua de carácter formal no bastan para hacer respetar el acceso. Aunque en la mayoría de los lugares donde hay escasez hídrica existe un sistema de tenencia del agua, aquellos sistemas que no están oficialmente

RECUADRO 18 EXAMEN DE LA TENENCIA DEL AGUA

Antes de considerar la tenencia del agua, es útil examinar el concepto de tenencia más detalladamente. La tenencia determina el acceso y el uso de diferentes recursos naturales y la forma en que se relacionan entre sí a través de normas y arreglos formales e informales¹⁰. En su uso más común, el término se relaciona con la tierra. Aunque hay muchas definiciones de tenencia de la tierra, una definición sucinta que propone la FAO es “la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a la tierra”²⁴. En este informe se propone la siguiente definición de tenencia del agua: “la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a los recursos hídricos”¹⁰.

En lo que respecta al uso del agua para agricultura, la mayoría de los tipos de tenencia son pertinentes. Los agricultores de los países de ingresos altos pueden depender de derechos de agua tradicionales formales (los que derivan de los derechos de tenencia de la tierra), derechos de agua modernos (derechos basados en permisos de largo plazo, de 12 a 30 años o más) o contratos de suministro de agua a granel, como la tenencia en común a través de asociaciones de usuarios de agua. Es menos probable que los agricultores de países de ingresos bajos posean derechos de agua modernos formales, pero pueden depender de derechos consuetudinarios o informales (por ejemplo, en la India)¹⁰, en particular en lo que atañe a las aguas subterráneas.

Estos pueden ser flexibles, socialmente negociables y muy adaptables a las circunstancias locales, sociales y ambientales. La asignación local de agua también puede ser sólida y desempeñar una función importante en la solución de controversias, dado que el acceso al agua se realiza a través de un conjunto intrincado de relaciones sociales y recíprocas (por ejemplo, jefes, ancianos y autoridades locales).

En comparación con el de derechos de agua, que tiende a ser un enfoque de arriba hacia abajo impulsado por el Estado, la tenencia del agua constituye un enfoque de abajo hacia arriba centrado en el usuario, más adecuado para la complejidad de las cuestiones relativas al agua, que implica un enfoque holístico de las relaciones con el agua y un uso sostenible e inclusivo. La tenencia del agua también considera a los países donde las leyes locales rigen la gestión y el uso de los recursos hídricos, además de disposiciones reglamentarias, como permisos, contratos de suministro de agua y concesiones.

La tenencia del agua se centra especialmente en el acceso y el uso, en tanto que la gobernanza abarca los procesos y fuerzas sociales y económicos más amplios que determinan la condición del agua. La tenencia influye en la gobernanza del agua y es influida a su vez por ella. Hasta que no haya una clara comprensión de la tenencia del agua, es probable que los intentos de reformar la gobernanza fracasen.

reconocidos o fundamentados en la ley son más vulnerables a usurpaciones y expropiaciones²⁵. El establecimiento de derechos debería ser transparente y seguro con objeto de proteger a los usuarios en pequeña escala, permitiéndoles negociar beneficios o compensaciones. La tenencia del agua comunitaria puede prestar apoyo a los pueblos indígenas, las comunidades locales y las mujeres, que desconocen sus derechos de agua o no están en condiciones de reivindicarlos.

La FAO elaboró las *Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra*,

la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional para abordar la relación entre la tierra y el agua²⁶. Esto comprende mejorar los marcos normativos y jurídicos con el objetivo general de lograr la seguridad alimentaria para todos y realizar el derecho a una alimentación adecuada. Young (2015) traza un esquema de derechos de agua y su intercambio (compra y venta de derechos de agua) basado en la cuenca del río Murray-Darling, en Australia²⁷. En este se destaca la importancia de asignar agua mediante un proceso transparente, realizando la contabilidad de las pérdidas por evaporación y los resultados ambientales, incluidos la calidad del

agua y los flujos al mar. Esto aporta transparencia en respuesta a cambios en la disponibilidad de agua para cada regante. Como la tenencia del agua es específica para cada contexto y ubicación, la situación en Australia puede ser muy diferente de la de otros países, especialmente de ingresos bajos. A menudo los usuarios en pequeña escala son reacios a registrar el uso del agua por temor a que se les impongan tarifas. Esto puede poner en riesgo el acceso al agua con la aplicación de regímenes de derechos de agua en muchos países^{1, 28}.

A la dificultad de introducir reformas se agrega el hecho de que el agua se considere a menudo un bien gratuito y, en general, subvencionado, lo que dificulta la asignación de derechos seguros sobre el recurso. Intereses arraigados se benefician de las subvenciones y asignaciones de agua existentes²⁹. El acceso y la tenencia suelen estar vinculados a dinámicas políticas, grupos, intereses e influencias diferentes. Dentro del sector agrícola, es posible que se dé prioridad a los usuarios más productivos y de más envergadura, dejando de lado a los pequeños productores, especialmente a las mujeres, lo que supone una amenaza para sus medios de vida y seguridad alimentaria. Esto puede remediarse mediante un enfoque centrado en los usuarios, que asigne prioridades iguales sobre una base territorial considerando el uso previsto (por ejemplo, seguridad alimentaria y nutrición) y la productividad del agua. Así se obraría en conformidad con los principios convenidos, incluido el derecho humano al agua y los alimentos^{30, 31}.

La tenencia del agua puede fomentar la coherencia de las políticas en todos los sectores. La tenencia del agua puede fomentar la coherencia de las políticas en todos los sectores. La relación entre tierra y agua es un ejemplo evidente de cómo el uso de un recurso influye en el otro y a la vez es influido por él¹⁰. Una tenencia del agua bien definida puede mejorar la tecnología de riego en lo que atañe a la conducción, la derivación y los dispositivos medidores, así como los marcos institucionales de la gestión de los recursos hídricos, especialmente en los países de ingresos bajos. Esto requiere que se establezca un sistema de contabilidad y asignación de los recursos hídricos y *antes* de

invertir en nuevos sistemas de riego. Sin derechos de agua seguros, las nuevas tecnologías pueden, de hecho, incrementar el consumo de agua. Puede haber beneficios económicos si se asigna más agua a usos de alto valor, como frutas y hortalizas. Sin embargo, existe el riesgo de aumentar el consumo de agua, lo que puede aparejar repercusiones negativas para los pequeños productores y las mujeres. También es posible mejorar la calidad del agua reduciendo las extracciones, gestionando los niveles de aguas subterráneas y sosteniendo el flujo basal de los ríos (es decir, la porción de su caudal mantenida por descarga de las aguas subterráneas).

Instrumentos económicos: reorientar los incentivos a los agricultores

Mediante instrumentos económicos se puede alentar a los productores a cambiar su comportamiento para lograr el resultado hidrológico deseado¹⁵. Planes de este tipo pueden producir ingresos para las autoridades reguladoras (a través de impuestos), ser costosos para estas (subvenciones) o conllevar pagos solo entre agricultores (comercialización). En ausencia de una tenencia del agua vinculante y de cumplimiento obligatorio, puede resultar difícil aplicar instrumentos basados en incentivos y complicado cuantificar sus resultados, de modo que suelen emplearse con enfoques reglamentarios subyacentes de seguimiento y cumplimiento y no de manera independiente.

Oportunidades y desafíos del mercado del agua

En zonas donde se han establecido asignaciones de agua dulce, puede ser posible la transferencia de derechos entre los productores. Los mecanismos pueden comprender el arrendamiento y venta de derechos de agua, subastas, bancos de agua, fijación del precio en bloque y comercio de la calidad del agua. Estos mecanismos tratan el agua como un bien que se transfiere entre usuarios de acuerdo con el precio del mercado²¹. En determinadas circunstancias y en algunos contextos nacionales, los mercados pueden asignar agua de manera eficaz, ser económicamente eficientes y tener capacidad de respuesta ante los cambios. Cuando los usuarios pueden decidir comprar o vender, los que venden lo hacen voluntariamente, que no es lo que suele suceder cuando una

autoridad central reasigna o expropia el agua. El mecanismo de los mercados puede, por tanto, reducir los conflictos, aunque existen muy pocos mercados de agua en funcionamiento y con suficiente experiencia³².

Constituye una excepción el Camp de Tarragona (España), donde mecanismos de mercado han llevado a una asignación adecuada de recursos y una flexibilidad en la competencia entre diferentes usos con alta eficiencia económica. La colaboración entre beneficiarios e instituciones administradoras constituye la base del mercado³². Un análisis realizado sobre el período 1954-2012 del mercado de agua de Río Grande, Texas (Estados Unidos de América) mostró que dicha colaboración había facilitado la transición hacia cultivos de mayor valor y más productivos. Esto ocurrió en su mayor parte durante sequías y representó alrededor del 30% de los ingresos en los condados con mercados de agua³³. Se estima que en los Estados Unidos de América el valor promedio anual de la comercialización de agua en 12 estados del oeste, entre 1987 y 2008, ascendió a 406 millones de USD³⁴. Anualmente, el valor de las transacciones de agua ha variado de menos de 1 millón de USD en Montana y Wyoming a casi 40 millones de USD en Arizona, Colorado, Nevada y Texas, y a más de 223 millones de USD en California. En Australia el mercado tiene un tamaño importante: se estima que el valor total de los mercados de agua era de unos 1 700 millones de USDⁿ en 2017-18³⁵.

No obstante, existen condiciones previas importantes para que un mercado de agua dé buenos resultados y asegure una distribución equitativa. Por ejemplo, en Chile los (nuevos) derechos de agua se subastan al mejor postor con la expectativa de que esto determine una asignación equitativa del recurso, partiendo de la premisa de que cualquiera puede acceder al mercado³⁶. Con frecuencia, esto perjudica a los agricultores de subsistencia, cuyos beneficios resultan difíciles de calcular en términos económicos. Tiene importancia la forma en que se formulan las normas que rigen el mercado y se supervisa su aplicación. En Chile hay

especuladores que acaparan los derechos de uso del agua, y el registro y seguimiento de esos derechos son limitados³⁷. En un estudio realizado en el valle del río Limarí (Chile) se encontró que la eliminación de las restricciones comerciales aplicadas a los mercados de agua entre distritos daría lugar a aumentos de bienestar que harían crecer de un 8% a un 32% la contribución de la agricultura al PIB regional³⁸.

En Australia los mercados de agua en la cuenca de Murray-Darling redujeron los beneficios totales e impusieron costos ambientales debido a la excesiva asignación de derechos. A fin de aumentar la eficiencia y liberar agua para los flujos ambientales, se destinaron importantes inversiones públicas al riego³⁹. Los análisis muestran que habría sido mucho más barato y eficaz recomprar el excedente de derechos. El costo de las subvenciones a la infraestructura es casi 2,5 veces mayor que el de adquirir agua⁴⁰. De manera similar, el costo de aumentar los caudales ambientales a partir de subvenciones es más de seis veces mayor que el de la compra directa⁴⁰. El caso de la cuenca Murray-Darling ilustra los beneficios de los mercados de agua, así como la importancia de una secuencia correcta de reformas, de la definición de los derechos de agua y de la cantidad de derechos de agua que se asigna.

Los principios de la gestión de las aguas subterráneas son más complejos que los que se aplican a los sistemas superficiales, debido a limitaciones en la información. Si se ponen límites a la extracción de agua del acuífero, estos mercados pueden mejorar el acceso al riego subterráneo, en particular de los agricultores marginales y en pequeña escala. Los aspectos negativos comprenden el poder monopólico de los vendedores de agua locales y la combinación de mercados de agua y subvenciones a la electricidad sin reglamentos de uso, lo que lleva a la sobreexplotación del agua subterránea (véase el **Recuadro 19**). Los agricultores en pequeña escala y marginales pueden tener que cargar en medida desproporcionada con los costos del agotamiento de las reservas de aguas subterráneas. En casos extremos, la extracción excesiva puede llevar al abandono del riego en muchas zonas costeras (por ejemplo, en Marruecos y Túnez)⁴¹.

ⁿ Convertido al tipo de cambio de 2019 de 1 USD = 1,44 AUD.

RECUADRO 19 EFECTOS DE LOS MERCADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA EQUIDAD Y EN EL USO EFICIENTE DEL AGUA: LOS CASOS DE CHINA Y LA INDIA

En la India, los mercados de aguas para usos agrícolas están limitados casi totalmente a las aguas subterráneas. Son informales y están localizados, pero abarcan una superficie estimada entre 8,4 y 13 millones de hectáreas, es decir, entre el 14% y el 22% de la superficie total que se riega con aguas subterráneas. El valor anual de la venta de agua en el riego de la India es de unos 1 700 millones de USD, a los que se agregan 2 600 millones de USD anuales correspondientes a los servicios de riego contratados⁴². Los efectos varían, pero los mercados de aguas subterráneas pueden mejorar la accesibilidad al riego con aguas subterráneas, en particular de los agricultores marginales y en pequeña escala, mitigando las vulnerabilidades relacionadas con el agua⁴³. También pueden permitir que los agricultores aumenten su productividad. Los compradores de agua han demostrado ser más eficientes en su utilización, en tanto que los vendedores son más eficientes que un grupo de control de dueños de bombas que no venden agua⁴⁴. A pesar de estos beneficios, en el contexto de la electricidad subvencionada, los mercados de aguas subterráneas todavía pueden tener consecuencias negativas debido a la sobreexplotación, que reduce las aguas subterráneas para usos agrícolas futuros⁴⁵.

El aumento de la productividad de las aguas subterráneas puede reducir el consumo y la extracción excesiva, pero es necesario que haya una contabilidad clara.

En China septentrional también han crecido rápidamente los mercados de aguas subterráneas. Una encuesta mostró que el 18% de los pozos entubados vendían agua en 2004, y que ese mismo año el 77% del agua bombeada proveniente de pozos privados fue vendida en el mercado de aguas subterráneas⁴⁵. El análisis indica que los agricultores que compran agua en mercados de aguas subterráneas usan menos agua que los que tienen sus propios pozos entubados. Los rendimientos de los compradores de agua no se vieron afectados negativamente, lo que indica que los compradores de agua tratan de mejorar la eficacia en el uso del agua. Los mercados de aguas subterráneas de China septentrional no son monopolísticos y ofrecen a los hogares rurales pobres agua de riego asequible. En otro análisis se determinó que los vendedores de los mercados de aguas subterráneas en China habían obtenido beneficios moderados al tiempo que habían proporcionado riego a los compradores a un precio razonable, especialmente a los pobres⁴⁶.

Las políticas para gestionar la extracción excesiva suelen requerir financiación estatal e instrumentos normativos y basados en incentivos. Estos comprenden la imposición de límites a la creación de nuevos pozos o superficies bajo riego, derechos y permisos de bombeo, certificación de las superficies bajo riego y empleo de medidores en los pozos. Se pueden obtener mediciones de menor costo mediante valoraciones indirectas y tecnología de la información avanzada, como la teledetección, especialmente en las zonas secas. Controlar la expansión del número de pozos requiere una voluntad política fuerte y personal sobre el terreno, además de la imposición de sanciones graduales a los que violen las normas. El número de pozos puede reducirse mediante su recompra. Las herramientas basadas en incentivos comprenden impuestos, tarifas, exclusión de tierras, permisos de comercialización

de aguas subterráneas y participación en los gastos para incentivar la gestión de los recursos hídricos. En el **Recuadro 20** se presentan dos casos de gestión general de aguas subterráneas en los Estados Unidos de América.

En un análisis en profundidad de la reforma de la gestión de aguas subterráneas, Molle y Closas (2017) concluyeron que la cogestión entre los usuarios y el Estado ofrece mayores posibilidades de éxito cuando se pone en práctica con una combinación de los siguientes factores: i) la amenaza de sanciones, de conformidad con las leyes, a menudo vinculadas a salvaguardias ambientales o a acuerdos y tratados de aguas compartidas; ii) una sequía grave o una crisis ambiental que vuelva más legítima y aceptable una intervención estatal; iii) menores costos de transacción; iv) número limitado

RECUADRO 20 GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

En los Estados Unidos de América, en el Distrito de los Recursos Naturales del Alto Republicano, en Nebraska, se utilizan múltiples herramientas para reducir la disminución de las aguas subterráneas y cumplir un pacto interestatal establecido con los estados de Colorado y Kansas en materia de flujos de aguas superficiales. Las herramientas comprenden la imposición de una moratoria a la perforación de nuevos pozos, un sistema de permisos para pozos, impuestos a la “ocupación de tierras”, un límite al bombeo de aguas subterráneas que rige en los mercados de agua formales e informales y proyectos de aumentos de caudales. Se subvenciona el costo de las sondas para medir la humedad del suelo con objeto de incentivar mejores prácticas de gestión. Fundamentales para el éxito han sido la importante participación de la comunidad y el apoyo al seguimiento y la ejecución. El distrito respetó el pacto interestatal y, al mismo tiempo, minimizó el impacto en los usuarios de agua. No obstante, sigue vigente la cuestión de largo plazo de la disminución del nivel de las aguas superficiales; aunque al día de hoy es inferior a lo previsto, el distrito hasta ahora no ha logrado estabilizar los niveles. Un problema residió en las asignaciones iniciales excesivas, dado que muchos usuarios acumularon grandes cantidades de

agua para un uso futuro, con lo que se redujo el incentivo a conservar el agua. El distrito intentó solucionar esto mediante restricciones aplicadas a la contabilidad de remanentes⁴⁷. Unas asignaciones iniciales correctas desde el punto de vista hidrológico y flexibilidad para corregir las asignaciones excesivas son elementos esenciales para el éxito de las reformas relativas al agua.

La Autoridad del Acuífero Edwards, de Texas (Estados Unidos de América), gestiona los niveles de aguas subterráneas y flujos de manantiales necesarios para la supervivencia de varias especies en peligro. Se restringen las extracciones mediante límites al bombeo de aguas subterráneas y licencias negociables. La comercialización del agua estableció límites específicos en el derecho estatal; se redujeron al mínimo los costos de transacción, se desarrolló una plataforma de comercialización en línea y se promovió la flexibilidad en cuanto al modo en que los usuarios dividen sus asignaciones. El hecho de que los datos relativos al uso del agua estén públicamente disponibles aumentó la transparencia, creó confianza y ayudó a asegurar el compromiso de los participantes en el programa. La Autoridad del Acuífero Edwards logró mantener un nivel mínimo de flujos de manantiales, incluso en temporada de sequías⁴⁷.

de usuarios y relativa homogeneidad social; v) recursos suficientes para ofrecer incentivos que vayan más allá de los reglamentos y las sanciones; vi) posibilidad de desglose de la gestión del acuífero en partes más pequeñas, siempre que reglamentos e incentivos eficaces garanticen la eficacia en el uso del agua; vii) información confiable y transparente sobre los recursos hídricos, y viii) establecimiento de prácticas convenidas de rendición de cuentas y transparencia en cuanto al fundamento de las medidas y la distribución de los costos y beneficios⁴¹.

En general, muchos mecanismos basados en el mercado relativos a las aguas superficiales y subterráneas son todavía relativamente nuevos; los enfoques de los mercados del agua

mejorarán sobre la base de estas experiencias. Actualmente hay más empresas que invierten en mercados del agua o les prestan apoyo, lo que es una señal de un mercado en desarrollo²¹. La aplicación de mecanismos de mercado del agua, ya sea mediante subasta, bancos de agua u otras formas de transferir agua usando un precio, es complicada y requiere conocimientos especializados sobre el lugar en que se encuentren, en concreto en cuanto a las circunstancias socioeconómicas, políticas, jurídicas, hidrológicas y ambientales o la heterogeneidad de la tenencia del agua. Dado que las presiones sobre el agua continuarán y que los enfoques tradicionales de desarrollo de recursos se están acercando a su límite, es probable que siga habiendo experimentación e innovación en diferentes enfoques de los mercados del agua.

Fijación del precio del agua: oportunidades y desafíos

La fijación del precio del agua, es decir, el cobro de un derecho sobre el (uso de) agua en términos monetarios, puede servir para recuperar los costos directos (suministro e infraestructura hídricos) e indirectos (ambientales, sociales y de oportunidad)⁴⁸. También puede ayudar a conservar agua y promover un uso más sostenible, a hacer frente a los problemas de escasez y a impulsar inversiones en cultivos alternativos que usen menos agua, o tecnologías que permitan ahorrar agua. En la agricultura resulta difícil fijar un precio del agua debido a motivos políticos, culturales y de equidad. En muchos países no existe un precio nacional del agua, dado que este puede variar enormemente dentro del país y entre diferentes sistemas de riego. Algunos países directamente no establecen un precio para el agua, a pesar de la necesidad de realizar inversiones en infraestructura y tecnologías, lo que requiere una financiación masiva privada y pública⁴⁹.

En determinadas circunstancias agrícolas locales y regionales (por ejemplo, una baja proporción de los costos del agua en comparación con los costos totales de producción), la elasticidad de precios de la demanda de agua puede ser baja, especialmente a corto plazo. En esos casos, el aumento del precio del agua puede no dar lugar a reducciones importantes de su uso⁴⁸. Las tarifas basadas en incentivos son las más destacadas, dado que se refieren a la manera en que los usuarios pagan y a si se transmiten señales de precios correctas, en lugar de centrarse solamente en la recuperación de los costos. Estas tendencias reflejan el traspaso de la gestión de los recursos hídricos de los gobiernos centrales a las autoridades regionales o locales, la inversión cada vez mayor del sector privado en servicios hídricos y la financiación de grandes inversiones hídricas por parte de asociaciones público-privadas. Esto pone de relieve la importancia de la fijación del precio del agua, pero también la exigencia de una reglamentación sólida para garantizar la protección de los intereses públicos⁴⁹.

Puede ser muy difícil aumentar la recuperación de costos de los usuarios; en la mayoría de los casos ni siquiera se recuperan los gastos de funcionamiento y mantenimiento⁵⁰.

Una asignación sólida puede ayudar a que se produzca un cambio en el uso del agua, de los cultivos de cereales a usos de mayor valor, con flexibilidad para ajustarse a las condiciones cambiantes⁵¹. Para fomentar el pago por la gestión de los recursos hídricos y los servicios conexos también se necesitan servicios hídricos de calidad estable y una clara explicación de cómo se usan los ingresos en beneficio de los usuarios, además de reglamentos y sanciones. Para que un plan de fijación de precios logre una recuperación de los costos y un uso sostenible óptimos, son fundamentales las opciones de diseño, por ejemplo, en lo que atañe a la estructura de tarifas y el nivel de precios. En el Cuadro 5 se presenta un resumen de los principales métodos de fijación de los precios.

Varios países han incluido los precios del agua en sus intervenciones frente a la escasez hídrica. En Australia se considera esencial contar con señales de precios precisas y mercados hídricos efectivos para mejorar la eficacia en el uso del agua y alentar a los usuarios a adaptarse al cambio climático⁹. En Israel, la Comisión del Agua establece el precio del agua empleando un sistema de tres niveles según el consumo (fijación de precios volumétrica, véase el Cuadro 5) a fin de alentar al ahorro de agua. Para una asignación determinada, los agricultores pagan precios diferenciales por el agua potable. Según un informe de la FAO, el primer 60% de la asignación de agua cuesta 0,20 USD/m³; entre el 60% y el 80% el costo es de 0,25 USD/m³, y entre el 80% y el 100% asciende a 0,30 USD/m³⁵⁴. En el riego no supone una diferencia fundamental que un organismo fije los precios y los agricultores elijan luego cuánta agua usar, o bien que el organismo asigne derechos o cuotas de agua (negociables) y la explotación agrícola demuestre los costos marginales a través de sus decisiones sobre el uso del agua. La elección de la modalidad de control depende de su eficacia relativa. Si hay alguna ventaja entre elegir control de precios o de cantidades, esta obedecerá a información insuficiente o asimétrica, incertidumbre respecto de los costos de transacción o distribución desigual del riesgo entre usuarios del agua⁵⁵⁻⁵⁸.

Varios factores dificultan la fijación de precios volumétricos del agua para riego. En primer

CUADRO 5
MÉTODOS DE FIJACIÓN DE LOS PRECIOS DEL AGUA

Método de fijación de los precios	Resumen	Ventajas	Deficiencias
Fijación del precio del agua según el mercado	Precios determinados indirectamente por un mecanismo descentralizado de fijación de los precios (como un mercado) y por la oferta y la demanda.	Posibilidades de indicar escasez y costos de oportunidad. Puede ser sumamente eficaz para mantener el valor bruto de la agricultura de regadío durante las sequías y reasignar agua en poder de usuarios con menor productividad del agua a aquellos con una mayor productividad.	Requiere mecanismos de mercado adecuados, entre ellos, transparencia en materia de precios y comercio, así como información oportuna y precisa sobre insumos, lo que puede ser costoso.
Fijación de precios del agua no volumétricos	Precio basado en producto, insumo, superficie irrigada o valores de la tierra.	Procedimiento bastante sencillo y de bajo costo de aplicación y gestión ⁵² . Costos reducidos de seguimiento y aplicación.	Pocos o ningún incentivo para conservar el agua.
Fijación de precios del agua volumétricos	Precio basado en el agua extraída o consumida.	Crea incentivos para mejorar la conservación del agua y cambiar prácticas agrícolas con miras a un uso más eficiente del agua.	Requiere que las autoridades en el ámbito hídrico establezcan el precio, controlen la extracción y cobren las tarifas.

FUENTE: Elaborado por la FAO sobre la base de Rosegrant, 2020⁵³.

lugar, en los sistemas de riego el valor de los derechos de agua ya se ha capitalizado como valor de la tierra de regadío. Los titulares de los derechos consideran que la fijación de precios es una expropiación de dichos derechos, que ocasiona pérdidas de capital a las explotaciones²³. Los intentos por establecer precios suelen enfrentarse a una fuerte oposición de los regantes, lo que vuelve difícil mantener un sistema de precios eficiente²³. En segundo lugar, los costos de medición y supervisión pueden ser prohibitivos, sobre todo en muchos países de ingresos bajos. Por último, a menudo se hace frente a la escasez de agua mediante la definición de una cuota y los precios se emplean principalmente para regular el uso marginal, más allá de la cuota, en lugar de racionar el agua escasa⁵⁹. Esto se aplica especialmente al agua superficial, puesto que puede resultar difícil proceder de este modo con las aguas subterráneas.

Los motivos de la predominancia de cuotas comprenden la transparencia y la garantía de equidad cuando el suministro es insuficiente⁶⁰. Mediante las cuotas también es posible armonizar directamente el uso con unos recursos variables ajustándolas a la información aportada

por la contabilidad del agua, lo que da lugar a menores pérdidas de ingresos en relación con las reglamentaciones basadas en los precios. Por ejemplo, en Grecia, un aumento de los precios del agua llevó a graves disminuciones de los ingresos⁶¹. En un estudio realizado en China se estableció que había que aumentar sustancialmente el precio del agua para dar lugar a ahorros de agua; sin embargo, el aumento provocó pérdidas sustanciales de ingresos de los pequeños agricultores⁶². En países de ingresos altos los agricultores pueden responder reduciendo el agua en un cultivo determinado, adoptando una tecnología de riego que conserve el agua, pasando a cultivos que hagan un uso más eficiente del agua y modificando la combinación de cultivos para adoptar algunos de mayor valor. En los países de ingresos bajos estas opciones pueden no estar disponibles o ser muy costosas. Si se establecen precios bastante altos con objeto de inducir cambios importantes en las asignaciones (o recuperar costos de capital) los ingresos de los agricultores pueden verse sumamente afectados ⁶²⁻⁶⁵.

Por este motivo, el incremento de los precios del agua podría producirse a lo largo de varios años de manera de dar tiempo a los agricultores

para que se adapten, con una gestión integrada en la que participen las comunidades a fin de garantizar que nadie se quede atrás. Para evitar efectos negativos y prestar servicios ecosistémicos, los pagos por los mismos podrían considerarse un complemento a la fijación de precios incentivadores (véase el Capítulo 5)⁴⁸.

Es posible combinar cantidad y asignación de precios. Aunque todavía no se haya aplicado, una forma de asignación posible es el corretaje de agua o mercado pasivo. Este introduce incentivos a la asignación eficiente del agua y, al mismo tiempo, protege los ingresos agrícolas, siempre que los organismos de asuntos hídricos cuenten con información precisa sobre la demanda y el suministro agregados de agua⁶⁶. En lugar de imponer a los agricultores precios del agua volumétricos, se paga a los que usen menos agua sobre la base del enfoque de subvenciones a los precios con objeto de controlar la contaminación. Si la demanda excede sus derechos básicos sobre el agua, los usuarios pagan un precio por eficiencia basado en el valor del agua en usos alternativos. Si usan menos, el mismo precio por eficiencia se paga, en cambio, a los usuarios. Los derechos de agua básicos establecen un límite máximo al uso total de agua en la cuenca o sistema, permitiendo que las cantidades se mantengan o reduzcan⁶⁷. El mercado pasivo se distingue de los mercados de agua formales porque el comprador o vendedor no tiene que buscar un vendedor o comprador compatible. En lugar de esto, cada agricultor simplemente determina su uso del agua a un precio establecido por la administración, sin depender de un mercado de agua único.

Gestión colectiva: unir a los agricultores en la gestión del riego

La gestión de los recursos hídricos también se realiza mediante la organización local de los usuarios de agua, por ejemplo, en entidades de gestión de cuencas hidrográficas, asociaciones de agricultores y pescadores y grupos de usuarios de agua (también conocidos como asociaciones de usuarios de agua). Estos pueden desempeñar una función importante en la gestión de los recursos, en especial a escala local y comunitaria. El trabajo

de Ostrom (1990)^o mostró que la acción colectiva es crucial para gobernar los recursos comunes⁶⁹. Con frecuencia existe una división entre partes interesadas (agricultores, pescadores, etc.) que tienen objetivos diferentes¹. La gobernanza tiene que arbitrar entre intereses divergentes y establecer transparencia, rendición de cuentas y una participación equitativa e inclusiva.

La gestión del agua requiere análisis, planificación y adopción de medidas a escala local, para los cuales los grupos locales desempeñan una función fundamental. La importante contribución de las asociaciones de usuarios de agua a la gestión y la gobernanza de los recursos hídricos reside en su capacidad de reunir a agricultores (en particular, los pequeños agricultores) para gestionar un sistema de riego compartido. Mediante sinergias, los miembros pueden agrupar sus recursos financieros, técnicos, físicos y humanos para poner en funcionamiento perímetros de riego que incluyan otros sistemas de aguas locales, como un río o una cuenca. A través de las asociaciones de usuarios de agua es más fácil acceder a créditos para inversiones en riego con objeto de mejorar la gestión de los recursos hídricos. Los miembros de las asociaciones, en particular los agricultores en pequeña escala, pueden aumentar su poder contractual en las negociaciones con usuarios de agua mayores y autoridades reguladoras. Sin embargo, los que dependen de un uso del agua no consuntivo (por ejemplo, los pescadores), todavía tienen escasa influencia en la forma en que se gestionan los recursos y se comparten los costos y beneficios.

Pruebas que surgen de estudios de casos indican que las asociaciones de usuarios de agua generaron mejoras en los rendimientos^{70, 71}, un uso más eficiente del agua, una mayor producción en años secos⁷² y una mejor solución de controversias⁷³. En la provincia de Punjab (Pakistán), asociaciones de usuarios a escala de los cursos de agua aumentaron el rendimiento de sus cultivos en un 10% en el caso de las explotaciones que se encontraban en el tramo final del curso de agua y en un 8% en las que dependían de aguas subterráneas⁷⁴.

^o Para una reseña de los ocho principios de Ostrom, ampliamente reconocidos y probados, véase el Recuadro 1 en FAO, 2017⁶⁸.

RECUADRO 21

LAS ASOCIACIONES DE USUARIOS DEL AGUA APORTAN BENEFICIOS, PERO ES NECESARIO PRESTAR ATENCIÓN A LA GOBERNANZA: PRUEBAS DE ESTUDIOS SOBRE ASIA

La transferencia de la gestión del riego a las asociaciones de usuarios del agua y otras organizaciones de agricultores puede contribuir a un acceso más equitativo y a la conservación del agua. También puede tener en cuenta las necesidades de los usuarios y el estado del recurso¹. Sin embargo, no siempre es seguro que los resultados serán positivos, puesto que dependen de la gobernanza general del agua.

Las pruebas de estudios sobre Filipinas muestran que es más probable que asociaciones de riego descentralizadas —en lugar de asociaciones controladas por autoridades centrales— resuelvan problemas como los comportamientos oportunistas, la solución de controversias y la aplicación de normas⁷⁹. Aquellas asociaciones que podían establecer normas e imponer sanciones (por ejemplo, la autoridad de retención del agua o la que fija los cánones de agua) tenían más posibilidades de contar con una mayor participación de los agricultores en el trabajo en grupo, solucionar las controversias sin ayuda externa, hacer funcionar y mantener el riego, y hacer cumplir las normas.

En otros estudios de casos sobre asociaciones de usuarios de agua las conclusiones han sido más pesimistas en cuanto a las perspectivas de éxito. En un estudio de 108 casos procedentes de 20 países asiáticos se encontró que solo 43 transferencias de gestión del riego habían tenido éxito, considerando un continuo de

puntuaciones de las repercusiones⁸⁰. Las conclusiones del estudio fueron que en los casos exitosos estaba presente un conjunto de factores específicos que, o bien era imposible repetir en otros lugares, o bien resultaban muy costosos y, por ende, impracticables. La búsqueda de una fórmula “mágica” para el éxito de las asociaciones de usuarios del agua no da resultados, y no es posible llegar a esa fórmula mediante prácticas de ingeniería social.

En muchos casos, las reformas mediante transferencia de la gestión no son transparentes. Puede ocurrir que las políticas y los programas no se traduzcan a los idiomas locales, lo que da lugar a asimetrías en la información entre agricultores ricos y pobres. Como resultado de ello, las élites locales cuentan con una ventaja injusta en cuanto a sus posibilidades de llegar a posiciones de liderazgo. Shah *et al.* (2002) afirman que es poco probable que la transferencia de la gestión del riego a asociaciones de usuarios dé buenos resultados en el caso de los agricultores en pequeña escala en países de ingresos bajos, aun cuando existan las condiciones previas para el éxito (un marco jurídico y normativo favorable, derechos de propiedad seguros, gestión local, creación de capacidad y transferencia de la gestión)^{81, 82}. Según los autores, es más probable que esa transferencia tenga éxito en la producción de cultivos de alto valor en grandes explotaciones que en la agricultura en pequeña escala en la que intervienen miles de agricultores pobres.

El traspaso de la gestión del agua de subcuencas a asociaciones comunitarias de usuarios de agua, grupos de agricultores u otros actores del sector privado también puede ser beneficioso, aunque las pruebas empíricas de que se dispone no son contundentes (véase el **Recuadro 21**). Las mejoras están condicionadas a la representación de los intereses de las partes interesadas en las asociaciones de usuarios de agua. Por ejemplo, la exclusión de la pesca de la adopción de decisiones disminuye sus rendimientos.

Algunas tendencias pueden ayudar a determinar las condiciones para el éxito de las asociaciones de usuarios. En general, la ejecución que parte de instancias superiores no ha funcionado bien,

dado que puede socavar el liderazgo genuino de la asociación y la participación equitativa e inclusiva de los miembros⁷⁵. De acuerdo con un examen de las asociaciones realizado en el África subsahariana, estas tienen más probabilidades de ser eficaces cuando se involucra a los futuros miembros en su diseño y realización y cuando en estos se hace hincapié en mejorar los servicios de distribución del agua, de manera que la participación de los agricultores no se limite a pagar una cuota por esta⁷⁵. La mejora de servicios mediante infraestructura y tecnología, así como los beneficios de una mayor inclusión, rendición de cuentas, capacidad y gestión de controversias, brindan un incentivo para que los usuarios paguen y participen.

La participación en el diseño puede ayudar a usuarios, gestores de riego y funcionarios a encontrar una infraestructura y soluciones para la gestión asequibles, que comprendan innovaciones tecnológicas y mecanización. Es más probable que una renovación de la gestión del riego sea exitosa cuando las juntas directivas son elegidas por los agricultores, la administración está a cargo de profesionales y los sistemas jurídicos pueden responder a una complejidad cada vez mayor (véase el **Recuadro 21**)⁷⁶. Asimismo, es importante establecer funciones y responsabilidades claras mediante acuerdos entre el organismo de riego y la asociación de usuarios de agua. Las posibilidades de conservación del agua aumentan cuando la tenencia de esta y los objetivos del servicio son claros y seguros, se asigna un precio al agua en su carácter de bien económico y se controla su consumo en la explotación y en el ámbito de la cuenca usando tecnologías de conservación del agua.

Dada la experiencia sumamente variada que se ilustra en el **Recuadro 21**, la creación de asociaciones de usuarios de agua tiene que promoverse con cuidado a fin de que se creen organizaciones descentralizadas, comunitarias e inclusivas. Las condiciones propicias comprenden el contexto social y económico, dinámicas de equidad, el control y la observancia de los derechos de agua, los servicios hídricos y las tarifas en el plano local, la capacidad de seguimiento y una autoridad jurídica clara. La eficacia de las asociaciones también depende del sentido de pertenencia de los miembros, de la actitud de los organismos gubernamentales pertinentes y de su rendición de cuentas ante las asociaciones de usuarios de agua en su calidad de proveedores de servicios.

Es fundamental aumentar la participación de las mujeres en las asociaciones de usuarios de agua y las organizaciones de agricultores, donde siguen estando infrarrepresentadas y en condiciones de desventaja. Un enfoque posible consiste en el uso de cupos fijos de género y el desarrollo de capacidades, por ejemplo de comunicación y negociación, a fin de alentar la participación y el liderazgo^{77,78}. Es esencial dirigirse a los hombres para sensibilizarlos en relación con las funciones de género que ponen en desventaja a las mujeres y mostrarles cómo combatir estos esquemas puede

resultar beneficioso tanto para las mujeres como para los hombres.

Los grupos integrados exclusivamente por mujeres pueden darles voz nueva y aportarles muchos beneficios. En los lugares en los que existen grupos de este tipo paralelamente a las asociaciones de usuarios, estos deben participar en la adopción de decisiones. En Tayikistán, las mujeres han empezado a enseñar a los jóvenes cuestiones relacionadas con el riego. En algunos casos, su función se ha institucionalizado de manera oficiosa, la comunidad las acepta y algunas reciben un salario⁷⁷. ■

PENSAR MÁS ALLÁ DEL RIEGO: LA GOBERNANZA DEL AGUA EN SISTEMAS DE SECANO E INTEGRADOS

Las políticas y la gobernanza en materia de gestión de los recursos hídricos siguen prestando especial atención al riego, mientras que a escala de las cuencas hidrográficas el marco normativo se concentra principalmente en la asignación y gestión del agua dulce de ríos, aguas subterráneas y lagos⁸³. La gestión de los recursos hídricos depende en general de ministerios de asuntos hídricos y se focaliza en el riego en gran escala, el agua potable y la energía hidroeléctrica. Esto ha dado como resultado inversiones e innovaciones limitadas en gobernanza, políticas, instituciones, prácticas y tecnologías que presten apoyo a los pequeños agricultores de las zonas de secano y a los usos no consuntivos del agua, como la pesca continental y la acuicultura.

Instituciones para gestionar el agua en la producción de cultivos de secano

La agricultura de secano está enfrentando desafíos cada vez mayores debido a las precipitaciones irregulares, insuficientes o inadecuadas. Se prevé que la cada vez mayor variabilidad del clima siga aumentando la frecuencia y gravedad de las sequías, las precipitaciones extremas, los fenómenos meteorológicos y las inundaciones, y que esto perturbe radicalmente los mercados e

incrementa los riesgos relacionados con la producción. (Para un examen de los efectos de las inundaciones en la agricultura, véase la sección “Cuestiones específicas: ¿Demasiada agua? Inundaciones, encharcamiento y agricultura”, pág. 119). Las anomalías de las precipitaciones en las tierras de pastoreo también son una amenaza para la producción ganadera. Los países de ingresos bajos son especialmente vulnerables a los riesgos hídricos, debido a mecanismos institucionales débiles y a su gran dependencia de la agricultura de secano con bajos insumos⁸⁴, que sigue siendo el medio de vida de la mayoría de la población rural pobre.

Lo que se necesita es una integración eficaz para fomentar inversiones en una gestión de los recursos hídricos que vaya de la agricultura de secano a la de regadío. El hecho de centrarse en la planificación del agua de las cuencas fluviales hace que no se preste suficiente atención a la gestión de los recursos hídricos en las zonas de secano. Esta suele realizarse a una escala menor que la de la cuenca fluvial, en explotaciones de menos de cinco hectáreas, con pequeñas cuencas receptoras. Por consiguiente, se precisa un enfoque igualmente sólido para la gestión del agua a escala de las cuencas hidrográficas⁸³.

Los beneficios posibles de las inversiones hídricas en la agricultura son mayores cuando se combinan con otras prácticas de producción, como variedades mejoradas o de alto rendimiento, el cultivo sin labranza y la restauración de la materia orgánica del suelo. Las mejoras pueden lograrse mediante sinergias, pero a fin de obtener pleno beneficio de la gestión de los recursos hídricos también es preciso prestar atención a la tenencia de la tierra, la propiedad del agua y el acceso a los mercados⁸³. Dado que el déficit hídrico y la degradación de la tierra en las zonas de secano no pueden abordarse solo con intervenciones a escala de las explotaciones, es preferible la gestión comunitaria de las cuencas hidrográficas⁸⁵. Esto se amplía a la conservación y restauración forestal a escala de la cuenca hidrográfica, en particular en las cuencas grandes, y requiere inversiones nuevas para planificar y gestionar el agua en la agricultura de secano. Mejorar la gestión de los recursos hídricos en la agricultura de secano también requiere inversiones públicas en infraestructura y

acceso a caminos que conecten a los agricultores con los mercados. Para que esto suceda, las organizaciones de agricultores, las políticas financieras y otros mecanismos institucionales tienen que ir de la mano de avances en materia de políticas (véase el Capítulo 5).

La gestión del agua de las precipitaciones y otras inversiones para modernizar la agricultura de secano están recibiendo cada vez mayor prioridad. En 2005, la Comisión Nacional de Agricultores de la India aprobó un enfoque integrado de la gestión de las cuencas hidrográficas centrado en la captación de agua de lluvia y la mejora de la salud de los suelos en las zonas de secano propensas a la sequía⁸³. El año siguiente, se creó una Autoridad Nacional de las Zonas de Secano, un organismo central que apoya planes estratégicos para proyectos de desarrollo de cuencas hidrográficas y para la agricultura de secano del país. El año siguiente, se creó una Autoridad Nacional de las Zonas de Secano, un organismo central que apoya planes estratégicos para proyectos de desarrollo de cuencas hidrográficas y para la agricultura de secano del país. El organismo facilita la convergencia de diferentes proyectos gubernamentales y, por tanto, actúa como coordinador entre todos los órganos, organizaciones, organismos y ministerios que participan en programas relativos a las cuencas hidrográficas^{85, 86}. Cada vez hay más pruebas de la importancia de reorientar la gobernanza y gestión de los recursos hídricos hacia una modernización de la agricultura de secano, incluida la producción ganadera, como se explica en la sección siguiente.

Manejo del ganado durante las sequías

El ganado es un activo de subsistencia para los pastores y otras comunidades. En situaciones de emergencia como las sequías, las condiciones del ganado y la producción ganadera pueden empeorar drásticamente debido a la falta de piensos y agua. La mortalidad del ganado puede ser elevada y la reconstrucción de las manadas sumamente difícil. Sin apoyo preventivo, es posible que haya repercusiones a más largo plazo⁸⁷. Ante la preocupación de que las intervenciones de urgencia a menudo no logren prestar apoyo a los pastores y otros criadores de ganado, es fundamental la preparación

y planificación para imprevistos además de la respuesta a situaciones de emergencia. Las políticas, reglamentos e instituciones nacionales pueden influir en la capacidad de usar los activos ganaderos ante una emergencia como, por ejemplo, una sequía. Los servicios veterinarios y las políticas de impuestos, comercialización y exportaciones inciden en los medios de vida basados en la ganadería. Sin embargo, con frecuencia se carece de medidas para llevar a cabo la intervención más adecuada. Es posible mejorar la gestión de los recursos hídricos en la producción ganadera mediante una amplia variedad de estrategias de gobernanza, en particular en las temporadas de sequía. A continuación, se presentan algunas de ellas.

Comprometer a representantes de la comunidad y a las instituciones locales. La determinación, diseño y aplicación eficaces de intervenciones en el sector ganadero requieren la participación de la comunidad local, en particular de los grupos marginales o vulnerables que crían ganado o podrían beneficiarse del acceso al ganado o a productos pecuarios. La participación de la comunidad en la selección de beneficiarios es un medio eficaz de garantizar la distribución justa de los beneficios⁸⁷. Las instituciones consuetudinarias o indígenas pueden desempeñar un papel fundamental en las intervenciones de emergencia y en la gestión de los recursos naturales, entre ellos la tierra de pastoreo y el agua. Su participación es necesaria para prestar apoyo a las actividades y contribuir a los medios de vida. En la República Unida de Tanzania, en los sitios de los pastores Engaresero Maasai se creó una organización comunitaria para gestionar los recursos naturales y el ganado de manera sostenible, fomentar el turismo y preservar y desarrollar los conocimientos indígenas y el derecho consuetudinario de la comunidad local⁸⁸.

Identificación y cartografía de las fuentes de agua y sistemas de alerta temprana. En las zonas propensas a la sequía, contar con datos espaciales y sistemas de información geográfica para cartografiar los puntos de aguada (incluidas las aguas subterráneas) es un paso importante a fin de crear una base de conocimientos para planificar medidas de mitigación y presentación de informes ante situaciones de emergencia

hídrica⁸⁹. Un buen ejemplo de ello es la sequía extrema de Kenya de 2000, que provocó la pérdida de hasta el 50% del ganado en algunos distritos. Debido a la falta de información sobre la ubicación de fuentes de agua locales alternativas en las zonas más afectadas, los organismos de socorro fueron impotentes⁸⁹. Los sistemas de alerta temprana pueden anticipar las emergencias y dar tiempo para prepararse y mitigar los desastres. También pueden ayudar a fundamentar las intervenciones en situaciones de emergencia⁸⁷.

Acceso seguro y flexible a la tierra y los recursos. Dado que los pastores usan la tierra y otros recursos de manera colectiva, un sentido de apropiación estrecho (es decir, el derecho a controlar un recurso de manera completa y exclusiva) no se corresponde con sus tradiciones y medios de vida⁹⁰. Se considera que los derechos de propiedad pastoril se superponen y a menudo están insertados en un conjunto de derechos sobre otros recursos, que actúan con diferentes autoridades y funciones. El acceso a los recursos debe ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a los diferentes derechos, que suelen superponerse. También debería mejorarse la participación de la mujer en la tenencia de la tierra y en la adopción de decisiones sobre ella. Un programa conjunto de cinco años de la FAO, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), ONU-Mujeres y el Programa Mundial de Alimentos (PMA) fomenta los derechos sobre la tierra de las mujeres de Etiopía, Guatemala, Kirguistán, Liberia, Nepal, el Níger y Rwanda mediante una labor de promoción, campañas de sensibilización y capacitaciones⁹¹.

Elaborar directrices y normas nacionales para las intervenciones en la ganadería frente a los riesgos hídricos. En algunos países ya existen directrices de este tipo que pueden prestar asistencia en los proyectos relativos a la ganadería, incluso a los encargados de formular políticas y adoptar decisiones. Con objeto de complementar las directrices existentes o elaborar otras nuevas, en 2005 se creó el proyecto de Directrices y normas de emergencia para el sector ganadero (LEGS). El proyecto es gestionado por un grupo directivo que integran la FAO, la Unión Africana, el Centro Internacional Feinstein, el Comité

Internacional de la Cruz Roja y Veterinarios sin Fronteras Europa⁹². Una red mundial de más de 1 500 organizaciones e individuos realiza consultas con una variedad de partes interesadas. Su finalidad es proporcionar asistencia rápida para proteger y reconstruir los rebaños de las comunidades afectadas por crisis, así como mejorar el efecto en la calidad y los medios de vida de los proyectos ganaderos en situaciones de crisis humanitaria.

El proyecto ha generado dos productos principales: un manual y un programa de capacitación. En el manual se establecen normas, directrices y herramientas para diseñar, poner en práctica y evaluar las intervenciones en materia de ganadería en emergencias de aparición rápida y lenta, como inundaciones y sequías. Se tratan la evaluación, la determinación de las intervenciones y esferas técnicas como la reducción del número de animales, los servicios veterinarios, el agua, los piensos, los refugios y la repoblación⁹². El programa de capacitación está centrado en una serie de cursos de capacitación regionales de tres días de duración en África, América Latina y Asia.

Gobernanza para integrar la pesca continental, la acuicultura y los sistemas de regadío

El riego puede incidir de manera profunda en la pesca continental y la acuicultura, en sentido positivo o negativo. Cambia la geomorfología, la hidrología y el uso de la tierra, los hábitats acuáticos y los contenidos de nutrientes, lo que a su vez afecta la pesca continental. En muchos casos, la productividad disminuyó por falta de conocimientos o porque no se dio prioridad a los efectos del riego en la pesca continental y al diseño y modo de funcionamiento de los sistemas^{2, 93}. En las evaluaciones del impacto ambiental de los perímetros de riego raramente se reconoce la existencia de la pesca continental⁹⁴. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, el riego puede crear oportunidades de pesca continental y medios de sustento, modificando el entorno económico y los arreglos institucionales que afectan a la forma en que pueden usarse los recursos pesqueros, quién puede hacerlo y en qué medida⁹⁵.

En las zonas de regadío del noroeste de Bangladesh, los productores de arroz reemplazaron en gran medida el cultivo de arroz Aus (producido entre abril y julio) con alevines, y siguieron produciendo arroz Aman (de agosto a noviembre) y arroz Boro (de diciembre a marzo). Esto conlleva tres ventajas: i) los alevines se producen al inicio de la temporada de cultivo, cuando la demanda de los dueños de los estanques es alta; ii) un ciclo de producción de pescado rompe el ciclo de producción de arroz, reduciendo la supervivencia de plagas (lo que supone menos problemas de plagas en los cultivos subsiguientes), y iii) la cría de alevines es más productiva que el cultivo de arroz Aus².

La legislación y políticas nacionales y regionales pueden incidir fuertemente en las estructuras de gobernanza para gestionar los recursos hídricos y en el alcance de la integración de la pesca continental y la acuicultura con los sistemas de riego (véase el Cuadro 6). Algunos países y regiones fomentan la integración de la gobernanza de los recursos naturales, en tanto que otros los tratan por separado. Por ejemplo, en Camboya y Sri Lanka se fomentan las prácticas de producción integrada de arroz y pescado, y los refugios comunitarios de peces —una medida de conservación de los peces destinada a mejorar la productividad de la pesca en los campos de arroz— constituyen ahora una línea de acción central de la política nacional⁹⁶. Otros países no permiten que las zonas de arrozales se usen para la pesca ni que los arrozales se conviertan a la piscicultura⁹⁷, o prohíben directamente actividades relacionadas con la pesca como la de poner jaulas para peces en los canales de riego⁹⁸. ■

CONCLUSIONES

Pese a los evidentes nexos entre sus múltiples funciones, el agua todavía se gestiona hoy día, en todos los niveles, de manera fragmentada. Las responsabilidades relacionadas con el agua están dispersas entre varios sectores, y la coordinación eficaz constituye la excepción y no la regla en el nivel de la adopción de decisiones, entre entidades de ejecución y a través de las fronteras nacionales. El comportamiento de diferentes actores en relación con la gestión de los recursos hídricos es el resultado de opciones

CUADRO 6
IMPACTO DE ASPECTOS RELATIVOS A LA GOBERNANZA RELACIONADOS CON EL RIEGO EN LA PESCA CONTINENTAL Y LA ACUICULTURA

Aspectos relativos a la gobernanza	Integración limitada del riego con la pesca continental y la acuicultura	El riego sostiene la pesca continental y la acuicultura
Uso de zonas de almacenamiento en embalses	Reservado solo para almacenamiento de agua	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Hábitat creado para mejorar la pesca ▶ Repoblación para mejorar la pesca ▶ Zonas designadas para la acuicultura en jaulas ▶ Gestionado para pesca recreativa
Toma de agua	Drenaje de embalses o de ríos u otras masas acuáticas solo para satisfacer las demandas del riego	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se mantienen niveles mínimos de agua en los embalses para sostener la población de peces y el ecosistema acuático ▶ Flujos mínimos en ríos para sostener los peces y la función del ecosistema acuático ▶ Creación de zonas de refugio y humedales
Uso del agua de riego	Uso permitido solo para cultivos en campos	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se permite usar el agua para sistemas de producción diversificada, entre ellos, la acuicultura ▶ Producción de arroz y pescado permitida
Conversión de las tierras regadas	No se permite la desviación de la producción de cultivos principales	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Modificación para permitir la producción de cultivos secundarios (por ejemplo, canales de arroz y peces) ▶ Permitida la conversión a estanques para peces
Diseño de estructuras de control del agua	Menores costos de diseño y construcción, centrados solo en el suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptación o exigencia de que el diseño permita el paso de peces de aguas arriba a aguas abajo ▶ Medidas adicionales (construcción de pasos para peces) necesarias para garantizar la conectividad
Funcionamiento de estructuras de control del agua	Prioridad para las operaciones que maximicen el suministro de agua para riego, independientemente de otros servicios ecosistémicos	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mantenimiento de flujos mínimos en los cursos de agua para sostener la ecología acuática ▶ Esclusas abiertas durante los períodos cruciales de migración de los peces aguas arriba ▶ Esclusas manejadas de la manera menos perjudicial para la migración de los peces aguas arriba

FUENTE: Funge-Smith y Baumgartner, 2018².

políticas y normativas de diferentes sectores, que suelen no mantener conexiones entre sí.

En este capítulo se ha reconocido la necesidad de centrar más la atención en la gobernanza inclusiva del agua, dado que la gestión de los recursos hídricos por sí sola es menos efectiva para resolver problemas y que diferentes sectores (en los que intervienen el agua, los alimentos y la energía) están sin duda interrelacionados de tal modo que ninguno puede funcionar de manera independiente. Con gran frecuencia las soluciones a los problemas hídricos se sitúan fuera del ámbito del agua. Por lo tanto, en este capítulo se han examinado maneras de mejorar la gobernanza del agua y se ha analizado cómo la misma se relaciona con la eficiencia y la

equidad, al garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, así como a los alimentos. Diferentes mecanismos y herramientas, como los derechos de agua, los instrumentos basados en el mercado, la tenencia del agua y las asociaciones de usuarios del agua, pueden mejorar el acceso al riego y al agua de lluvia, en particular de los agricultores marginales y en pequeña escala y, al mismo tiempo, mitigar las limitaciones de abastecimiento hídrico. Cuando el agua no se asigna de manera adecuada, cuando no hay reglamentaciones para su uso y cuando los precios no reflejan su costo verdadero, estos mecanismos pueden contribuir a la sobreexplotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Con frecuencia, la mayoría de los beneficios los obtienen los

agricultores en gran escala, que usan más agua, fertilizantes y energía, lo cual exacerba aún más las desigualdades.

En el capítulo se ha puesto de relieve la necesidad de una contabilidad del agua racional y transparente, así como de un análisis de la gobernanza, a fin de establecer mecanismos de rendición de cuentas y asegurar la transparencia en cuanto al fundamento de las medidas y la distribución de costos y beneficios. También es importante promover un enfoque de derechos humanos para la gestión de los recursos hídricos,

que preste particular atención a los grupos vulnerables, como los pequeños productores, las mujeres y los pueblos indígenas. El concepto de tenencia del agua puede aportar un enfoque integral para comprender las relaciones de las personas con el agua, y constituir un componente básico sólido del uso equitativo y eficiente del agua. Estas medidas deben combinarse con instrumentos realistas de mercado del agua y con la amenaza creíble de sanciones conformes a las leyes, a menudo vinculadas a salvaguardias ambientales y acuerdos o tratados de aguas compartidas. ■

CUESTIONES ESPECÍFICAS

¿DEMASIADA AGUA? INUNDACIONES, ENCHARCAMIENTO Y AGRICULTURA

Periodicidad de los acontecimientos relacionados con el agua y consecuencias de las inundaciones

El agua desempeña una función vital en la agricultura y una función igualmente vital en los ecosistemas; sin embargo, estas funciones no siempre son compatibles. Las inundaciones son un ejemplo de ello: pueden prestar apoyo a la sanidad de las zonas de humedales, arrastrando y depositando sedimentos ricos en nutrientes que son cruciales para la vida de plantas y animales. Sin embargo, las inundaciones pueden causar dificultades a largo plazo a diferentes actores del sistema alimentario, debido a la pérdida de ganado y de producción de cultivos, y dañar instalaciones de almacenamiento de alimentos, industrias o empresas comerciales^{99, 100}. Por otra parte, no todas las inundaciones son malas para la agricultura, como se observa en los sistemas de producción agrícola basados en el anegamiento existentes en el África subsahariana y Asia; estos dependen de las inundaciones para mejorar la salud de los suelos cuando los sedimentos de los ríos recargan de nutrientes la capa superficial del terreno, volviendo más fértiles las tierras. Se estima que en el África subsahariana 25 millones de hectáreas se riegan por inundación¹⁰¹. Cabe añadir que las inundaciones también pueden reabastecer y recargar las aguas freáticas y los acuíferos subterráneos, además de ser beneficiosas para la pesca continental y crear hábitats para la vida silvestre¹⁰².

Por otra parte, constituyen un importante motivo de preocupación para las sociedades, porque los daños que causan son cada vez más frecuentes. Aunque la palabra “inundación” tiene diferentes definiciones, en general se entiende como cobertura temporaria de la tierra por el agua¹⁰³. Si se consideran el tamaño de la superficie afectada y la duración de las precipitaciones desencadenantes de la inundación, puede realizarse una distinción entre inundaciones de larga duración e inundaciones locales repentinas¹⁰⁴. La dimensión espacial y temporal de los fenómenos de inundaciones determina en gran medida sus efectos, ya sean beneficiosos o dañinos.

El sector agrícola es especialmente vulnerable a los peligros naturales; el aumento de la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, como las inundaciones, en los últimos decenios plantea un desafío importante a los sistemas agrícolas. Las aguas estancadas que quedan en los campos luego de las inundaciones suelen inutilizar las tierras cultivables y dificultar el mantenimiento del ganado que, sin un refugio apropiado, cuidados veterinarios o alimentación adecuada, con facilidad se vuelve presa de enfermedades o inanición. Las inundaciones suelen asociarse a la contaminación del agua y a una degradación acelerada del suelo, y pueden erosionar la capa superficial del este en las zonas de cría principales, lo que resulta en un daño irreversible del hábitat. Son particularmente desastrosas para los pobres del mundo, la mayoría de los cuales vive en zonas rurales y depende de la

CUESTIONES ESPECÍFICAS ¿DEMASIADA AGUA? INUNDACIONES, ENCHARCAMIENTO Y AGRICULTURA

agricultura para su alimentación e ingresos. Muchos tienen dificultades para reemplazar lo que se perdió o dañó, como semillas, herramientas, ganado, piensos, peces de los estanques o aparejos de pesca.

Pese a los numerosos esfuerzos realizados en los planos nacional e internacional, es limitada la información sobre los efectos de los desastres, incluidas las inundaciones, en la agricultura y sus subsectores: cultivos, ganadería, pesca (continental y marina), acuicultura y actividad forestal. En un examen de 74 evaluaciones de las necesidades posteriores a un desastre, realizado en 53 países en desarrollo durante el decenio 2006-2016, se muestra que la agricultura y sus subsectores absorbieron el 23% de todos los daños y pérdidas causadas por desastres de mediana y gran escala vinculados con el clima (inundaciones, sequías y tormentas tropicales)¹⁰⁵. El daño puede expresarse como costos de reemplazo o reparación de activos físicos, en tanto que las pérdidas hacen referencia a cambios en flujos económicos que se producen como resultado de un desastre, como una disminución de la producción de cultivos (incluida la pérdida de peces en estanques piscícolas inundados). El daño a los activos agrícolas asciende a un 16% del daño en todos los sectores, en tanto

que casi un tercio de todas las pérdidas por desastres se registra en los subsectores agrícolas.

La importancia económica relativa de las sequías e inundaciones en comparación con otros peligros depende de cómo se ven afectados los subsectores agrícolas (véase la **Figura A**). En lo que respecta al ganado, desde 2006 hasta 2016 la sequía fue, con mucho, la causa más importante de pérdidas y daños (86%). Sin embargo, en lo que respecta a los cultivos y la pesca, las inundaciones causan en proporción un daño mayor en comparación con otros peligros y contribuyen a aproximadamente dos tercios de los daños y pérdidas totales de los productores agrícolas y al 44% de la pesca y acuicultura. En términos absolutos, el desastre que más daño causó a los cultivos fue la inundación de 2010 en el Pakistán (4 500 millones de USD), seguida por la sequía de Kenya entre 2008 y 2011 (1 500 millones de USD). En los últimos años, la producción agrícola mundial se vio gravemente afectada por fenómenos como las inundaciones de 2015 en Myanmar (572 millones de USD) y las inundaciones de 2014 en Bosnia y Herzegovina (255 millones de USD). En ambos casos, el costo se produjo como resultado de la reducción de los rendimientos y la plantación tardía debido al acceso limitado a la tierra arable.

FIGURA A
DAÑOS Y PÉRDIDAS PARA SUBSECTORES
AGRÍCOLAS POR TIPO DE PELIGRO,
2006-2016

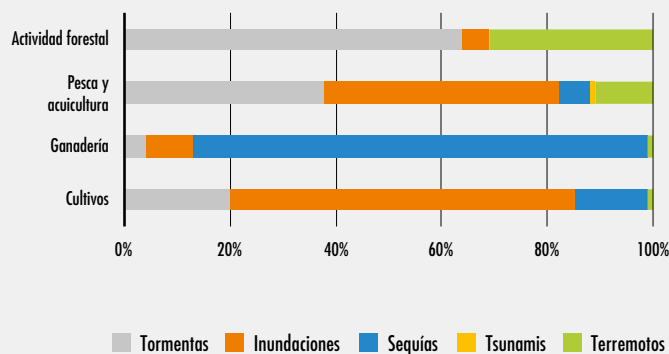
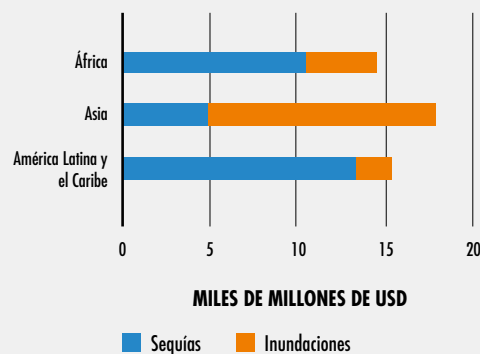


FIGURA B
PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN A CAUSA DE
SEQUIÁS E INUNDACIONES POR REGIÓN,
2005-2015



NOTA: Se entiende por "pesca" tanto la pesca continental como marina.
FUENTE: FAO, 2018¹⁰⁵.

Entre 2005 y 2015 se perdieron alrededor de 96 000 millones de USD como resultado de la disminución de la producción de cultivos y ganado en países en desarrollo después de desastres naturales. Las inundaciones causaron el 20% de estas pérdidas, que ascendieron a prácticamente 19 500 millones de USD (véase la [Figura B](#))¹⁰⁵. La pérdida de producción por inundaciones es mayor en Asia que en África o América Latina y el Caribe.

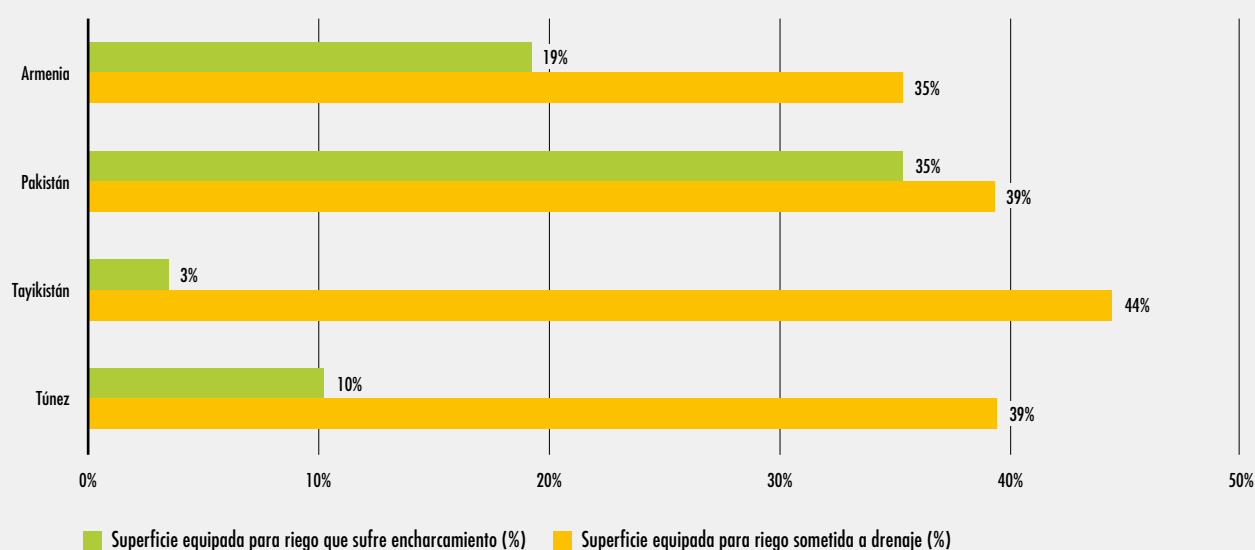
Cada vez se presta mayor atención a las medidas de gestión natural de inundaciones para hacer frente a estos desafíos de manera sostenible y como un modo de aliviar los riesgos de inundaciones aguas abajo¹⁰⁶. El principio básico es afectar a los caudales de los ríos interviniendo a nivel de las cuencas hidrográficas. Las intervenciones aguas arriba reducirían las inundaciones causadas por crecidas aguas abajo, más que proteger las llanuras inundables contra esas crecidas¹⁰⁷. La gestión natural de inundaciones es una de las formas de gestión de inundaciones basadas en las cuencas, que consiste en adoptar medidas como i) reducir la escorrentía en las

laderas; ii) almacenar agua en la temporada de mucho caudal en los ríos, y iii) limitar la conexión entre las fuentes de escorrentía y las posibles zonas de inundación. Sin embargo, no se sabe con certeza si la gestión natural de inundaciones es eficaz en cuencas fluviales más grandes¹⁰⁷. Cuando se aplica esta estrategia, es importante considerar las posibles consecuencias negativas para los ecosistemas acuáticos y la pesca continental. Estos dependen de la conexión entre pulsos de inundación y hábitat, de que los primeros se produzcan en el momento y con la duración adecuados y, por tanto, de que estos ecosistemas aporten alimentos y nutrientes.

Pérdidas de producción relacionadas con el agua que no se asocian a fenómenos meteorológicos extremos: el encharcamiento

Aunque son difíciles de cuantificar, las precipitaciones variables y la capacidad de drenaje de los suelos pueden influir en la agricultura de maneras comparables a las de las

FIGURA C
ENCHARCAMIENTO Y DRENAJE EN PAÍSES SELECCIONADOS



NOTA: Datos de los años más recientes: Armenia (2006), Pakistán (2006-2008), Tayikistán (2009), Túnez (2000).
FUENTE: FAO, 2020¹¹⁵; e ICID, 2018¹¹⁶.

CUESTIONES ESPECÍFICAS

¿DEMASIADA AGUA?

INUNDACIONES, ENCHARCAMIENTO Y AGRICULTURA

SERBIA

Cultivos dañados por las inundaciones cerca de Jamena y Sremska Raca, al noroeste de Serbia.
©FAO/Igor Salinger



sequías e inundaciones, sin que se verifiquen condiciones extremas. Por ejemplo, el encharcamiento puede reducir la productividad agrícola cuando hay demasiada agua cerca de las raíces de las plantas y queda restringido su acceso al oxígeno¹⁰⁸. En Australia se registraron reducciones en el rendimiento de cultivos de hasta un 80%, en tanto que otro estudio realizado en la India mostró un aumento del rendimiento del arroz, el trigo, el algodón y la caña de azúcar gracias al drenaje subsuperficial, lo que permitió concluir que el rendimiento de los campos drenados era significativamente mayor que el de los no drenados^{109, 110}. Se considera que este fenómeno constituye uno de los mayores obstáculos para la agricultura sostenible, porque limita el crecimiento de las plantas y reduce los rendimientos. La salinidad empeora los efectos del encharcamiento, dado que aumenta en gran medida la absorción de sales y su concentración en los brotes, lo que reduce el crecimiento de las plantas o simplemente las mata¹¹¹⁻¹¹³.

A pesar de la importancia del encharcamiento, no hay datos exhaustivos sobre el alcance del problema en los diferentes países. En los pocos países para los que se dispone de información, el encharcamiento afecta una proporción considerable de zonas de regadío, por ejemplo, el 35% en el Pakistán (véase la [Figura C](#)). Esto pone de relieve la importancia del drenaje adecuado en los proyectos de riego. El encharcamiento no se limita a las zonas de regadío; una estimación de su incidencia en zonas agrícolas y el uso de datos de teledetección pueden orientar a los encargados de formular políticas acerca de la gravedad del problema y las medidas correctivas posibles¹¹⁴.

La integración de riego y drenaje es fundamental para apoyar y mejorar la productividad de la agricultura de regadío, porque la gestión del riego y los problemas relativos al drenaje están estrechamente interrelacionados en los siguientes casos: i) riego excesivo o ineficiente como causa de encharcamiento, y ii) relación entre gestión de los recursos hídricos y evacuación de efluentes¹¹⁷. Reducir al mínimo los efluentes del drenaje

mejorando la eficiencia del riego y la reutilización de las aguas de drenaje en las explotaciones agrícolas, manteniendo al mismo tiempo la salud de los suelos, constituye una opción realista. Supera el alcance de este informe realizar un examen profundo de las muchas opciones de drenaje, pero este puede consultarse en Smedema, Vlotman y Rycroft (2004)¹¹⁸. En la llanura del norte de China el drenaje constituye un elemento básico de un amplio control de las sequías, el encharcamiento, la

salinidad y las aguas subterráneas salinas¹¹⁹. Sin embargo, si persiste el encharcamiento o no es viable el drenaje, como podría suceder en zonas de secano propensas al encharcamiento, también es posible adaptar la gestión de cultivos o pastizales a las condiciones de encharcamiento. Por ejemplo, las técnicas de fitomejoramiento y la ingeniería convencional o genética pueden facilitar el crecimiento de los cultivos en condiciones de encharcamiento de manera eficaz y económica¹⁰⁸.



UZBEKISTÁN

Un agricultor cuida el huerto de manzanas de su familia utilizando modernas tecnologías de riego por goteo.

©FAO/Rustam Shagayev



CAPÍTULO 5 **UNA VISIÓN** **INTEGRAL DE LA** **AGRICULTURA Y EL** **AGUA: POLÍTICAS Y** **PRIORIDADES**

Mensajes principales

- ➔ La gestión de los recursos hídricos requiere coordinación y coherencia normativa entre los distintos sectores, subsectores agrícolas y lugares, así como una gobernanza eficaz para gestionar la interdependencia y las compensaciones de factores existentes entre ellos.
- ➔ La agricultura desempeña un papel central por los territorios que gestiona y el agua que utiliza. Son necesarias estrategias más coherentes en relación con las tierras de cultivo de secano y regadío, los sistemas de producción ganadera, los bosques, así como la pesca continental y la acuicultura.
- ➔ Los incentivos son importantes: las subvenciones deberían incentivar la inversión en una mayor productividad del agua, respondiendo al mismo tiempo a las necesidades de caudal ambiental para la sostenibilidad; los pagos por servicios ambientales — especialmente en las cuencas hidrográficas — pueden desempeñar un papel en el mantenimiento de las funciones ecosistémicas.
- ➔ Las prioridades de las políticas relativas al agua dependerán de los riesgos hídricos afrontados — ya sea estrés hídrico, sequías, inundaciones o problemas de calidad del agua — así como de los sistemas de producción agrícola, el nivel de desarrollo y las estructuras políticas del país.
- ➔ Los productores que ejercen su actividad en los 128 millones de hectáreas (o sea, el 11%) de tierras de cultivo de secano afectadas por sequías recurrentes pueden beneficiarse enormemente de las técnicas de recogida y conservación de agua.
- ➔ En el caso de los pastores cuya actividad se desarrolla en los 656 millones de hectáreas (es decir, el 14%) de pastizales afectados por las sequías, existen diversas medidas agrícolas que pueden atenuar los efectos de las sequías y potenciar la productividad del agua, como puede ser la mejora de la salud de los animales. Un ámbito clave de las políticas relativas tanto a las tierras dedicadas al cultivo de secano como a las dedicadas al pastoreo es la preparación para casos de sequías.
- ➔ En cuanto a los 171 millones de hectáreas (el 62%) de tierras de cultivo de regadío sometidas a un estrés hídrico elevado o muy elevado, la prioridad debería ser mejorar la gobernanza y establecer una asignación del agua eficaz y equitativa, seguida de la rehabilitación y mejora de las infraestructuras de riego y sumada a la adopción de tecnologías innovadoras. En el África subsahariana, se prevé que la superficie de regadío llegue a duplicarse en 2050, beneficiando así a millones de pequeños agricultores.

UNA VISIÓN INTEGRAL DE LA AGRICULTURA Y EL AGUA: POLÍTICAS Y PRIORIDADES

En los capítulos anteriores, se ha demostrado cómo, en numerosos lugares del mundo, el déficit hídrico y la escasez de agua cada vez mayores constituyen retos importantes y urgentes para los sistemas agrícolas y el medio ambiente. Se prevé que la presión demográfica, la urbanización, los cambios en los patrones de alimentación y el cambio climático amplifiquen estos problemas. Sin embargo, pese a la creciente competencia en la demanda de agua, la agricultura seguirá siendo, con diferencia, el mayor usuario de agua, pues sus extracciones de agua —actualmente, el 70% del total de extracciones— continúan en aumento. El sector agrícola (producción agrícola y ganadera y actividad forestal) gestiona la mayor parte del terreno en las cuencas hidrográficas. La lucha contra el déficit hídrico y la escasez de agua debe basarse en una combinación de buena contabilidad y auditoría del agua, adecuadas tecnologías hídricas y una gestión del agua en que el sector agrícola desempeñe un papel principal. En el Capítulo 3, se ha demostrado la existencia de una gran variedad de opciones técnicas y estrategias de gestión para alinear los patrones de uso del agua con las diferentes necesidades de los usuarios, respondiendo también, al mismo tiempo, a las necesidades de caudal ambiental. No obstante, la adopción de soluciones técnicas integradas no puede surgir de la nada. Su adopción y aplicación dependen de las instituciones apropiadas y de la economía política en torno al agua, como se ilustra en el Capítulo 4, así como de la adecuación de los incentivos para un uso eficiente y sostenible del agua. En el presente capítulo se examina la dimensión más amplia presentada en la **Figura 13** (pág. 49) poniendo el foco en la coherencia de las políticas y el establecimiento de prioridades para ellas.

En los últimos 25 años, los paradigmas de la gobernanza del agua han ido orientándose

hacia la coordinación y hacia enfoques descentralizados, participativos e integrados. Los ODS y la Agenda 2030 han dado un renovado impulso al debate sobre la interconexión entre múltiples sectores y han vuelto a enfocar la atención en la necesidad de una mayor coordinación y coherencia de las políticas entre los diferentes sectores. En particular, la meta 6.4 de los ODS sobre el uso y la escasez del agua tiene una estrecha conexión con la meta 2.4 de los ODS: “De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo”.

Pese a que está claro que el agua es un recurso cada vez más escaso y finito, y que el déficit hídrico constituye un problema cada vez mayor para la agricultura de secano y la ganadería, la integración de estas cuestiones en los marcos normativos es aún lenta, incluso dentro del sector agrícola. En todo el mundo, el valor del agua se subestima gravemente debido a sus características únicas (presentadas en el Capítulo 1). En muchos países, el agua no se cobra. Como los precios no reflejan su verdadero costo, su asignación es inadecuada, y se invierte poco en nuevas infraestructuras y en la gestión de la escasez de agua. Reconociendo que la escasez también generará tensiones entre los usuarios, este capítulo comienza aseverando la necesidad de armonizar las políticas sobre el uso del agua entre los diferentes sectores, subsectores agrícolas y lugares. Se examinan en él las políticas y prácticas encaminadas a una mejor gestión de los recursos hídricos en la agricultura,

así como a la alineación de los incentivos privados para los agricultores con el objetivo general de optimizar el uso del agua.

Tras abordar la coherencia de las políticas y los incentivos para un uso del agua más eficiente y sostenible, el capítulo pasa a examinar las posibilidades de adopción de medidas e inversión en la gestión del agua agrícola, basándose en el análisis y las consideraciones de los capítulos precedentes. Partiendo de los desafíos descritos en el Capítulo 2 en relación con el riesgo de sequía en los sistemas de cultivo de secano y pastoreo y el estrés hídrico en las zonas de regadío, este capítulo esboza estrategias de política adaptadas a situaciones específicas. Adopta una perspectiva que abarca “toda la agricultura”, destacando el importante papel de las soluciones basadas en la naturaleza, así como la correspondencia entre los intereses de la pesca continental y de la acuicultura y las necesidades de caudal ambiental. ■

GARANTIZAR LA ARMONIZACIÓN DE LAS POLÍTICAS RELATIVAS AL AGUA, A LA AGRICULTURA Y A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN

Necesidad de coherencia normativa entre los diferentes sectores

La conducta de los diferentes actores es el resultado de decisiones políticas y normativas adoptadas en sectores diversos y, a menudo,

desconectados. Al reto de reducir la escasez hídrica se suma la necesidad de mejorar la coherencia mediante la coordinación entre las diferentes políticas, leyes y medidas fiscales que influyen en la gestión del agua. Muchas de las políticas pueden afectar decisivamente al suministro y la demanda de agua, a través de medidas como impuestos energéticos, acuerdos comerciales, subvenciones agrícolas y estrategias para reducir la pobreza¹. Aunque estas medidas pueden influir de manera significativa en el uso del agua, a menudo no se tienen en cuenta (**Recuadro 22**). Es necesario integrar la toma de decisiones, dado que los diferentes departamentos adoptan decisiones sobre riego y sobre el uso industrial o municipal del agua prestando poca consideración a los efectos acumulativos sobre la demanda y la calidad del agua. Sin esta integración, los ecosistemas relacionados con el agua se verán sometidos a una creciente presión a causa de la demanda de agua cada vez mayor procedente de las ciudades, la industria y la agricultura, con lo que su capacidad para prestar servicios que son esenciales para el logro de los ODS se verá seriamente afectada.

La integración horizontal entre sectores ayudará a reducir los posibles efectos negativos transectoriales de las políticas dentro de cada sector, ahorrando así recursos y reduciendo las compensaciones de factores². El nexo entre agua, energía y alimentación es inherente a la necesidad de coherencia entre las políticas. Las políticas agrícolas influyen directamente sobre el agua y la energía cuando, por ejemplo, fomentan la plantación excesiva de cultivos que consumen mucha agua (por ejemplo, arroz), lo que da lugar a un uso excesivo de agua y de energía para bombear agua subterránea³. Unos precios energéticos más elevados podrían disminuir la extracción de agua de los acuíferos »

RECUADRO 22 INCENTIVOS, ESCASEZ DE AGUA Y PRODUCTIVIDAD EN LA REGIÓN DEL CERCAÑO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE

En la región del Cercano Oriente y África del Norte, la disponibilidad de agua dulce renovable per cápita es inferior al 10% de la media mundial⁵. Las elevadas subvenciones al agua y la energía, unidas a un seguimiento y una aplicación deficientes, socavan los incentivos para un uso eficiente del agua en toda la región. Fomentan la sobreexplotación y, en muchos países, perpetúan un patrón de usos de bajo valor y baja productividad del agua^{6,7}.

Como consecuencia de la subtarificación de los combustibles en la extracción de aguas subterráneas y la infravaloración del agua, las extracciones de agua en la mayoría de los países de la región del Cercano Oriente y África del Norte superan los recursos renovables, lo que se traduce en el agotamiento de los acuíferos^{5,8}. En la agricultura, los precios del agua no reflejan ni el valor de la escasez de agua ni el costo de abastecimiento⁹. Los agricultores tienen pocos incentivos para ahorrar agua, y tienden a producir cultivos de uso hídrico intensivo si estos resultan rentables, posponiendo la adopción de tecnologías de riego que permitan el ahorro de agua¹⁰.

Los gobiernos de la región han dado prioridad a la autosuficiencia nacional en alimentos básicos, fundamentalmente subvencionando la producción de cereales mediante una combinación de apoyo a los precios del productor y subvenciones a los insumos, así como controles a la importación y contratación pública. La autosuficiencia en cereales para reducir la dependencia de las importaciones ha desempeñado un papel central en las políticas agrícolas de diversos países de la región, entre ellos Argelia¹¹, Egipto^{12,13}, Irán (República Islámica del)¹⁴, la República Árabe Siria¹⁵ y Túnez¹⁶.

Ante la falta de incentivos para utilizar el agua eficientemente y aumentar la productividad, y dados los elevados niveles de riego que requiere el rendimiento de estos cultivos, el uso excesivo de agua ha sido la norma. El resultado ha sido un grave agotamiento de los acuíferos, con importantes consecuencias especialmente para los pequeños productores^{5,17}.

El predominio de la producción de cereales (trigo, en particular), impulsada por unos sistemas de subvenciones caros, conlleva importantes pérdidas de PIB respecto de

políticas que fomentan la producción en función de las ventajas comparativas¹⁷.

Al tener la región las tarifas hídricas más bajas del mundo, los patrones de uso del agua se traducen en una productividad económica muy baja del recurso. Aunque los niveles de productividad física del agua son elevados en comparación con las tendencias mundiales, la agricultura es la que menor rentabilidad genera a partir del agua pese a representar casi el 80% del uso de agua en la región, por encima de la media mundial de aproximadamente el 70%^{7,17}.

Un estudio realizado por la FAO ha revelado que los cultivos más remunerativos por metro cúbico de agua son las frutas y hortalizas, con una productividad económica del agua de entre 1,07 USD/m³ y 6,18 USD/m³. Los cereales, concretamente el trigo y el arroz, son los que tienen una productividad económica más baja, con valores de en torno a 0,35 USD/m³. A día de hoy, el bajo costo del agua, unido al apoyo a la producción de cereales, ha desligado el uso del agua de su productividad económica¹⁷.

Un estudio anterior comparó la productividad económica del agua de los principales cultivos de Egipto, Jordania y el Líbano con las cantidades de agua utilizadas¹⁸. En Egipto, los resultados demostraron que los cultivos de alimentos básicos producidos mediante riego (incluidos el trigo, el maíz, la remolacha azucarera y el arroz), que eran los que más agua consumían, tenían la productividad económica más baja. Por otro lado, las hortalizas tenían la productividad más alta, pese a consumir una proporción de agua agrícola muy pequeña (véase la figura de este recuadro). El estudio mostró resultados similares relativos al distrito de Al Karak, en Jordania, donde cuatro cultivos de regadío —cebada, trigo, aceitunas y tomates— ocupaban el 85% de las tierras cultivadas y consumían el 95% de agua dulce, pero tenían la productividad económica más baja, mientras que había otras hortalizas más productivas que consumían menos del 5% del agua de riego.

Las bajas tarifas de agua y las elevadas subvenciones a la energía, junto con una medición y control inadecuados o inexistentes, han desincentivado a los agricultores para adoptar sistemas de riego más eficientes. Los datos de la FAO revelan que la conversión a sistemas de riego modernos, como los aspersores o un

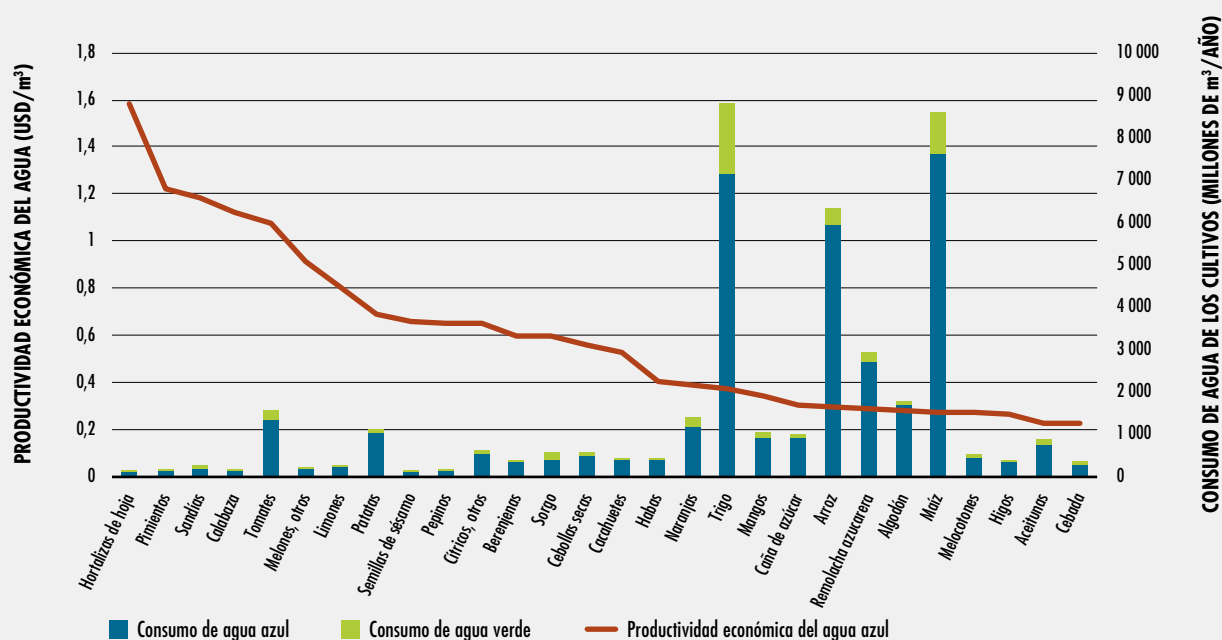
RECUADRO 22 (CONTINUACIÓN)

sistema localizado, ha sido lenta, especialmente en los países de ingresos bajos o con una elevada escasez de agua. En Egipto, Marruecos y la República Árabe Siria, más del 70% de las tierras de regadío utilizan sistemas de riego de superficie, mientras que en Yemen apenas existen sistemas más eficientes²¹. Los agricultores de la región del Cercano Oriente y África del Norte son en su mayoría pequeños productores y carecen de incentivos financieros para invertir en tecnología. Dichos incentivos se ven aún más debilitados por la fragmentación de la tierra²².

En algunos casos, las políticas de autosuficiencia en cultivos básicos han tenido como resultado un agotamiento extremo de los recursos hídricos, así como desplazamientos masivos de la población. Este ha sido el caso de la República Árabe Siria, donde las políticas, enfocadas en su mayoría en la autosuficiencia en trigo, han desempeñado un papel importante en la degradación

de los recursos naturales. Diversos estudios han resaltado cómo las políticas gubernamentales que favorecen cultivos de riego intensivo (trigo y algodón) provocaron el desplome de los niveles de aguas subterráneas^{15, 23}. Esto limitó la capacidad de resistencia de los agricultores sirios cuando la sequía golpeó severamente el Cercano Oriente en 2007-09. Las condiciones empeoraron aún más en 2008, cuando el Gobierno suprimió las subvenciones al diésel (el principal combustible utilizado para el riego), desencadenando así un incremento de precios del 300% de un día para otro^{15, 24}. Si bien la misma sequía tuvo repercusiones insignificantes en otros países de la región^{24, 25}, en 2009 causó el desplazamiento de alrededor de 300 000 personas en la República Árabe Siria desde zonas rurales hacia las ciudades, dejando desiertas un 60-70% de las aldeas en las regiones de Hassakeh y Deir ez-Zor²⁶.

PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA Y CONSUMO DE AGUA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN EGIPTO, MEDIA 2007-2011



FUENTES: Adoptado de Elbehri y Saddiddin, 2016¹⁸, cuyos cálculos se basaron en datos de FAOSTAT¹⁹, y Mekonnen y Hoekstra, 2011²⁰.

» con un bombeo menor, reduciendo de ese modo la sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos⁴. La asequibilidad de bombas alimentadas por energía solar podría cambiar significativamente esta relación ampliando la extracción de agua subterránea. La agricultura podría entonces utilizar aún más agua dulce. Para evitar una mayor escasez de agua, unos sistemas integrados de información agrícola y relacionada con el riego, en todos los otros sectores principales que utilizan agua, pueden contribuir a la toma eficaz de decisiones en situaciones de incertidumbre. Los servicios de datos y la gestión de conocimientos relacionados con el nexo entre agua, energía y alimentación pueden fomentar decisiones transparentes y sólidas y tomar en cuenta las limitaciones hidrológicas y las necesidades de caudal ambiental.

Las subvenciones a menudo están justificadas cuando su finalidad es proporcionar bienes públicos, constituir un incentivo para la adopción de nuevas tecnologías, promover la seguridad alimentaria, ofrecer un apoyo a los ingresos de los pequeños agricultores y servir de contrapeso a una mala infraestructura²⁷. Como se muestra en el **Recuadro 22**, las subvenciones a los insumos agrícolas pueden contribuir a elevar la producción y la rentabilidad, pero también pueden fomentar la ineficiencia, así como la sobreexplotación y el uso improductivo del agua, con importantes consecuencias económicas y sociales. Los gobiernos suelen mantener grandes subvenciones a bienes privados como la energía, los fertilizantes y el crédito, en detrimento de importantes bienes públicos (por ejemplo, la inversión en investigación, carreteras y educación), ofreciendo incentivos que fomentan la ineficiencia, así como el uso insostenible de los recursos naturales, incluida el agua. Esto también es aplicable al uso privado del agua, donde el bajo precio o la gratuidad del agua de riego para los agricultores continúa desvirtuando los incentivos, lo que da lugar a un uso excesivo y a la contaminación de los recursos hídricos²⁸. Esto puede potenciar la plantación de cultivos que requieran mucha agua. Las subvenciones a la energía eléctrica y al agua han originado una extracción excesiva de agua subterránea, lo que ha provocado hundimientos del terreno, salinización y

degradación de las tierras y el agua. En la India, donde se estima que las subvenciones al agua subterránea superan el presupuesto destinado a la educación, las subvenciones contribuyen a la extracción insostenible de aguas subterráneas²⁹. Cuando el fundamento en el que se basan las subvenciones es demasiado general o dichas subvenciones no tienen un objetivo bien definido, la mayor parte de los beneficios van a parar a los grandes agricultores, que utilizan más agua, más fertilizantes y más energía²⁷. Las subvenciones al agua suponen un costo considerable para la sociedad. En el estado de Andhra Pradesh (India), una estimación prudente realizada por la Iniciativa Global de Subsidios reveló que las subvenciones al riego ascendieron anualmente a unos 300 millones de USD de media entre 2004 y 2008³⁰. (Véase en el **Recuadro 22** un análisis de las repercusiones de las políticas públicas sobre el uso del agua en la región del Cercano Oriente y África del Norte.)

Unos incentivos apropiados son un componente esencial de la coherencia entre las políticas para un uso sostenible del agua. La gestión de los numerosos desafíos relacionados con el agua que existen en la agricultura y, en general, en la economía exigirá un replanteamiento de los incentivos que guían las decisiones sobre el uso del agua. Implicará tener en cuenta el papel que el agua desempeña más allá de la producción agrícola, para los ecosistemas, de manera más amplia, y para la sociedad en general, teniendo a la vez presente que políticas que trascienden el uso del agua pueden determinar los incentivos.

La necesidad de coherencia es también grande entre los distintos subsectores agrícolas

Es también necesaria una mejor integración entre todos los subsectores de la agricultura. Al ser la que más agua utiliza, la agricultura es la mayor beneficiaria de las subvenciones y políticas relacionadas con el agua. El impacto en los diferentes subsectores agrícolas es muy desigual, ya que estas políticas suelen favorecer la agricultura de regadío en detrimento de otros sistemas como la pesca continental y la producción de secano. Un ejemplo de compensaciones de factores que ilustra la

necesidad de coordinación es la relación entre riego y pesca continental. Aunque la expansión de las tierras de regadío en todo el mundo desde la revolución verde ha aportado importantes beneficios a los países de ingresos bajos en materia de seguridad alimentaria, estos podrían haberse visto contrarrestados en parte por las pérdidas en la pesca continental. La Agenda 2030 puede constituir un punto de partida para el establecimiento de un diálogo multidisciplinario e inclusivo, necesario para negociar compensaciones de factores y soluciones equilibradas basadas en datos comunes y fiables³¹.

Dentro del sector agrícola, la mayor parte del uso de agua gestionada tiene lugar en los sistemas de regadío. La agricultura de secano afecta a la cantidad de lluvia restante de la evapotranspiración que percola como agua subterránea o discurre por la superficie en forma de escorrentía. No obstante, el riego tiene una repercusión más directa a causa de las extracciones de agua subterránea, que afectan al caudal y a los ecosistemas de las aguas superficiales debido a las presas y las derivaciones. Como se mencionó al comienzo de este informe, en torno al 41% del uso actual mundial de agua para riego se produce en detrimento de las necesidades de caudal ambiental³². El riego —cuando está presente en una cuenca hidrográfica— desempeña, por lo tanto, un papel central en la contabilidad del agua, que, a su vez, debería guiar la asignación sostenible del agua. En cuanto a los caudales ambientales y los servicios ecosistémicos, existe la posibilidad de aplicar medidas para rectificar errores anteriores en el diseño y funcionamiento de los sistemas de riego, y mejorar de ese modo la productividad y los beneficios nutricionales de la agricultura de regadío. Dichas medidas abarcan intervenciones técnicas y normativas para una integración más eficaz de la pesca y la acuicultura en las zonas de regadío, incluyendo: i) la modificación del diseño y el funcionamiento de la infraestructura de abastecimiento y almacenamiento con el fin de mejorar la conectividad y los caudales del agua; ii) la construcción o mejora de hábitats y zonas de refugio —es decir, depresiones construidas o depresiones naturales mejoradas— en los sistemas de riego y alrededor de los mismos, y

iii) la revisión de las políticas, la reglamentación y la gestión de los sistemas de riego a fin de posibilitar estas modificaciones.

La integración de peces en los sistemas de riego puede beneficiarse de la disponibilidad de alevines para la acuicultura. En todo el mundo, la producción y distribución de grandes cantidades de alevines de buena calidad han impulsado la acuicultura. Los alevines de criadero son actualmente tan asequibles que se pueden utilizar en grandes cantidades para poblar masas de agua, por ejemplo, embalses, creando las que se conocen como pesquerías basadas en el cultivo. En toda Asia, las presas destinadas al riego se pueblan actualmente de manera rutinaria con alevines para aumentar la producción pesquera³³⁻³⁵. México puebla sistemáticamente sus embalses con alevines y ha creado centros de producción de huevos exclusivamente para este fin³⁶. Reconociendo el vasto potencial sin explotar, existen actualmente directrices internacionales para apoyar la población responsable de los embalses y otras masas de agua abiertas³⁷.

Una mayor coordinación en las estrategias agrícolas, más allá de lo que respecta al riego, tendrá también un papel en el replanteamiento del uso del agua. La proporción de tierras de cultivo que requieren riego podría reducirse introduciendo innovaciones que mejoren la productividad de la agricultura de secano. De igual modo, la conservación y gestión de los bosques en las zonas superiores de las cuencas afectará a los recursos hídricos de las zonas inferiores. Esto pone de relieve el problema más general, en el plano subsectorial, de la armonización de los numerosos sectores y partes interesadas que influyen en la gestión, los servicios de abastecimiento y la demanda de agua. Un ejemplo especialmente pertinente para el agua en un contexto agrícola es el del uso no consuntivo de la misma y cómo dicha agua puede ser reutilizada.

Necesidad de coherencia entre los diferentes lugares: enfoques integrados

Es importante realinear los incentivos privados con los costos reales mediante el ajuste de las subvenciones y los precios para hacer más

sostenible el uso del agua. No obstante, es poco probable que con esto se combata el problema en toda su magnitud, ya que el uso que una parte interesada haga del agua puede repercutir en la disponibilidad de agua para otras partes interesadas en las zonas inferiores de una cuenca hidrográfica. Por esta razón, en el presente informe se hace hincapié en las necesidades de caudal ambiental y en los sistemas de asignación de agua basados en la contabilidad hídrica como condición previa importante para una gestión más sostenible del agua. A su vez, estos elementos permiten un enfoque más integrado que tenga en cuenta a los diferentes usuarios de agua de una cuenca hidrográfica, con inclusión del uso no consuntivo del agua y el agua necesaria para los servicios ecosistémicos.

Un ejemplo de enfoque integrado es la gestión de los sistemas de riego en la que se mantienen los niveles de producción alimentaria, así como otros servicios ambientales y ecosistémicos^{38, 39}. Estos van desde funciones reguladoras (por ejemplo, la recarga de las aguas subterráneas y el control de las inundaciones) hasta la provisión de servicios (riego de pequeños huertos y abrevado de ganado, pesca continental y acuicultura). El fomento de la pesca continental (ya sea pesca de captura o basada en el cultivo) y de la acuicultura en los sistemas de riego constituye una opción especialmente atractiva, ya que puede ofrecer una producción adicional con poco o ningún aumento del costo de los servicios hídricos. Se pueden encontrar ejemplos de los efectos positivos del riego sobre la pesca continental en países como Sri Lanka⁴⁰, en los grandes embalses de la República Democrática Popular Lao y de Tailandia por lo que respecta al espadín de río autóctono tailandés⁴¹, y en el embalse del lago Kariba, que comparten Zambia y Zimbabwe, con la introducción de la sardina no autóctona del lago Tanganica⁴². La evaluación de estas intervenciones debe tener en cuenta, asimismo, la pérdida de la pesca en ríos y llanuras inundables causada por la construcción de las presas en los cursos de agua para crear los embalses.

La gestión de las cuencas hidrográficas tiene como objetivo la utilización sostenible de los recursos mediante un enfoque ecosistémico integrado, centrado en la comprensión de las

interacciones generales entre los factores bióticos (incluido el ser humano) y abióticos. Es mejor abordar las desigualdades entre comunidades en el plano de las cuencas hidrográficas considerando la situación socioeconómica y el acceso al agua, a los recursos y a los servicios como una consecuencia de su ubicación. La gestión de las cuencas hidrográficas proporciona un marco para la comprensión y conciliación de las interconexiones entre los diversos sistemas de utilización de la tierra, así como para la acción colaborativa y la toma de decisiones frente a la competencia en la demanda de recursos, especialmente de agua. Una visión a medio y largo plazo, basada en un buen análisis de las condiciones y los procesos dinámicos de las cuencas hidrográficas, permitirá el diseño y la aplicación de medidas destinadas a conservar los ecosistemas y la biodiversidad, optimizar la productividad de los recursos, y mejorar los medios de vida y el bienestar de las personas. La gestión de las cuencas hidrográficas depende mucho de cada contexto, pero también es muy flexible y adaptable a los diferentes ámbitos de aplicación y escalas de ejecución⁴³.

Mecanismos e instrumentos para mejorar la coherencia de las políticas

Más que subvenciones generales a bienes privados, unas subvenciones enfocadas específicamente en los servicios ambientales pueden incentivar objetivos concretos como nuevas tecnologías de riego y servicios ambientales, por ejemplo, al sostener estructuras que atenúen las repercusiones del fomento del riego y la construcción de presas. Dichas estructuras abarcan el riego respetuoso con la fauna piscícola y los pasos para peces, los humedales artificiales, así como refugios para los peces y la biodiversidad acuática. A medida que las subvenciones generales a bienes privados se vayan eliminando en favor de otras más específicas, existe la posibilidad de pérdida de ingresos para los pequeños agricultores y otras poblaciones vulnerables que podrían no reunir los requisitos para optar a la subvención específica. Se les puede compensar por las pérdidas utilizando parte de los fondos ahorrados, por ejemplo, con tarjetas o teléfonos inteligentes para una transferencia eficiente de los fondos a los pequeños agricultores²⁷.

RECUADRO 23 BOMBAS DE RIEGO ALIMENTADAS POR ENERGÍA SOLAR PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES: PRUEBAS DE ESTUDIOS SOBRE BANGLADESH Y LA INDIA

Programas experimentales recientes indican que unas subvenciones adecuadamente enfocadas en un objetivo específico pueden fomentar el diseño y la adopción de tecnologías para el uso del agua subterránea. El agua subterránea abunda en Bangladesh y en el estado de Bihar (India), pero es costoso para los pequeños agricultores acceder a ella con bombas de motor diésel^{45, 46}. Programas experimentales han promovido el riego con agua subterránea asequible para la población pobre de estas dos regiones⁴⁷. En Bangladesh, la institución financiera pública Infrastructure Development Company Limited experimentó un enfoque de mercado y servicio de riego favorable a los pobres que ofrecía a empresas privadas o a inversores una subvención del Gobierno del 50% y un crédito del 35% para adquirir bombas de riego impulsadas por energía solar y vender servicios de riego a los pequeños agricultores a un precio asequible. Como resultado, 300 de estas bombas estaban allí en funcionamiento en 2016.

Otro proyecto piloto similar, llevado a cabo en el estado de Bihar, en la India oriental, por el Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI, por sus siglas en inglés) ha organizado a los agricultores para crear un mercado de agua favorable a los pobres. Tanto en Bangladesh como en el estado de Bihar, se ha constatado una caída del 40-60% en los precios del agua respecto de los cobrados por los propietarios de

bombas diésel, lo que ha fomentado el uso eficiente del agua por las personas pobres y la rápida expansión de las bombas solares en la agricultura de regadío favorable a los pobres⁴⁷. Otro proyecto piloto, llevado a cabo por el IWMI en Dhundi, una aldea del estado de Gujarat (India) donde el agua es escasa, ha promovido la utilización conjunta de bombas de riego impulsadas por energía solar. En una aldea, los propietarios de pozos han abandonado la energía eléctrica a cambio de bombas de riego de energía solar de capacidad equivalente subvencionadas. Las pequeñas bombas de riego forman una microrred gestionada por una cooperativa de propietarios, y la compañía eléctrica compra a la cooperativa el excedente de energía solar en un punto de medición único. El fin perseguido por el proyecto piloto ha sido promover un riego con emisiones más bajas de GEI, reducir las subvenciones a la energía agrícola, restringir las pérdidas técnicas y comerciales en el suministro de energía eléctrica, ofrecer a los agricultores una fuente adicional de ingresos libre de riesgos, e incentivarlos para que ahorren energía y agua subterránea⁴⁷. Antes de que comenzara la venta de energía solar en mayo de 2016, los agricultores empleaban sus bombas únicamente para regar sus propios campos y los de sus vecinos. Sin embargo, desde esa fecha, han vendido toda la energía posible y han utilizado solo el 35% de la energía solar para bombear agua subterránea⁴⁸.

Otras opciones son la concesión de préstamos para fines específicos o la subvención de los precios de los equipos para que los pequeños agricultores inviertan en prácticas como el riego por goteo, o para cubrir los gastos de mano de obra e instalación de estructuras de captación de aguas.

Las subvenciones temporales durante las etapas iniciales de adquisición de insumos y adopción de tecnologías podrían ayudar a hacer frente a los costos fijos de las nuevas tecnologías y promover la experimentación y el aprendizaje de los agricultores durante la rápida transformación tecnológica. Estas subvenciones deberían tener

carácter temporal y suprimirse gradualmente con la adopción y correcta utilización de las tecnologías. Una vez que las subvenciones se establecen y que cuentan con apoyo político, su eliminación resulta difícil; por lo tanto, la puesta en práctica requiere atención^{27, 44}. Podría ser efectivo fomentar los vínculos con otros programas; por ejemplo, vincular los programas de protección social como obras públicas o transferencias de efectivo con mecanismos o programas destinados a un mejor uso del agua. El Recuadro 23 revela cómo las subvenciones específicas han incrementado el uso de bombas de riego alimentadas por energía solar en Bangladesh e India. Este tipo de intervención

podría no ser apropiado en las zonas que padecen estrés hídrico, ya que la asequibilidad de las bombas alimentadas por energía solar podría incrementar el riesgo de extracción excesiva de agua subterránea. Esto pone de relieve la importancia de los sistemas de asignación de agua basados en la contabilidad hídrica para evitar efectos no deseados, por los cuales incluso las tecnologías para el ahorro de agua pueden dar lugar a un mayor consumo de agua.

En el contexto de los enfoques integrados y de la gestión de las cuencas hidrográficas, los pagos por servicios ambientales son otro instrumento normativo específico que proporciona beneficios ambientales y económicos. Consisten en pagos a los agricultores o propietarios de tierras que accedan a gestionar sus tierras o cuencas hidrográficas en favor de la protección del medio ambiente, proteger los recursos hídricos, reducir los GEI, o mejorar la calidad y el estado de nutrientes del suelo. La mayoría de los planes existentes se centran en la reducción de la deforestación o la mejora de las cuencas hidrográficas y adoptan una perspectiva de gestión basada en la naturaleza. Estos incentivos son sumamente importantes cuando los mercados no tienen en cuenta la escasez de los recursos naturales y el valor social de unos ecosistemas en buen funcionamiento. Se pueden encontrar ejemplos tanto en países de ingresos altos como en países de ingresos bajos, y su éxito y relación costo-efectividad depende de su diseño^{49, 50}. La evaluación de estos programas para establecer qué enfoques funcionan mejor puede ser compleja. La principal dificultad consiste en que las evaluaciones —para ser rigurosas— deben comparar zonas donde existen pagos por servicios ambientales con otras donde tales pagos no existen, lo que puede resultar costoso.

Los pagos por servicios ambientales contribuirán al sostenimiento de los ecosistemas en lugares en los que, incluso con un enfoque integrado, los obstáculos a las prácticas y los derechos de propiedad pudieran dificultar el tratamiento de todas las cuestiones ambientales. Existe un importante impacto positivo en los resultados ambientales, sobre todo en lo que concierne a los pagos locales o subnacionales por servicios ambientales. Un ejemplo es el Programa Rural

de Río, en Brasil, que promueve sistemas de agricultura sostenible, integrando la generación de ingresos con la conservación del medio ambiente en 72 municipios del estado de Río de Janeiro. El programa refuerza la organización y la movilización de las comunidades en 366 cuencas hidrográficas, desarrollando habilidades y fomentando buenas prácticas⁵¹.

En general, los programas de menor escala que están financiados, al menos en parte, por los usuarios, con criterios eficaces de selección y fuertes normas de condicionalidad, han funcionado mejor. Otros factores que influyen en el éxito de estos pagos son los bajos costos de oportunidad de otros usos de la tierra —o pagos lo suficientemente elevados como para cubrir estos costos de oportunidad—, una movilidad de la producción limitada y unos derechos de propiedad bien establecidos. Un control y unas sanciones adecuados, con salvaguardias sociales, aumentan asimismo la probabilidad de éxito. La mayor probabilidad de éxito de los pagos se da cuando hay una clara demanda de servicios ambientales con valor económico para una o más partes interesadas, existen intermediarios eficaces, los derechos sobre la tierra y el agua están claros y los contratos son ejecutables, y los resultados pueden controlarse y evaluarse independientemente.

No obstante, para mejorar la coherencia entre las políticas será necesario contar con una gobernanza y unos instrumentos y procesos sólidos para su gestión y coordinación, así como elaborar presupuestos y normas. Serán también necesarios un fuerte compromiso político y liderazgo, cambios culturales, seguimiento, así como aprender de la experiencia y de los hechos constatados a escala internacional⁵². Las medidas concretas pueden abarcar el fortalecimiento de la capacidad de las instituciones públicas; la coordinación entre los ministerios responsables del agua, la agricultura y la energía; la mejora de la planificación y de los instrumentos de control; así como la modernización e interconexión de las bases de datos de los departamentos para sintetizar los datos y las capacidades analíticas. Un paso importante hacia la coherencia normativa es el establecimiento de políticas de regulación e incentivación eficaces, eliminando las

RECUADRO 24 EL PAPEL DEL AGUA VIRTUAL Y DE SU COMERCIO EN CUANTO A GARANTIZAR UN USO ÓPTIMO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Las políticas de comercio y desarrollo pueden tener también importantes repercusiones en el agua, incluidas la escasez y calidad de la misma. Las importaciones de alimentos y el agua virtual que viaja con ellas tienen repercusiones en el sector hídrico; pueden reducir las limitaciones del abastecimiento agua y mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición⁵³. Aunque muchos de los países con limitaciones de abastecimiento producen algunos alimentos internamente, seguirán dependiendo de cultivos alimentarios importados como parte importante de su suministro de alimentos. Por lo tanto, el agua virtual puede tener un papel en las políticas nacionales que persiguen mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición en los países con limitaciones hídricas. La combinación óptima entre importaciones y producción nacional varía de un país a otro en función de la dotación de tierras y aguas, y de otros usos productivos dados. A escala regional y nacional, los mayores exportadores netos de agua virtual son América septentrional y meridional (Argentina, Brasil, Canadá y los Estados Unidos de América), Asia meridional y sudoriental (India, Indonesia, Pakistán y Tailandia) y Australia. Los mayores importadores netos de agua virtual son Europa, el Cercano Oriente y África del Norte, el Japón, México y la República de Corea⁵⁴.

Lo que mueve el comercio internacional son las fuerzas económicas y políticas más que la escasez de agua. La protección del comercio y el apoyo nacional a la agricultura (por ejemplo, tarifas, aranceles, apoyo a los precios de los productos básicos y subvenciones) influyen en los desplazamientos de agua virtual⁵⁵. Estudios empíricos sobre la relación entre el comercio internacional y las dotaciones nacionales de agua confirman que hay otros factores que son más importantes que el agua a la hora de determinar los patrones agrícolas y del comercio de agua virtual. Un análisis de datos nacionales de 146 países sobre la disponibilidad de agua dulce renovable y el comercio neto de agua

virtual demuestra que la escasez no determina el comercio de agua virtual de un país, mientras que sí lo hace el acceso a tierras cultivables⁵⁶. Otro estudio internacional revela que la cantidad de tierra cultivable por persona es un mejor indicador de las exportaciones agrícolas que los recursos de agua dulce renovables de un país, expresados ya sea por persona o por hectárea⁵⁷.

Los datos muestran aumentos que van de pequeños a considerables en los flujos mundiales de agua virtual como consecuencia de la liberalización del comercio^{55, 58}. Esta tiende a reducir el uso en regiones donde el agua escasea, pero lo incrementa y aumenta las exportaciones de agua virtual en regiones que tienen una abundancia relativa, como los Estados Unidos de América y América meridional, mientras que aumenta las importaciones virtuales en regiones con escasez⁵⁸. El potencial del uso compartido implícito de infraestructuras se evidencia en países con poca capacidad de almacenamiento en presas que obtienen una mayor proporción de su agua agrícola de las importaciones virtuales⁵⁹.

No todos los patrones de comercio dan lugar a un uso más productivo del agua. Si países con escasez de agua importan de otras regiones con escasez de agua, esto no hace más que trasladar la carga de la escasez de agua provocada por la agricultura. La alineación entre el comercio y el uso sostenible del agua (por ejemplo, mediante un etiquetado específico del agua) es esencial para mejorar su gobernanza mundial⁶⁰. Esto es especialmente cierto en la medida en que el precio del agua dulce para la agricultura no refleja su valor económico ni los efectos de su uso sobre el medio ambiente^{61, 62}. El agua virtual es un concepto útil para alentar a los funcionarios públicos y a la ciudadanía a centrar su atención en la escasez de agua. No obstante, la perspectiva del agua virtual no puede ser el criterio principal para la formulación de políticas óptimas de comercio o producción agrícolas⁵⁷.

subvenciones generales para que los sectores del agua, la agricultura y la energía afronten los mismos costos de oportunidad cuando evalúen la viabilidad de las políticas y de los programas y proyectos. Otra dimensión que suele ser objeto de debate es el papel del comercio internacional y el modo en que este afecta al uso del agua en los países (Recuadro 24).

Las reformas institucionales y de política relacionadas con la gestión del agua exigen una compleja combinación de acciones entre el sector público, el mercado y la sociedad civil (Recuadro 25). Esto resulta especialmente pertinente dada la vinculación entre agricultura y seguridad alimentaria y nutrición, ambas íntimamente relacionadas con el agua.



RECUADRO 25

EL RETO DE LA COORDINACIÓN DE POLÍTICAS: EXPERIENCIAS DE BOLIVIA (ESTADO PLURINACIONAL DE) Y CHILE

En Bolivia (Estado Plurinacional de), el Ministerio de Medio Ambiente y Agua ha dado a la gobernanza una importancia fundamental de cara al logro de la seguridad del abastecimiento de agua en su programa de gestión del agua para 2017-2020, en el que aborda el cambio climático⁶⁸. El país ha realizado importantes inversiones en obras y tecnologías de riego, inventarios de fuentes de agua y balances hídricos, e inventarios de los derechos de agua. El programa reconoce organizaciones de riego y métodos de planificación del agua ancestrales en cuencas estratégicas, vinculados a la producción sostenible. En el departamento de Tarija, al sur del país, una plataforma interinstitucional para la cuenca estratégica del río Guadalquivir promueve la coordinación entre sectores, instancias gubernamentales, instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales. La FAO, en colaboración con la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional y la Unión Europea, promueve el diálogo entre las múltiples partes interesadas, los diferentes sectores y los diversos niveles para una mejor integración de la gobernanza y gestión del agua en esta cuenca fluvial semiárida que es vulnerable al cambio climático.

En Chile, la FAO, junto con la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura, efectuó recientemente un estudio de caso sobre gobernanza del agua en la subcuenca del río Tinguiririca, perteneciente a la cuenca del río Rapel⁶⁹. Esta cuenca afronta una sequía grave, con una demanda de agua superior al suministro, y es representativa de la región central del país, que padece una prolongada sequía desde hace unos 10 o 13 años. El estudio participativo rápido llevado a cabo en 2019 en la subcuenca del Tinguiririca determinó la existencia de cinco retos y necesidades principales en materia de gobernanza de agua:

- ▶ Reforzar la confianza entre los actores (relacionados con el abastecimiento de agua potable, el agua para riego y la energía hidroeléctrica), garantizar una coordinación eficaz entre ellos y evitar o resolver conflictos derivados de la crisis hídrica.
- ▶ Reforzar la eficiencia y las capacidades de las instituciones públicas y privadas, desde la Dirección General de Aguas y el Ministerio de Agricultura hasta los agentes de extensión; fomentar la coordinación entre las entidades de apoyo; y mejorar la composición de las comunidades de aguas subterráneas.
- ▶ Mejorar la planificación territorial y la eficacia de la reglamentación, proteger el suelo de un uso agrícola que no promueva la conservación y regular la expansión del riego conforme a la disponibilidad de agua, teniendo en cuenta el cambio climático.
- ▶ Regular el uso del agua y promover sistemas de riego con equipos eficientes de goteo y aspersión, cultivos de valor elevado que requieran menos cantidad de agua y reutilización segura de las aguas residuales.
- ▶ Generar nueva y mejor información, compartirla e integrarla, y modernizar la gestión de información para una toma de decisiones fundamentada.

El examen participativo determinó una serie de medidas para colmar las lagunas existentes en materia de infraestructura, políticas y planificación, administración, conocimientos e información. Además del fortalecimiento de las instituciones, señaló tres intervenciones prioritarias: i) mejorar la eficiencia del agua para reducir la vulnerabilidad al cambio climático; ii) regular la expansión de la demanda de agua en la agricultura o en el riego según las previsiones de disponibilidad, y iii) garantizar la disponibilidad de agua para producción y consumo.







La FAO continúa apoyando a estos países andinos, así como a los del Corredor Seco en Mesoamérica, para satisfacer las necesidades de mejora de la gobernanza y gestión del agua. Una atención renovada a la gestión de las cuencas hidrográficas, así como a la gestión integrada de las aguas superficiales y subterráneas, será decisiva para que los diferentes sectores y actores puedan abordar la degradación y la escasez o agotamiento de los recursos hídricos y apoyar sistemas agrícolas sostenibles y resilientes.

» La seguridad alimentaria y la nutrición se ven afectadas por el acceso a agua limpia (véase la sección “Cuestiones específicas: Mejora del acceso a agua potable salubre en las zonas rurales”, pág. 23). Sin embargo, la seguridad alimentaria y la nutrición también están relacionadas con el agua a través de los numerosos pequeños agricultores y personas pobres del medio rural que dependen de la agricultura. El presente informe muestra cuántas personas viven en zonas en las que los riesgos hídricos afectan a los productores agrícolas. Las políticas macroeconómicas y de precios de productos básicos que crean igualdad de condiciones para todos los sectores y productos pueden permitir a los pequeños agricultores adoptar decisiones más fundadas y menos arriesgadas sobre cuestiones hídricas, por ejemplo, la captación de aguas o las inversiones en riego. La mejora de las inversiones en riego con el fin de abarcar otras intervenciones destinadas a abordar cuestiones relativas al género, la juventud, la salud y los resultados nutricionales, o de establecer conexiones con ellas, podría transformar, asimismo, los programas de riego, pasando del mero incremento de la producción alimentaria a convertirse en un componente integrante de las estrategias de reducción de la pobreza y de la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición⁶³. La extensión agrícola, las cooperativas y las asociaciones de usuarios de agua pueden incluir la nutrición y la alimentación en sus mensajes⁶⁴. Esto se podría adaptar, asimismo, a los productores de las zonas de secano y los desafíos relacionados con el agua a los que se enfrentan. Las intervenciones en materia de agua deberían estar más enfocadas hacia las mujeres, con objeto de mejorar la calidad de la alimentación y los resultados nutricionales⁶⁵⁻⁶⁷. La determinación de intervenciones que reduzcan la carga de tiempo de las mujeres y respalden su control sobre la producción podría acelerar los progresos en materia de nutrición y aumentar los beneficios⁶⁴. ■





ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE POLÍTICAS PARA REDUCIR LAS LIMITACIONES DEL ABASTECIMIENTO HÍDRICO EN LA AGRICULTURA

Aunque todos los países y regiones experimentan algún tipo de riesgo relacionado con el agua—estrés hídrico, sequías, inundaciones o problemas de calidad del agua— cada uno se enfrenta a riesgos diferentes de diversa magnitud. (Para una breve descripción de las cuestiones relacionadas con las inundaciones, véase “Cuestiones específicas: ¿Demasiada agua? Inundaciones, encharcamiento y agricultura”, pág. 119). La elección de las políticas de gestión de agua más adecuadas dependerá del sistema de producción: riego, secano (producción con altos o bajos insumos), ganadería, o pesca continental y acuicultura. También son importantes los riesgos afrontados y la dotación de recursos con que se cuente, tanto naturales como financieros, así como la gobernanza y las capacidades de cada país. Decidir las medidas, intervenciones o políticas concretas significa dar prioridad a determinados objetivos con el fin de dirigir los limitados recursos allí donde más se necesiten y puedan resultar más eficaces. Partiendo del análisis espacial del Capítulo 2 en relación con la producción de secano, de regadío y ganadera, el Cuadro 7 presenta las posibles políticas y esferas de intervención para reducir el déficit hídrico y la escasez de agua en los sistemas agrícolas y ganaderos, así como las intervenciones y estrategias para la pesca continental y la acuicultura. Estos son elementos de un conjunto de intervenciones para una estrategia de gestión del agua que abarque “toda la agricultura”, en paralelo con iniciativas intersectoriales destinadas a hacer más sostenible el uso del agua. La importancia de la contabilidad hídrica, como premisa para una gestión sostenible del agua, es un tema transversal que afecta a todos los tipos de usuarios de agua.

CUADRO 7
PRIORIDADES DE LAS POLÍTICAS PARA UNA MEJOR GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA

Estrategias/ medidas	Zonas de secano		Zonas de regadío	
	Tierra cultivable	Tierra de pastoreo		Pesca continental y acuicultura
	Frecuencia de sequías de elevada a muy elevada en 77 millones de hectáreas (con bajos insumos) y 51 millones de hectáreas (con altos insumos)	Frecuencia de sequías de elevada a muy elevada en 656 millones de hectáreas	Estrés hídrico de alto a muy alto en 171 millones de hectáreas	
 Contabilidad y auditoría del agua	Contabilidad del agua racional y transparente	Sistemas de seguimiento; evaluaciones del agua y los piensos en zonas áridas; uso del agua, en lugar de la tierra, como insumo principal en las evaluaciones ambientales	Contabilidad del agua racional y transparente	Incorporación de valoraciones adecuadas de los ecosistemas relacionados con el agua y los caudales ambientales en la contabilidad de los recursos hídricos
 Buenas prácticas agrícolas	Prácticas agronómicas óptimas (por ejemplo, variedades mejoradas de semillas, gestión de nutrientes y plaguicidas, restauración de la materia orgánica y la cubierta vegetal del suelo)	Estrategias nutricionales; uso de sombra en los corrales; regulación de la temperatura ambiente; semillas mejoradas y sistemas de cultivo de cultivos forrajeros o de piensos mejorados; mejor sanidad y reproducción animal; construcciones estratégicas para forraje y pozos entubados	Prácticas agronómicas óptimas (por ejemplo, variedades mejoradas de semillas, gestión de nutrientes y plaguicidas, restauración de la materia orgánica y la cubierta vegetal del suelo)	Repoblación responsable y estrategias de mejoramiento de la pesca de captura en masas acuáticas construidas por el hombre mediante material genético adecuado y uso de especies no autóctonas; mejoramiento de la eficiencia de la acuicultura mediante productividad y reutilización del agua, integración y prácticas acuícolas óptimas
 Instrumentos normativos	Servicios de extensión; servicios financieros; seguros para cultivos; subvenciones con destinatarios específicos; mejor acceso a los mercados (por ejemplo, mejores caminos)	Directrices y normas nacionales en materia de respuestas de la ganadería a los riesgos hídricos; subvenciones con destinatarios específicos (por ejemplo, para restaurar las tierras de pastoreo y fomentar el uso de residuos de las cosechas como alimento para los animales)	Servicios de extensión; servicios financieros; seguros para cultivos; subvenciones con destinatarios específicos	Ajuste de los incentivos y políticas que inciden negativamente en la pesca y acuicultura
 Tecnología de la información y la comunicación	Sistemas de alerta temprana; aplicaciones en teléfonos para suministrar información sobre mercados y clima; agricultura de precisión	Sistemas de alerta temprana; tecnologías para la gestión del pastoreo excesivo (por ejemplo, sistemas de información espacial para la cartografía de los puntos de aguada)	Sistemas de alerta temprana; aplicaciones de teléfonos móviles para suministrar información sobre mercados y clima; agricultura de precisión	Sensores inalámbricos para hacer el seguimiento de las condiciones hídricas y el comportamiento de los peces
 Conservación del agua	Estrategias de conservación del suelo y el agua, como bancales, cultivos en curvas de nivel y agricultura de conservación	Dispositivos para beber con uso eficiente del agua; mantenimiento y reparación de bebederos y sistemas de conservación; enfoque integrado de las mejoras hidráulicas	Agricultura de conservación; sistemas de riego que usan el agua de manera eficiente	Consideración de las compensaciones entre producción de cultivos y producción de pescado; formación de zonas de refugio en los sistemas arroceros
 Captación de agua y riego	Captación de agua	Uso de tanques y embalses para dar de beber al ganado; preservar y restaurar los sistemas de captación de agua y riego; soluciones integradas (por ejemplo, captación de agua de lluvia que proporciona agua para abrevaderos del ganado)	Rehabilitación y modernización del riego	Soluciones integradas (por ejemplo, captación de agua de lluvia que proporciona agua para la cría de peces; pequeños estanques)

CUADRO 7
(CONTINUACIÓN)

Estrategias/ medidas	Zonas de secano		Zonas de regadío	
	Tierra cultivable	Tierra de pastoreo	Pesca continental y acuicultura	
	Frecuencia de sequías de elevada a muy elevada en 77 millones de hectáreas (con bajos insumos) y 51 millones de hectáreas (con altos insumos)	Frecuencia de sequías de elevada a muy elevada en 656 millones de hectáreas	Estrés hídrico de alto a muy alto en 171 millones de hectáreas	
 Gobernanza del agua	Participación de la comunidad; enfoques integrados de gestión de cuencas hidrográficas	Participación de la comunidad; instituciones consuetudinarias o indígenas; organizaciones de pastores	Herramientas de asignación y basadas en los mercados; asociaciones de usuarios de agua	Asociaciones relacionadas con la pesca o acuicultura; asignación para acuicultura; reglamentaciones para retener flujos ambientales; incorporación de resultados relativos a la nutrición en las políticas y la planificación
 Comercio	Comercio de agua virtual	Comercio de agua virtual	Comercio de agua virtual	Comercio de agua virtual
 Recursos hídricos no convencionales	—	Uso de fuentes alternativas de agua para la producción de piensos y para abrevaderos de animales	Reutilización y desalinización del agua; sistemas integrados (por ejemplo, arroz-peces y acuaponía)	Sistemas integrados (por ejemplo, arroz-peces y acuaponía) que permiten reutilizar el agua
 Soluciones basadas en la naturaleza	Soluciones basadas en la naturaleza	Soluciones basadas en la naturaleza	Soluciones basadas en la naturaleza	Soluciones basadas en la naturaleza para mejorar los servicios ambientales y de la biodiversidad

NOTA: El Cuadro A2 del Anexo estadístico (pág. 159) muestra el desglose por países del número de hectáreas dedicadas a sistemas de producción agrícola y sistemas de producción ganadera que se ven afectadas por una grave escasez de agua.

FUENTE: FAO.

Mejora de la gestión del agua en las tierras de cultivo de secano

En términos generales, este perfil es pertinente para la totalidad de los 1 200 millones de hectáreas de tierras de cultivo de secano, pero lo es especialmente para los 77 y 51 millones de hectáreas, respectivamente, de los sistemas de producción de secano con bajos y altos insumos y frecuencia de sequías de elevada a muy elevada. En estas zonas, la conservación del agua y el equilibrio entre agricultura de regadío y agricultura de secano reciben la mayor atención, puesto que la dependencia exclusiva de la agricultura de secano entraña un considerable riesgo de sequía. Las técnicas de captación de aguas (por ejemplo, como apoyo al riesgo complementario) pueden ayudar a superar

los períodos breves de sequías, reduciendo así el riesgo en la agricultura de secano⁷⁰. Aunque la captación de aguas tiene un gran potencial para posibilitar una mayor eficacia de las estrategias de gestión del agua, estas estrategias también requieren buenas prácticas agronómicas, como, por ejemplo, el empleo de variedades mejoradas, la plantación y cosecha de los cultivos en los períodos idóneos y la gestión de nutrientes. En aquellos lugares en los que el riesgo de sequía y la falta de recursos limiten las inversiones de los agricultores en actividades más arriesgadas y rentables —haciendo más difícil la ruptura del círculo vicioso de la producción con bajos insumos— las intervenciones públicas orientadas a la inversión en insumos modernos desempeñarán un papel central. Los gobiernos pueden ayudar a atenuar los efectos de la sequía

invirtiendo en carreteras e infraestructuras de mercado para conectar a los agricultores con sus mercados, y subvencionar la captación y conservación de agua, contribuyendo a la vez al desarrollo agrícola general. Las aplicaciones de teléfonos móviles constituyen una solución económica que puede ayudar a los agricultores a acceder a información de mercado, financiera y meteorológica. Allí donde el riesgo de sequía sea grave, las bases de datos y los sistemas de información con mecanismos de control de sequías y alerta temprana constituirán medidas preventivas clave. Asimismo, los gobiernos pueden eliminar las barreras a la inversión a través de servicios de extensión y crédito, o mediante la introducción de seguros de cosecha y redes de seguridad con fuentes alternativas de ingresos para los pequeños agricultores.

La expansión de la captación de aguas puede afectar a la sostenibilidad de la pesca continental y otros ecosistemas relacionados con el agua y, en consecuencia, a la seguridad alimentaria y el estado nutricional de quienes dependen de ellos. Toda decisión relativa a la inversión en sistemas de captación de aguas debería estar basada en una contabilidad del agua detallada. Para compensar los costos ambientales y económicos, puede ser importante una captación de aguas que integre los sistemas agrícolas con la cría de peces y otros animales acuáticos, añadiendo beneficios nutricionales en el plano de los hogares y de las explotaciones y aumentando la productividad del agua.

La obtención de los máximos beneficios de las intervenciones en la agricultura de secano también depende de que se implique a los agricultores en el desarrollo de tecnologías dentro de su comunidad y, posiblemente, en el ámbito de la cuenca hidrográfica⁷¹. Es necesario un nuevo marco de política sobre el agua para una gestión integrada de los recursos hídricos que permita la planificación y asignación del agua pluvial a escala de la cuenca, dado que las políticas y reglamentaciones hídricas suelen estar diseñadas para la asignación del agua de riego y no para la recogida del agua de lluvia⁷¹. En el caso de los 14 millones de hectáreas de agricultura de secano afectadas por una frecuencia de sequías muy elevada, los gobiernos podrían, asimismo, eliminar las

distorsiones agrícolas para facilitar el comercio de bienes que exigen un uso intensivo de agua a fin de compensar las deficiencias hídricas y proporcionar seguridad alimentaria y nutrición.

Un ámbito clave de las políticas relativas a las zonas de secano, tanto las dedicadas al cultivo como al pastoreo, es la preparación ante sequías. Las políticas sobre sequía no deberían ser solamente una respuesta a situaciones de catástrofe, sino una preocupación permanente para los gobiernos y la sociedad. Dichas políticas deberían estar vigentes en los años en que no hay sequías, cuando hay más tiempo para planificar y afrontar desafíos. En los años de sequía, los esfuerzos estarán dirigidos, como es lógico, a programas de respuesta. Cada política nacional tendrá sus propias características basadas en las condiciones locales; no obstante, hay elementos que son comunes a todas las políticas. Una política sobre sequía debería constar de tres pilares: i) sistemas de seguimiento, predicción y alerta temprana; ii) evaluación de la vulnerabilidad y el impacto, y iii) preparación, mitigación y respuesta. Estos tres pilares deberían estar respaldados por políticas transversales que comprendieran, como mínimo, los siguientes elementos: coordinación y desarrollo institucional; creación de capacidad; financiación; gestión de conocimientos, ciencia, tecnología e investigación, concienciación; cooperación regional e internacional; participación e inclusión de las partes interesadas; evaluación⁷².

Mejora de la gestión del agua en los sistemas de producción ganadera

Del total de los 4 600 millones de hectáreas dedicadas al pastoreo, casi el 15% (656 millones de hectáreas) se ven afectadas por una frecuencia de sequías graves de alta a muy alta. El sector ganadero es ya un gran usuario de recursos naturales como la tierra (aunque a menudo son tierras marginales en las que el cultivo no es viable) y el agua, a través del pienso y el pasto de secano. El uso del agua en la ganadería debería ser una parte integrante de la gestión de los recursos hídricos agrícolas, teniendo en cuenta el sistema de producción (por ejemplo, sistema basado en los pastizales, sistema mixto agropecuario, ganaderos sin tierras) y la escala (intensiva o extensiva), las especies y

razas de ganado, así como los aspectos sociales y culturales de la actividad ganadera en los diferentes países⁷³. Para mejorar la percepción de la demanda de agua dulce en una región específica y aumentar el rendimiento de las distintas explotaciones y del conjunto de la cadena de suministro, las partes interesadas deben aplicar una contabilidad del agua sólida y transparente, teniendo en cuenta el clima, las prácticas agrícolas y la utilización de piensos. A tal fin, en 2012, la FAO creó la LEAP con la intención de mejorar la sostenibilidad ambiental de la actividad pecuaria, incluido el uso óptimo del agua, y encontrar oportunidades para mejorar la productividad del agua en la ganadería (véase el Capítulo 4)⁷³. Los sistemas de seguimiento pueden realizar evaluaciones sobre el agua y el pienso en las tierras áridas con el fin de mejorar los sistemas de alerta temprana y aportar información a la formulación de estrategias.

Puesto que gran parte del consumo de agua en la ganadería está relacionado con el pienso, es fundamental una mayor productividad del agua en los cultivos para mejorar el comportamiento ambiental de la producción ganadera en lo que atañe al agua⁷³. Reviste gran importancia la gestión del agua en la agricultura de secano y regadío a la que se hace referencia en las secciones anteriores y siguientes. Hay otras opciones fundamentales como la mejora de las variedades de semillas y los sistemas de cultivo para la producción de cultivos forrajeros, así como subvenciones específicas destinadas a fomentar el uso de los residuos y subproductos de los cultivos alimento para los animales. Otras subvenciones importantes son las destinadas a la restauración, gestión sostenible y preservación de los ecosistemas de pastoreo. Aparte de la producción de piensos, la mayor parte del agua consumida en la actividad ganadera se destina al abrevado. En el Capítulo 3 se presentan varias prácticas de gestión del agua cuyo fin es reducir la cantidad de agua necesaria para el abrevado del ganado. La mejora de la salud animal es un medio importante de aumentar la producción en general y, por ende, la productividad del agua, pues los animales utilizan el forraje y otros recursos hídricos de forma más eficiente⁷³. Cuando no existe acceso al agua, debería promoverse la mejora de las infraestructuras

(por ejemplo, pozos entubados) así como la preservación de los sistemas tradicionales de captación de aguas, conservación de agua y riego (por ejemplo, canales, terrazas y pozos). Esta estrategia se complementará con el diseño de tecnologías innovadoras para la gestión del pastoreo extensivo (por ejemplo, bombas y embalses móviles).

Ha habido recientemente innovaciones prácticas en los sistemas integrados de producción que aprovechan las sinergias entre agricultura, ganadería y agrosilvicultura y aseguran la sostenibilidad económica y ecológica al tiempo que proporcionan servicios ecosistémicos⁷⁴. Existen múltiples formas de lograr esta integración, que puede tener lugar tanto en la explotación agrícola como en toda una zona, conllevando cierta especialización. Para ello se necesitará voluntad política, así como apoyo normativo e institucional para adoptar las innovaciones y prácticas relacionadas con unos sistemas agropecuarios prometedores para la seguridad alimentaria y la nutrición. Asimismo, los gobiernos deberían promover la conexión con los mercados de insumos y productos de estos sistemas, con cadenas de suministro de insumos y productos y proveedores de servicios público-privados para los diferentes sistemas de producción y mercados.

El éxito de la expansión depende también de que se cuente con organizaciones de agricultores fuertes, del empoderamiento de la comunidad y de la adopción de enfoques interinstitucionales y basados en la participación de las distintas partes interesadas. Esto exige intercambio de conocimientos, desarrollo de la capacidad, así como investigaciones interdisciplinarias adaptativas y pertinentes⁷⁴. Cabe citar como ejemplo las escuelas de campo para agricultores y los clubes de productores.

Mejora de la gestión del agua en las zonas de regadío

Al igual que en los sistemas de secano, existen numerosas opciones para aliviar la escasez de agua en la agricultura de regadío. A escala mundial, más de 275 millones de hectáreas de tierras de cultivo de regadío se beneficiarían de una mejor gestión del agua. La necesidad de actuación es

especialmente urgente para los 171 millones de hectáreas afectadas por estrés hídrico de alto a muy alto. El punto de partida para cualquier estrategia eficiente, eficaz y sostenible sobre estrés hídrico y para la mejora de la gestión de los recursos hídricos en la agricultura de regadío debería ser una contabilidad detallada del suministro y la demanda de agua. Una vez que las partes interesadas tengan un conocimiento profundo del balance hídrico —incluidas las necesidades hidrológicas y ecosistémicas en cuanto a cantidad y calidad del agua durante todo el año— el reto será introducir sistemas de asignación claros y transparentes. Estos deberán hallar un equilibrio entre el agua destinada a la producción de alimentos, a satisfacer las necesidades básicas de las poblaciones pobres y vulnerables y a los caudales ambientales. El establecimiento de derechos seguros de uso del agua y acceso a los servicios ecosistémicos en las cuencas fluviales y los acuíferos contribuirá, asimismo, a crear seguridad para los usuarios, promover el uso eficiente del agua y crear oportunidades para mercados de agua. A fin de promover la gestión eficaz, la totalidad de derechos de agua no deberá superar el uso actual en la cuenca o acuífero. Solo en esas condiciones es posible formular medidas de conservación del agua eficaces.

Aunque cualquier expansión del riego debe realizarse de forma cautelosa y como parte de una estrategia de gestión integrada de los recursos hídricos, es evidente que la población rural pobre puede beneficiarse considerablemente del riego. En la India, el riego fue la principal causa de la reducción de la pobreza rural entre 1970 y 1993, por encima de la adopción de variedades de alto rendimiento, la aplicación de fertilizantes y la mejora de la alfabetización rural y de la densidad de caminos rurales en los 14 estados⁷⁵. Otros estudios realizados en Malawi y Pakistán han demostrado que —si se gestiona bien— el riego puede reducir el riesgo de retraso del crecimiento infantil y fomentar una alimentación variada en los hogares^{76, 77}. Existe un gran potencial para la expansión del riego en algunas regiones del mundo. Entre 2010 y 2050, se prevé que la superficie de cultivo irrigada aumente un 12% en Asia oriental y el Pacífico, un 35% en América Latina y el Caribe, un 22% en el Cercano Oriente y África del Norte, un 30% en Asia meridional y más del 100% en

el África subsahariana⁷⁸. El potencial es aún mayor si se establecen las políticas adecuadas. Un estudio calcula que hay potencial para al menos 16 millones de hectáreas de riego rentable a gran escala y 7 millones de hectáreas de riego a pequeña escala en África, con un índice de rendimiento interno más elevado para los sistemas gestionados individualmente y por las comunidades agrícolas⁷⁹. Otro estudio ha revelado un potencial aún mayor de expansión rentable para el riego a pequeña escala en el África subsahariana, con posibilidad de alcanzar los 30 millones de hectáreas para el riego con bombas de motor. Dicha expansión podría beneficiar a más de 350 millones de personas del medio rural⁸⁰. Dado que muchos países dependen de la pesca continental para la seguridad alimentaria y la nutrición y se ven amenazados por tal intensificación, es importante adoptar un enfoque más holístico para contrarrestar o mitigar algunos de estos efectos negativos.

Al margen de la expansión, las prioridades de inversión en riego abarcan la rehabilitación de los sistemas viejos y obsoletos y la modernización de los actuales para mejorar el control del agua y la productividad de su uso. Esto podría implicar inversiones en tecnologías de riego avanzadas para aumentar la productividad del agua utilizada en los cultivos o reducir el uso consuntivo del agua minimizando la evapotranspiración. Otras opciones incluyen la producción de cultivos de mayor valor en las zonas regadas o la limitación de la superficie de cultivo sometida a riego. No obstante, la aplicación de esta última suele resultar más difícil y gozar de una menor aceptación¹. Cuando es económicamente viable, la inversión en agricultura de precisión permite a los agricultores mejorar la eficiencia del riego y minimizar al mismo tiempo el impacto sobre la fauna y flora silvestres y el medio ambiente. Otro tipo de infraestructura al que merece la pena dar prioridad es el relacionado con los sistemas integrados de datos e información para el seguimiento de los recursos hídricos y los derechos de agua. Estos ayudan a aportar información a los sistemas de asignación eficiente de agua para garantizar que el consumo hídrico resulte sostenible a largo plazo. Las medidas destinadas a potenciar el abastecimiento a partir de recursos no convencionales —como la desalinización o la reutilización

de aguas residuales— adquirirán asimismo una mayor importancia, pero requerirán una inversión considerable.

Cuando se requiera capital, sobre todo en el caso del desarrollo del riego, se puede incrementar la inversión en la gestión de recursos hídricos mediante nuevos mecanismos de financiación. Opciones como los bonos verdes y azules constituyen una fuente de financiación que merece ser tomada en cuenta. Otra opción de financiación es una combinación de subsidios, préstamos garantizados por el Gobierno y contribuciones de los beneficiarios. La financiación mixta, que utiliza estratégicamente financiación para el desarrollo o financiación pública para movilizar inversiones privadas (por ejemplo, el Fondo Mundial para el Agua) constituye un enfoque prometedor para ampliar la financiación del sector privado en los países de ingresos bajos⁸¹. Allí la inversión se ha limitado fundamentalmente a las aguas subterráneas y, en menor medida, a sistemas comerciales de aguas superficiales más pequeños. Hay varios factores que han inhibido la inversión del sector privado en el riego, como: unos índices de rendimiento relativamente bajos o inciertos; interferencias políticas durante la gestión del proyecto, que fijan la tarifa del agua por debajo de los niveles sostenibles para los inversores privados o el sector bancario; preocupación de los gobiernos por la posibilidad de que el sector privado venda el agua a las industrias a un precio más elevado que el cobrado a los usuarios agrícolas o a los abastecedores de agua para uso doméstico⁸². Aun cuando los gobiernos continúen aportando el grueso de la financiación, la incorporación del sector privado a través de asociaciones público-privadas puede generar beneficios económicos^p. Los contratos deben estar diseñados específicamente para proteger a los pequeños agricultores. Los pagos por servicios ecosistémicos pueden constituir una fuente adicional para las intervenciones relacionadas con el agua. Sin embargo, hasta la fecha, ninguna de estas fuentes ha proporcionado una financiación significativa de manera específica para el desarrollo del riego²⁷.

Además de la inversión en sistemas de riego, para hacer un uso óptimo de la escasa agua de riego disponible es necesaria una selección más activa de cultivos y nutrientes en todas las superficies de regadío —especialmente las zonas afectadas por un estrés hídrico elevado— que comprenda la diversificación de cultivos para incluir cultivos de mayor valor y menor consumo de agua (por ejemplo, variedades tolerantes a la sequía). De entre todas las opciones de gestión integrada de cultivos, la agricultura de conservación es una de las más importantes para potenciar el uso eficiente del agua y los nutrientes. Otros sistemas de gestión integrada deberían también tener en cuenta el potencial de la acuicultura y la pesca continental, así como las necesidades de caudal ambiental.

A medida que la demanda de agua aumente, se necesitarán instituciones mucho más fuertes para garantizar la distribución equitativa de beneficios y mantener los servicios ambientales. Las reformas de la gobernanza del agua pueden ayudar a resolver los problemas de equidad y eficiencia relacionados con el agua, especialmente en las zonas con un elevado estrés hídrico. Dependiendo del contexto, las reformas clave incluyen la coordinación de políticas entre los organismos gubernamentales relacionados con la alimentación, el agua y la energía; la integración de las políticas agrícolas y urbanas relativas al agua cuando haya una competencia directa por el agua; asociaciones de usuarios del agua con capacidades fuertes (incluido el control de los derechos, servicios y tarifas locales en materia de agua); la aplicación de prácticas de medición y control; la promoción de una autoridad jurídica clara. Para evitar un uso excesivo de agua, las estrategias que se formulen deberían contemplar también la eliminación gradual de los pagos asociados a la producción (por ejemplo, apoyo a los precios), especialmente para los cultivos que requieran mucha agua, y comenzar a suprimir gradualmente las subvenciones generales al agua, la energía y los fertilizantes. Los responsables de la formulación de políticas deberían, asimismo, eliminar las distorsiones del comercio agrícola con el fin de facilitar el comercio de productos agrícolas básicos cuando el agua subvencionada dé al sector una ventaja comparativa.

^p Para una descripción de las modalidades contractuales de asociaciones público-privadas más comúnmente empleadas en el sector del riego, véase Banco Mundial, 2017⁸³.

Mejora de la gestión del agua en la pesca continental y la acuicultura

La pesca continental y la acuicultura son un componente valioso de los sistemas alimentarios y desempeñan una función útil en numerosas iniciativas de desarrollo. El uso del agua por el sector de la pesca continental está indisolublemente ligado a la protección y el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos. Todo proyecto de desarrollo hídrico debería primero tener en cuenta las necesidades de la pesca continental y la acuicultura en términos de cantidad y calidad del agua. Mientras que otros sectores pueden utilizar recursos hídricos como las aguas subterráneas y el agua de lluvia, la pesca continental se ve limitada por la disponibilidad de aguas superficiales. Por consiguiente, a menudo no basta con evaluar cuánta agua hay disponible. Otros aspectos igualmente críticos son el emplazamiento de los recursos hídricos, sus dinámicas de caudal, la disponibilidad, calidad y salinidad del agua, así como los efectos de los factores de cambio y las presiones antropogénicas⁸⁴. Existe la necesidad de establecer los caudales ambientales para sustentar los ecosistemas acuáticos e incorporar, en la gestión del agua, valoraciones sobre los ecosistemas relacionados con el agua. La mayoría de los países de ingresos altos y algunos de los de ingresos bajos cuentan en la actualidad con reglamentaciones de caudales ambientales y criterios de calidad del agua estrictos⁸⁵, lo que resulta útil para la sustentación de la pesca y la acuicultura. Algunos otros instrumentos de política de los que disponen los organismos de las cuencas fluviales son las estimaciones de costos para la asignación de agua a la acuicultura y el examen de los incentivos y políticas sobre tecnologías de ahorro de agua para determinar los productos que repercuten en la pesca continental y la acuicultura, así como los resultados nutricionales. La ampliación de la consulta a las partes interesadas sobre la gestión del agua a fin de incluir en ella la pesca continental y la acuicultura puede garantizar un proceso más equilibrado de toma de decisiones relacionadas con los planes hídricos. Un ejemplo puede ser la participación de expertos en el medio acuático en la rehabilitación de los viejos sistemas riego o en el diseño de sistemas nuevos.

Las controversias sobre el agua que se destina a riego y la destinada a la pesca continental y la acuicultura suelen ser difíciles de resolver debido a las diferentes necesidades de los peces y los cultivos⁸⁵. No obstante, una adecuada planificación y un enfoque holístico sobre el desarrollo, la agricultura y la pesca pueden mitigarlas. En primer lugar, es importante tener en cuenta las compensaciones de factores entre el uso del agua para el cultivo agrícola y para la pesca continental y la acuicultura, así como explorar posibles soluciones integradas que maximicen los resultados, especialmente con beneficios nutricionales para las partes interesadas más pobres o marginadas. Los sistemas de producción de arroz que integran la acuicultura en la producción existente de cultivos de regadío o en masas de agua ubicadas en el mismo sitio son excelentes ejemplos de cómo ambas actividades pueden coexistir. Hay numerosos casos que demuestran que los peces tienen un efecto positivo sobre los cultivos de arroz, ya que reducen la necesidad de plaguicidas y fertilizantes.

En los sistemas de secano, la integración de la acuicultura y la pesca también puede crear situaciones mutuamente beneficiosas. Entre los enfoques integrados figuran: i) la promoción de tecnologías de captación de aguas (por ejemplo, pequeños estanques) que permitan la diversificación de las explotaciones agrícolas y la producción complementaria, por ejemplo, piscicultura, horticultura y ganadería; ii) el establecimiento de zonas de refugio dentro de los sistemas de producción de arroz de secano con el fin de sustentar y potenciar la biodiversidad acuática; iii) el establecimiento y fomento de sistemas sociales basados en la comunidad con la finalidad de conservar los ecosistemas relacionados con el agua, y iv) considerar de manera holística las llanuras inundables a fin de reconectar los sistemas reduciendo las obstrucciones, como las creadas por las carreteras transitables en todas las condiciones meteorológicas (por ejemplo, tuberías de drenaje) o por pequeños embalses.

Los responsables de la formulación de políticas deberían, asimismo, considerar soluciones basadas en la naturaleza como instrumento para proteger los recursos naturales y mejorar

el estado y la calidad de los ecosistemas relacionados con el agua. Entre las opciones posibles se incluyen la restauración de los canales de agua a través de las barreras y los estrangulamientos creados por las estructuras de gestión del agua; la gestión de los caudales y la apertura de estructuras para permitir el paso de los peces durante los períodos de apareamiento y su dispersión dentro de los sistemas; la creación de humedales de refugio como parte de soluciones de ingeniería del agua a gran escala para grandes sistemas de riego; así como la mejora de la integración de la acuicultura en la producción de cultivos de regadío existentes. Los servicios ambientales deben presupuestarse íntegramente en los sistemas de producción alimentaria, y las subvenciones deben modificarse en consecuencia. Solo así los responsables de la formulación de políticas se plantearán el cambio de las políticas y de la gobernanza para promover un enfoque agroecológico⁸⁶. ■

CONCLUSIONES

La gestión de los recursos hídricos en la agricultura será clave para alcanzar los diversos ODS relacionados con la eficiencia en el uso de los recursos, el medio ambiente y la sostenibilidad de la producción alimentaria. La presente edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* se ha centrado en el grado en que la agricultura contribuye a las limitaciones de los recursos hídricos y se ve afectada por ellas, investigando de manera específica la magnitud de la superficie y el número de personas que padecen sequías graves frecuentes y estrés hídrico. Los objetivos han sido determinar las diferentes limitaciones que podrían afrontar los productores respecto de la gestión de los recursos hídricos, así como proporcionar orientación sobre la gobernanza, las políticas y el establecimiento de prioridades entre las intervenciones según se ha expuesto en este capítulo, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los usuarios del agua dentro de la agricultura (grandes explotaciones, pequeños productores, mujeres, hombres, pueblos indígenas y comunidades tradicionales). Asimismo, el informe ha puesto de relieve la intensificación cada vez mayor de la competencia por los recursos hídricos como

consecuencia del crecimiento demográfico, el desarrollo económico, los cambios en los hábitos de consumo, la degradación de la calidad del agua y el cambio climático. Como resultado, la cuestión de la gestión de las compensaciones de factores entre objetivos económicos, objetivos ambientales y objetivos sociales y el equilibrio entre los intereses de todas las partes interesadas en relación con el agua adquiere un lugar más destacado en la agenda política. La intensificación creciente de las presiones sobre los recursos hídricos favorecerá regímenes de asignación del agua que funcionen bien en toda una serie de condiciones y puedan adaptarse a los cambios en las circunstancias al menor costo posible⁸⁷. La eficacia de cualquier política de gestión del agua se verá afectada por la fragmentación y la rivalidad entre organizaciones; la pluralidad de los regímenes de tenencia de la tierra y el agua; las relaciones de poder subyacentes a las instituciones existentes; el conflicto de intereses, y el acceso a datos e información y su utilización.

Junto al tema principal del informe, hay otras cuestiones relacionadas con el agua que son sumamente importantes, pero no se pudieron tratar detenidamente. Estas se han abordado o bien en el Capítulo 1 —como el uso del agua por el sector de la elaboración de alimentos— o bien en los resúmenes de “Cuestiones específicas” al final de cada capítulo. Se cuentan entre ellas la importancia de las aguas residuales y del agua para saneamiento e higiene en el medio rural, la contaminación y salinidad del agua en su relación con la agricultura, así como las inundaciones y el drenaje y la forma en que afectan a la agricultura. Cada uno de estos temas merecería un capítulo aparte.

El déficit hídrico y la escasez de agua deben tratarse desde una perspectiva intersectorial y en el plano de la cuenca hidrográfica, si bien la agricultura es el mayor usuario de agua a escala mundial con casi las tres cuartas partes del total de extracciones, por lo que constituye la clave para la solución de estos problemas. Más que nunca, resulta fundamental adoptar un enfoque integrado, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua en toda la cuenca como una función del uso que hacen de ella las distintas partes interesadas, y garantizar las

funciones ecosistémicas. Es necesaria una mejor integración entre todos los subsectores de la agricultura —comprendidas las zonas de regadío y secano, los bosques, la pesca continental y la acuicultura—, por lo cual la Agenda 2030 constituye un punto de partida hacia el diálogo multidisciplinario e inclusivo que es necesario para gestionar los recursos hídricos de manera eficiente, equitativa y sostenible.

Una de las conclusiones principales de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020* es que hay 1 200 millones de personas que viven en zonas de regadío donde la escasez de agua es extrema o en zonas de secano que padecen un déficit hídrico grave y que, de ellas, 520 millones viven en zonas rurales. Aproximadamente una de cada seis personas del planeta —alrededor del 15% de la población rural mundial— se ve afectada por serios desafíos relacionados con el agua. La confluencia de una creciente demanda de agua con la variabilidad de las precipitaciones como consecuencia del cambio climático imprime carácter de urgencia a la necesidad de actuar conforme a las prioridades expuestas en el presente informe. Las políticas deberían incentivar la inversión en el aumento de la productividad del agua, junto a una asignación que equilibre mejor

la productividad tanto con el acceso equitativo e inclusivo al agua como con las necesidades de caudal ambiental. Esto supondrá la reforma de las políticas de apoyo, con inclusión de otros sectores pertinentes, que han dado lugar a un uso ineficiente del agua. En numerosos casos, será necesario reformar la asignación del agua, lo que puede resultar complicado desde el punto de vista político. Otra posibilidad es recurrir a fuentes de agua alternativas, como la desalinización y la reutilización del agua, o gestionar la demanda de agua de forma más minuciosa mediante una combinación de intervenciones. Se deberían dedicar esfuerzos adicionales al diseño de instrumentos e innovaciones tecnológicas para mejorar la información y los datos sobre los recursos hídricos y la agricultura, así como sobre las interacciones y compensaciones de factores, proporcionando modelos para explorar vías futuras y respuestas óptimas en materia de políticas que logren un equilibrio entre los objetivos económicos, ambientales y sociales. Las innovaciones en la gobernanza deberían complementar estos esfuerzos para llevar a cabo una importante transformación de los actuales paradigmas del sistema alimentario y el agua con el fin de acelerar el avance hacia un desarrollo sostenible que no deje a nadie atrás. ■

ANEXO TÉCNICO

EXENCIONES DE RESPONSABILIDAD SOBRE LAS FRONTERAS DE LOS MAPAS

En lo que respecta a la **Figura A** del Capítulo 1, las **figuras 5-7** del Capítulo 2, la **Figura 17** del Capítulo 3, así como las **figuras A1-A3** del Anexo estadístico, se aplican las siguientes exenciones de responsabilidad sobre las fronteras de los mapas:

La frontera definitiva entre la República del Sudán y la República de Sudán del Sur no se ha determinado aún. La línea de puntos representa aproximadamente la línea de control de Jammu y Kashmir acordada por la India y el Pakistán. El estatuto final de Jammu y Kashmir todavía no ha sido acordado por las partes. Existe una disputa entre los gobiernos de la Argentina y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte en relación con la soberanía de las Islas Malvinas (Falkland Islands). Las fronteras mostradas en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras y límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL RECUADRO 13

El marco de elaboración de modelos utilizado en el **Recuadro 13** (pág. 78) se basa en Rosegrant (2020)¹. La proporción de superficie cultivada que se beneficiaría del incremento de los rendimientos derivado de la adopción de tecnologías y prácticas de gestión se estimó utilizando una ampliación del análisis que figura en Rosegrant *et al.* (2014)². En

concreto, se utilizó el modelo de cultivo del Sistema de apoyo a las decisiones relacionadas con la transferencia de agrotecnología (DSSAT) para simular cambios en los rendimientos del maíz, el arroz y el trigo en sistemas de secano y regadío, respectivamente, en comparación con una referencia sin cambios. Los resultados del DSSAT se incorporaron a continuación a una serie de conjuntos de datos organizados en cuadrículas a nivel mundial, en particular el Modelo de Asignación Espacial de la Producción (SPAM, por sus siglas en inglés) del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) (véase su descripción en el **Recuadro 7** de la pág. 41), que permitió cartografiar la distribución y rendimiento de los cultivos en el mundo, así como hipótesis sobre el clima y datos de los suelos a escala global. Luego, se agregaron las mejoras en el rendimiento de los cultivos ponderado con arreglo a la superficie de países y regiones. Se elaboraron modelos para la hipótesis de cambio climático A1B del cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC)³, empleando el modelo desarrollado por la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth.

En cuanto a la expansión del regadío y la inversión en esta modalidad, se generaron incrementos previstos en el área de riego hasta 2030 en zonas actualmente de secano y basándose en los análisis realizados por Rosegrant *et al.* (2017)⁴, que utilizan el modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas (modelo IMPACT) (véase la información que aparece más abajo), y Palazzo *et al.* (2019), que emplean la hipótesis de apoyo público moderado del Modelo de gestión de la biosfera mundial

(GLOBIOM)⁵. En este último, los resultados de 2030 se interpolaron de los resultados de 2050. Los datos sobre las tasas de inversión para rehabilitar y modernizar los sistemas de riego se basaron en Rosegrant *et al.* (2017)⁴. Los niveles máximos de adopción en tierras de cultivo a nivel mundial se basaron en el Cuadro 3.3 de Rosegrant *et al.* (2014), mientras que los incrementos de los rendimientos regionales por sistema de producción se basaron en las Figuras 4.7-4.11². Para obtener más información sobre los resultados de la elaboración de modelos, véase Rosegrant (2020)¹.

Modelo IMPACT

El modelo IMPACT se elaboró en el IFPRI a principios de la década de 1990. Se ha utilizado para estudiar los efectos que tendrían en la oferta y la demanda de alimentos a largo plazo hipótesis alternativas en materia de inversión en I+D agrícolas, políticas alimentarias, población y crecimiento de los ingresos². El modelo IMPACT emplea un sistema de ecuaciones lineales y no lineales para obtener una aproximación de los vínculos subyacentes entre la producción y la demanda en la agricultura mundial. La producción y consumo de alimentos a nivel mundial se desglosan en 115 países y grupos regionales y en 126 cuencas hidrológicas. Para este estudio, los incrementos del riego previstos se basaron en las tendencias recientes de las zonas de regadío y las inversiones, y en el potencial de expansión basado en la disponibilidad de agua en diferentes cuencas fluviales, con efectos de retroalimentación a lo largo del tiempo derivados de los cambios en los precios de los alimentos que afectan a la rentabilidad. Para obtener una descripción más completa de la última versión del modelo, véase Robinson *et al.* (2015)⁶.

METODOLOGÍA UTILIZADA PARA CALCULAR LOS DATOS GEOESPACIALES Y DE LOS CUADROS

Para cartografiar el déficit hídrico y la escasez de agua en las diferentes zonas y sistemas de producción del mundo y cuantificar el número de hectáreas y personas que viven en zonas agrícolas con limitaciones de la disponibilidad de agua, este informe se basó en seis conjuntos de datos diferentes: i) las zonas agroecológicas mundiales

(ZAEM)⁷; ii) el SPAM⁸; iii) la frecuencia histórica de las sequías del Sistema del índice de estrés agrícola (ASIS, por sus siglas en inglés)⁹; iv) el indicador 6.4.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relativo al nivel de estrés hídrico¹⁰; v) la contribución del sector agrícola al nivel de estrés hídrico¹¹, y vi) la cuadrícula de población de la capa de asentamientos humanos mundiales elaborada por Schiavina *et al.* (2019)¹². La Plataforma geoespacial Mano de la mano de la FAO —un bien público digital que se utiliza para crear mapas de datos interactivos, analizar tendencias y señalar carencias y oportunidades en tiempo real— proporciona acceso abierto a los diversos conjuntos de datos mencionados anteriormente¹³.

Cartografía de las tierras de pastoreo y las tierras de cultivo de secano y de regadío

De las ZAEM, se utilizaron tres capas de información como datos de referencia para estudiar el nivel de déficit hídrico y escasez de agua en las diferentes zonas y sistemas de producción agrícola del mundo: i) la capa correspondiente a las tierras de cultivo de secano; ii) la capa relativa a los pastizales y los terrenos boscosos, que incluye pastizales, zonas con cubierta arbustiva y vegetación herbácea, con objeto de estudiar la frecuencia de la sequía en las tierras de pastoreo y tierras de cultivo de secano, respectivamente, y iii) la capa relacionada con las tierras de cultivo de regadío, a fin de estudiar el nivel de estrés hídrico en las zonas de regadío. En las tierras de cultivo de secano también se diferenciaron entre producción con altos insumos y producción con bajos insumos basándose en las proporciones del SPAM. Este último clasifica las tierras de cultivo de secano en las siguientes categorías: producción con altos insumos, producción con bajos insumos y producción de subsistencia¹⁴; sin embargo, para los fines de este informe, la categoría de la tierra de cultivos de subsistencia se fusionó con la correspondiente de producción con bajos insumos.

Cartografía y cuantificación de la frecuencia de las sequías en zonas de secano

El indicador de la frecuencia histórica de las sequías se utilizó para cartografiar el déficit hídrico en las tierras de pastoreo y las tierras de

cultivo de secano (figuras 5 y 6, págs. 32 y 33), y para cuantificar el número de hectáreas y de personas expuestas a sequías (cuadros A1 y A2 del Anexo estadístico, págs. 153 y 159). En las figuras A1 y A2 del Anexo estadístico también se diferencia entre tierras de cultivo de secano con insumos altos y con insumos bajos. Este indicador de la sequía mundial incluye dos temporadas de crecimiento de los cultivos, que se han combinado seleccionando el valor más elevado de la frecuencia histórica de las sequías de las dos temporadas. En los casos en que solo se disponía de datos de una temporada, se utilizó ese único valor. Las cuadrículas sin temporada y, por tanto, sin una frecuencia de las sequías asignada, se consideraron “sin datos disponibles” en los cuadros estadísticos, y “sin temporadas” en las figuras 5, 6, A1 y A2. En las figuras 5 y 6, la denominación “sin datos disponibles” representa cuadrículas para las que no se disponía de un nivel de sequía, pero en las que había tierras de cultivo y tierras de pastoreo, respectivamente, según las ZAEM.

El indicador se armonizó aún más en términos de alcance y resolución espacial con las capas de datos de las ZAEM y se volvió a clasificar de la siguiente manera: nivel bajo cuando la probabilidad de sequía grave que afectaba a las tierras de cultivo o de pastoreo era menor o igual al 10%; nivel medio si estaba comprendida entre el 10% y el 20%; nivel alto si estaba comprendida entre el 20% y el 30%; y nivel muy alto si superaba el 30%.

Cartografía y cuantificación del estrés hídrico en las zonas de regadío

El indicador 6.4.2 de los ODS sobre el estrés hídrico en el plano de las cuencas se utilizó para cartografiar la escasez de agua en zonas de regadío (Figura 7, pág. 34) y para cuantificar el número de hectáreas y de personas expuestas a estrés hídrico (cuadros A1 y A2). En las figuras 8 (pág. 35) y A3 y A4 (pág. 167), también se cartografía la contribución del sector agrícola al estrés hídrico y los niveles de estrés hídrico

según el país y la cuenca, respectivamente.

Los datos correspondientes al indicador 6.4.2 de los ODS también se armonizaron con las capas de información de las ZAEM y se volvieron a clasificar de la siguiente manera: sin estrés hídrico cuando el porcentaje de extracción de agua por todos los sectores era menor o igual al 25%; nivel medio cuando estaba comprendido entre el 25% y el 50%; nivel alto cuando estaba comprendido entre el 50% y el 100%; y nivel muy alto cuando superaba el 100%. Del mismo modo, para la contribución del sector agrícola, se armonizaron los datos de la siguiente manera: sin estrés hídrico cuando la proporción de extracción de agua para usos agrícolas era menor o igual al 12,5%; nivel medio cuando estaba comprendida entre el 12,5% y el 25%; nivel alto cuando estaba comprendida entre el 25% y el 50%; y muy alto cuando superaba el 50%.

Población que vive en zonas con limitaciones de la disponibilidad de agua

La capa de población elaborada por Schiavina *et al.* (2019)¹² se volvió a calcular y ajustar excluyendo asentamientos de más de 20 000 habitantes. Se utilizó el siguiente árbol de decisiones para determinar el número de personas que viven en zonas agrícolas con limitaciones de la disponibilidad de agua: i) personas que viven en zonas de secano con una frecuencia de sequías muy elevada y personas que viven en zonas de regadío con un nivel de estrés hídrico muy elevado; ii) personas que viven en zonas de secano con una frecuencia de las sequías muy elevada o personas que viven en zonas de regadío con un nivel de estrés hídrico muy elevado. Se calcularon otras dos categorías siguiendo la misma lógica, pero teniendo en cuenta a las personas que viven en zonas con una limitación elevada (en lugar de muy elevada) de la disponibilidad hídrica. Se empleó un enfoque similar para estimar el número de hectáreas de estas mismas zonas mediante la suma de las proporciones fraccionarias de las cuadrículas. Los resultados se muestran en los cuadros A1 y A2 del Anexo estadístico.

ANEXO ESTADÍSTICO

NOTAS DEL ANEXO ESTADÍSTICO

LEYENDA

En los cuadros del presente anexo se utilizan los siguientes signos convencionales:

0 o 0,0 = nulo o insignificante

= no aplicable

Las cifras presentadas en los cuadros A1 y A2 se pueden replicar a partir de las fuentes de datos originales y, a continuación, siguiendo las operaciones de gestión de datos aplicadas por los autores mediante el programa informático RStudio. Para separar los decimales de los enteros se usa una coma (,).

NOTAS TÉCNICAS

CUADRO A1

Hectáreas y personas que viven en zonas agrícolas con déficit hídrico y escasez de agua, por país o territorio

Fuentes: Elaborado por la FAO sobre la base de: i) FAO. 2020. *SDG Indicator 6.4.2 on water stress*; ii) FAO, 2019. Observación de la Tierra. Sistema del índice de estrés agrícola (ASIS): Frecuencia histórica de las sequías agrícolas (1984-2018). En: FAO [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. Disponible en: http://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=es; iii) FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), 2020. *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4.0)*. Laxenburg (Austria) y Roma (Italia); iv) Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), 2019. *Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.0*. Harvard Dataverse. En: *Harvard Dataverse* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/>

DVN/PRFF8V, y v) Schiavina, M.; Freire, S. y MacManus, K. 2019. GHS population grid multitemporal (1975-1990-2000-2015), R2019A. En: *Comisión Europea* [en línea]. [Consultado el 6 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://data.europa.eu/89h/0c6b9751-a71f-4062-830b-43c9f432370f>.

El primer grupo, “Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado”, indica: i) el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías muy elevada en tierras de cultivo o pastoreo de secano y por un estrés hídrico muy elevado en zonas de regadío, y ii) el número de personas (miles) que viven en zonas rurales o urbanas con una frecuencia de las sequías muy elevada en zonas de secano y un estrés hídrico muy elevado en zonas de regadío. Excluye asentamientos de más de 20 000 habitantes. Téngase en cuenta que, dado el tamaño de la cuadrícula, en el recuento de la población se incluyen los pequeños centros urbanos o zonas periurbanas donde se practica la agricultura. Por tanto, la población incluida no es estrictamente rural.

El segundo grupo, “Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado”, indica: i) el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías muy elevada en tierras de cultivo o pastoreo de secano o por un estrés hídrico muy elevado en zonas de regadío, y ii) el número de personas (miles) que viven en zonas rurales o urbanas con una frecuencia de las sequías muy elevada en zonas de secano o un estrés hídrico muy elevado en zonas de regadío. Excluye asentamientos de más de 20 000 habitantes. Al igual que el primer grupo, debido al tamaño de la cuadrícula, la población incluida no es estrictamente rural.

El tercer grupo, **“Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y Zonas de regadío con estrés hídrico elevado”**, indica: i) el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías elevada en tierras de pastoreo o tierras de cultivo de secano y por un estrés hídrico elevado en zonas de regadío, y ii) el número de personas (miles) que viven en zonas rurales o urbanas con una frecuencia de las sequías elevada en zonas de secano y un estrés hídrico elevado en zonas de regadío. Excluye asentamientos de más de 20 000 habitantes. Al igual que el primer grupo, debido al tamaño de la cuadrícula, la población incluida no es estrictamente rural.

El cuarto grupo, **“Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O Zonas de regadío con estrés hídrico elevado”**, indica: i) el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías elevada en tierras de cultivo o pastoreo de secano o por un estrés hídrico elevado en zonas de regadío, y ii) el número de personas (miles) que viven en zonas rurales o urbanas con una frecuencia de las sequías elevada en zonas de secano o un estrés hídrico elevado en zonas de regadío. Excluye asentamientos de más de 20 000 habitantes. Al igual que el primer grupo, debido al tamaño de la cuadrícula, la población incluida no es estrictamente rural.

CUADRO A2

Hectáreas y porcentaje de tierras por sistema de producción con déficit hídrico y escasez de agua, por país o territorio

Fuentes: Elaborado por la FAO sobre la base de: i) FAO. 2020. *SDG Indicator 6.4.2 on water stress*; ii) FAO, 2019. Sistema del índice de estrés agrícola (ASIS): Frecuencia histórica de las sequías agrícolas (1984-2018). En: FAO [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. Disponible en: http://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=es;

iii) FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), 2020. *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4.0)*. Laxenburg (Austria) y Roma (Italia), y iv) Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), 2019. *Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.0*. Harvard Dataverse. En: *Harvard Dataverse* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/PRFF8V>.

El primer grupo, **“Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado”**, indica el número de hectáreas (miles) afectadas por un estrés hídrico elevado o muy elevado en zonas de regadío. La columna “Proporción de tierras de cultivo de regadío” informa sobre la proporción de hectáreas afectadas por un estrés hídrico elevado o muy elevado en relación con la superficie total de zonas de regadío.

El segundo grupo, **“Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada”**, indica el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías elevada o muy elevada en tierras de cultivo de secano con una producción con bajos insumos. La columna “Porcentaje de tierras de secano con bajos insumos” informa sobre el porcentaje de hectáreas afectadas por una frecuencia de las sequías elevada o muy elevada en relación con la superficie total de las tierras de cultivo de secano con una producción con bajos insumos.

El tercer grupo, **“Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada”**, indica el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías

elevada o muy elevada en tierras de cultivo de secano con una producción con altos insumos. La columna “Proporción de tierras de secano con altos insumos” informa sobre la proporción de hectáreas afectadas por una frecuencia de las sequías elevada o muy elevada en relación con la superficie total de las tierras de cultivo de secano con una producción con altos insumos.

El cuarto grupo, “**Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada**”, indica el número de hectáreas (miles) afectadas por una frecuencia de las sequías elevada o muy elevada en tierras de pastoreo de secano. La columna

“Proporción de tierras de pastoreo” informa sobre la proporción de hectáreas afectadas por una frecuencia de las sequías elevada o muy elevada en relación con la superficie total de tierras de pastoreo.

El quinto grupo, “**Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos**”, indica la proporción de tierras para las que no existían datos disponibles en relación con la superficie total de las zonas de regadío, las tierras de cultivo de secano con una producción con bajos insumos, las tierras de cultivo de secano con una producción con altos insumos, y las tierras de pastoreo, respectivamente.

CUADRO A1
HECTÁREAS Y PERSONAS QUE VIVEN EN ZONAS AGRÍCOLAS CON DÉFICIT HÍDRICO Y ESCASEZ DE AGUA, POR PAÍS O TERRITORIO

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
MUNDO	8 053	13 727	23 167	340 127	498 187	629 345	53 717	122 747	139 864	552 294	749 572	1 064 280
ÁFRICA	484	518	553	110 952	31 832	49 127	2 941	4 842	5 319	158 902	91 156	148 005
África septentrional	483	518	553	3 161	14 352	19 429	1 911	2 753	3 612	22 681	38 039	89 486
Argelia	206	156	174	1 513	8 955	11 284	257	237	354	3 069	2 792	3 670
Egipto	0	0	0	100	55	44	6	51	296	3 273	22 189	61 550
Libia	101	89	24	606	1 492	2 007	0	0	0	587	587	155
Marruecos	13	33	89	381	1 625	2 369	1 109	1 897	1 997	3 874	6 501	9 894
Sudán	0	0	0	143	106	48	540	568	964	10 998	5 278	13 484
Túnez	164	240	266	418	2 119	3 678	0	0	0	880	692	732
África subsahariana	1	0	0	107 791	17 480	29 698	1 030	2 089	1 707	136 221	53 117	58 519
África oriental	0	0	0	82 748	14 182	17 009	455	1 364	1 629	17 057	29 677	27 463
Burundi	0	0	0	0	0	0	5	35	0	6	584	579
Djibouti	0	0	0	78	11	44	0	0	0	0	0	0
Eritrea	0	0	0	491	102	262	58	9	21	912	261	1 493
Etiopía	0	0	0	30 303	3 196	5 046	214	210	1 051	3 711	4 418	12 893
Kenya	0	0	0	32 947	8 071	4 961	12	186	0	2 288	10 977	2 295
Madagascar	0	0	0	129	204	30	0	0	0	2 573	984	435
Mozambique	0	0	0	20	7	0	50	142	74	137	488	514
República Unida de Tanzania	0	0	0	1 445	848	3 769	6	9	40	4 880	5 037	1 505
Rwanda	0	0	0	32	91	685	24	149	39	264	2 755	1 229
Somalia	0	0	0	16 044	1 436	2 150	0	0	0	719	194	109
Sudán del Sur	0	0	0	1 112	33	0	9	0	0	392	235	716
Uganda	0	0	0	146	152	37	71	623	404	765	3 488	4 623
Zambia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	45	1 021
Zimbabwe	0	0	0	0	31	27	6	1	0	397	210	52
África central	0	0	0	1 514	196	302	0	0	0	10 514	1 297	6 764
Angola	0	0	0	437	6	0	0	0	0	3 341	504	1 275
Camerún	0	0	0	1	0	0	0	0	0	313	174	2 378
Chad	0	0	0	909	67	21	0	0	0	6 689	421	807
Congo	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0
Gabón	0	0	0	60	16	37	0	0	0	60	16	0
Guinea Ecuatorial	0	0	0	97	59	245	0	0	0	69	20	0
República Democrática del Congo	0	0	0	10	46	0	0	0	0	31	128	2 279
Santo Tomé y Príncipe	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	30	25
África meridional	1	0	0	21 986	1 145	1 679	503	710	31	74 277	8 676	5 564
Botswana	0	0	0	1	0	0	167	5	0	48 055	1 044	663

**CUADRO A1
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
Eswatini	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	326	62
Lesotho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	112	51
Namibia	0	0	0	21 620	532	74	0	0	0	15 849	720	366
Sudáfrica	1	0	0	366	612	1 605	336	705	31	10 298	6 473	4 422
África occidental	0	0	0	1 543	1 957	10 708	72	14	47	34 374	13 467	18 728
Benin	0	0	0	34	142	1 045	0	0	0	30	130	182
Burkina Faso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 594	620	374
Côte d'Ivoire	0	0	0	34	158	3 547	0	0	0	235	376	160
Ghana	0	0	0	128	408	729	0	0	0	153	741	1 018
Guinea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	962
Guinea-Bissau	0	0	0	1	2	0	0	0	0	6	9	0
Liberia	0	0	0	33	53	689	0	0	0	215	179	212
Malí	0	0	0	152	129	0	0	0	0	9 115	2 025	561
Mauritania	0	0	0	249	130	24	71	14	46	9 410	1 340	418
Níger	0	0	0	9	1	0	0	0	0	7 715	1 889	773
Nigeria	0	0	0	55	741	4 381	0	0	0	3 030	3 916	9 638
Senegal	0	0	0	847	192	189	1	1	2	2 771	1 953	3 819
Sierra Leona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	274	612
Togo	0	0	0	0	3	102	0	0	0	2	7	0
AMÉRICA	644	206	397	29 083	7 800	19 435	10 214	4 272	6 827	112 322	52 852	94 331
América Latina y el Caribe	644	206	397	22 325	5 927	16 907	3 532	2 330	4 726	61 223	22 799	41 424
Caribe	0	0	0	111	171	403	0	0	0	458	821	476
Antigua y Barbuda	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Aruba	0	0	0	2	14	0	0	0	0	0	0	0
Bahamas	0	0	0	25	0	0	0	0	0	249	77	105
Cuba	0	0	0	63	47	403	0	0	0	30	22	0
Guadalupe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0
Haití	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	234	137
Islas Vírgenes Británicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Islas Vírgenes de los Estados Unidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Jamaica	0	0	0	3	1	0	0	0	0	36	133	0
Puerto Rico	0	0	0	10	67	0	0	0	0	9	143	7
República Dominicana	0	0	0	5	16	0	0	0	0	18	48	0
Saint Kitts y Nevis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0
Trinidad y Tabago	0	0	0	3	24	0	0	0	0	20	145	227
América central	132	44	42	1 621	1 832	3 496	2 196	1 592	2 908	10 861	12 585	27 649
Belize	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0

**CUADRO A1
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
Costa Rica	0	0	0	5	0	0	0	0	0	84	102	124
El Salvador	0	0	0	2	19	63	0	0	0	1	12	0
Guatemala	0	0	0	43	37	0	0	0	0	30	53	0
Honduras	0	0	0	17	4	0	0	0	0	5	8	0
México	132	44	42	1 533	1 747	3 421	2 196	1 592	2 908	10 698	12 366	27 525
Nicaragua	0	0	0	4	0	0	0	0	0	32	36	0
Panamá	0	0	0	11	15	12	0	0	0	10	8	0
América del Sur	512	162	355	20 593	3 924	13 008	1 336	738	1 818	49 904	9 393	13 299
Argentina	0	0	0	14 967	443	1 039	786	171	230	29 063	1 877	3 230
Bolivia (Estado Plurinacional de)	0	0	0	269	30	10	0	0	0	1 247	264	19
Brasil	0	0	0	908	259	114	0	0	0	14 724	3 788	965
Chile	512	162	355	782	1 262	7 354	0	0	0	1 302	15	0
Colombia	0	0	0	1 035	153	418	0	0	0	198	208	272
Ecuador	0	0	0	87	87	197	10	5	0	524	336	62
Guyana	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	9	0
Paraguay	0	0	0	2	0	0	0	0	0	75	7	0
Perú	0	0	0	1 548	1 372	2 804	539	563	1 588	1 314	2 251	5 736
Uruguay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	9	10
Venezuela (República Bolivariana de)	0	0	0	993	318	1 072	0	0	0	1 359	630	3 005
América septentrional	0	0	0	6 758	1 873	2 528	6 683	1 941	2 102	51 099	30 053	52 908
Canadá	0	0	0	6	0	0	0	0	0	10 419	434	499
Estados Unidos de América	0	0	0	6 731	1 873	2 528	6 683	1 941	2 102	40 680	29 619	52 409
Groenlandia	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
ASIA	6 924	13 003	22 217	71 964	452 630	557 364	40 422	113 420	127 696	171 878	557 154	776 446
Asia central	167	71	44	5 218	7 238	4 532	4 640	8 316	4 828	40 129	17 252	17 614
Kazajistán	0	0	0	3 071	378	638	1 696	1 000	688	31 540	4 560	4 945
Kirguistán	0	0	0	0	0	0	247	653	563	1 143	2 422	2 143
Tayikistán	0	0	0	12	864	278	527	1 365	349	515	2 220	2 222
Turkmenistán	167	71	44	1 418	2 226	1 667	255	293	34	3 291	669	112
Uzbekistán	0	0	0	716	3 769	1 948	1 916	5 006	3 194	3 640	7 381	8 192
Asia oriental	447	1 516	6 830	17 654	153 247	146 966	2 453	17 507	15 247	45 133	194 497	227 326
China	439	1 516	6 830	17 466	151 722	137 433	2 394	17 314	15 027	40 272	176 587	185 937
China, RAE de Hong Kong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	84	1 755
Japón	0	0	0	72	1 132	5 545	0	0	0	139	2 011	6 861
Mongolia	7	0	0	83	89	24	0	0	0	2 766	67	24
Provincia china de Taiwán	0	0	0	8	63	2 725	0	0	0	1	21	137
República de Corea	0	0	0	22	211	1 164	0	0	0	771	8 466	19 020

**CUADRO A1
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
República Popular Democrática de Corea	0	0	0	3	32	75	59	193	220	1 181	7 261	13 591
Asia sudoriental	46	330	3 003	4 170	43 036	103 878	717	1 619	1 248	5 380	25 488	24 174
Brunei Darussalam	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0
Camboya	0	0	0	120	406	103	0	0	0	605	1 823	432
Filipinas	0	0	0	54	173	649	0	0	0	121	2 342	2 789
Indonesia	46	330	3 003	3 255	37 712	91 453	0	0	0	212	581	326
Malasia	0	0	0	17	7	0	0	0	0	28	140	2
Myanmar	0	0	0	84	511	689	0	0	0	1 094	2 799	2 580
República Democrática Popular Lao	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	23	0
Singapur	0	0	0	0	0	1 368	0	0	0	1	7	357
Tailandia	0	0	0	70	571	2 749	717	1 619	1 248	2 418	10 045	9 392
Timor-Leste	0	0	0	14	275	0	0	0	0	0	0	0
Viet Nam	0	0	0	554	3 369	6 868	0	0	0	895	7 729	8 297
Asia meridional	5 918	10 070	10 361	40 617	230 036	267 946	26 417	78 110	96 042	62 419	289 545	457 423
Afganistán	90	328	54	943	5 970	9 333	2 367	3 915	3 383	3 976	4 906	3 312
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	1 741	14 328	8 820	2 763	42 425	76 351
Bhután	0	0	0	8	0	0	0	0	0	36	457	185
India	4 664	7 153	5 808	20 111	125 751	158 060	18 603	56 852	79 397	43 851	212 554	352 981
Irán (República Islámica del)	966	1 989	4 160	4 877	8 399	25 527	3 603	2 643	4 189	8 774	6 607	11 912
Nepal	0	0	0	21	0	0	11	21	5	1 136	19 565	8 372
Pakistán	146	335	107	14 125	79 213	70 550	93	352	248	1 790	2 957	4 276
Sri Lanka	52	265	233	534	10 702	4 476	0	0	0	94	74	32
Asia occidental	347	1 016	1 978	4 305	19 072	34 040	6 194	7 866	10 330	18 817	30 373	49 910
Arabia Saudita	196	444	442	1 702	3 182	5 726	0	0	0	207	137	99
Armenia	0	0	0	0	0	0	39	94	315	279	1 339	1 180
Azerbaiyán	0	0	0	269	375	1 021	1 425	1 205	691	1 304	2 346	2 185
Bahrein	0	0	0	1	54	546	0	0	0	0	0	0
Chipre	0	0	0	0	0	0	22	35	53	50	479	363
Emiratos Árabes Unidos	0	0	0	269	1 177	3 761	0	0	0	0	0	0
Georgia	0	0	0	0	0	0	17	95	137	260	511	93
Iraq	0	0	0	107	747	1 273	393	786	1 166	3 420	6 142	19 632
Israel	0	0	0	4	21	52	1	13	14	167	2 116	4 023
Jordania	0	0	0	45	229	1 932	60	236	513	86	1 336	1 124
Kuwait	0	0	0	4	109	156	0	0	0	2	3	0
Líbano	1	2	0	1	5	0	146	564	1 476	127	1 404	675
Omán	0	0	0	59	1 664	1 375	0	0	0	5	10	0
Palestina	0	0	0	0	0	0	2	18	32	42	769	1 858

**CUADRO A1
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
Qatar	0	0	0	12	304	905	0	0	0	0	0	0
República Árabe Siria	130	484	1 172	584	3 078	4 613	1 004	1 932	1 008	2 027	2 945	1 985
Turquía	0	0	0	866	496	2 253	3 086	2 889	4 926	10 834	10 780	16 644
Yemen	20	86	364	381	7 632	10 428	0	0	0	8	57	48
EUROPA	0	0	0	889	5 354	3 129	140	214	22	18 060	47 789	45 001
Europa oriental	0	0	0	711	170	70	7	0	0	12 789	4 649	4 496
Bulgaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	52	38
Federación de Rusia	0	0	0	605	77	0	7	0	0	11 845	2 854	2 383
Polonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	46	0
Rumania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	857	1 696	2 075
Ucrania	0	0	0	106	92	70	0	0	0	2	0	0
Europa septentrional	0	0	0	3	15	0	0	0	0	148	245	794
Dinamarca	0	0	0	2	12	0	0	0	0	125	185	53
Irlanda	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Lituania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	629
Suecia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	42	112
Europa meridional	0	0	0	79	195	119	133	214	22	3 948	18 326	14 472
Albania	0	0	0	4	2	0	0	0	0	72	367	564
Bosnia y Herzegovina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Croacia	0	0	0	2	1	0	0	0	0	5	17	0
España	0	0	0	43	53	19	108	152	0	2 297	6 929	8 530
Grecia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	173	265	172
Islas Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	79	20
Italia	0	0	0	14	41	100	25	62	22	1 239	9 841	4 918
Macedonia del Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	48	76
Malta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0
Montenegro	0	0	0	4	32	0	0	0	0	1	4	0
Portugal	0	0	0	11	65	0	0	0	0	144	735	193
San Marino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
Serbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Europa occidental	0	0	0	96	4 975	2 940	0	0	0	1 175	24 569	25 240
Alemania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	8 171	6 131
Antillas Neerlandesas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	41	64
Austria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	163	809

**CUADRO A1
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías muy elevada O			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada Y			Zonas de secano con frecuencia de sequías elevada O		
	Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico muy elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado			Zonas de regadío con estrés hídrico elevado		
	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas	Población		Hectáreas
	Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana		Rural	Urbana	
	Miles			Miles			Miles			Miles		
Bélgica	0	0	0	32	2 912	1 239	0	0	0	8	396	44
Francia	0	0	0	36	1 566	1 402	0	0	0	563	8 374	9 767
Luxemburgo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	21
Países Bajos	0	0	0	29	498	299	0	0	0	408	6 844	8 106
Suiza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	457	299
OCEANÍA	0	0	0	127 239	571	290	0	0	0	91 133	621	497
Australia y Nueva Zelandia	0	0	0	127 116	532	132	0	0	0	90 851	547	463
Australia	0	0	0	127 057	489	131	0	0	0	90 851	547	463
Nueva Zelandia	0	0	0	58	43	0	0	0	0	0	0	0
Melanesia	0	0	0	123	38	159	0	0	0	282	74	34
Fiji	0	0	0	2	1	0	0	0	0	61	35	0
Islas Salomón	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0
Nueva Caledonia	0	0	0	2	1	0	0	0	0	54	10	0
Papua Nueva Guinea	0	0	0	113	25	159	0	0	0	153	28	34
Vanuatu	0	0	0	5	5	0	0	0	0	14	0	0

NOTA: A efectos estadísticos, los datos de China no incluyen los correspondientes a China, Región Administrativa Especial de Hong Kong ni los de la Provincia china de Taiwán. Los datos de Portugal y los Países Bajos no incluyen los correspondientes a las Islas Madeira y las Antillas Neerlandesas, respectivamente.

CUADRO A2
HECTÁREAS Y PORCENTAJE DE TIERRAS POR SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON DÉFICIT HÍDRICO Y ESCASEZ DE AGUA,
POR PAÍS O TERRITORIO

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
MUNDO	170 887	62,0	77 093	14,0	50 708	8,0	655 502	14,2	0,1	5,3	1,7	27,8
ÁFRICA	9 560	72,2	12 632	7,5	4 351	12,9	246 735	22,0	0,0	10,2	6,6	28,4
África septentrional	8 068	99,6	2 214	17,2	1 883	24,5	16 072	19,1	0,0	3,1	0,7	39,2
Argelia	565	99,9	442	14,6	18	9,9	4 018	28,7	0,1	1,8	1,2	45,1
Egipto	3 376	100,0	2	45,2	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,8
Libia	462	99,9	36	13,9	29	17,3	767	19,4	0,1	0,0	0,0	71,2
Marruecos	1 459	99,9	949	31,4	1 158	30,0	1 810	16,9	0,1	1,1	0,5	42,0
Sáhara occidental	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	100,0
Sudán	1 826	98,2	609	10,3	455	17,3	8 791	17,2	0,0	4,9	1,0	31,8
Túnez	379	99,9	175	27,6	222	25,8	686	17,2	0,1	3,3	0,4	70,8
África subsahariana	1 493	29,0	10 418	6,7	2 468	9,5	230 663	22,2	0,0	10,8	8,3	27,5
África oriental	219	9,1	5 261	11,1	1 256	13,4	93 522	21,9	0,0	18,9	16,1	35,2
Burundi	3	15,1	4	0,4	1	0,5	3	0,3	0,0	0,5	0,5	5,5
Comoras	0	0,0	–	–	–	–	0	0,0	13,5	–	–	32,1
Djibouti	0	0,0	–	–	–	–	78	27,0	0,0	–	–	73,0
Eritrea	6	29,9	168	28,6	19	17,6	1 269	29,8	0,0	5,7	7,3	35,9
Etiopía	88	30,0	1 818	18,0	552	19,3	31 771	40,4	0,0	11,9	7,7	38,5
Kenya	14	14,1	916	37,4	183	28,6	34 134	73,4	0,0	7,2	5,6	18,4
Madagascar	0	0,0	58	3,0	7	2,0	2 637	6,5	0,0	14,3	5,3	0,7
Malawi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,8	0,4	56,8
Mayotte	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	100,0
Mozambique	74	62,5	49	1,4	41	3,8	42	0,1	0,0	39,8	58,7	64,3
República Unida de Tanzania	1	0,5	800	12,3	247	15,5	5 282	10,6	0,0	10,7	10,5	39,2
Rwanda	8	97,2	206	22,9	52	22,8	53	7,6	0,0	7,0	7,7	23,6
Somalia	0	0,0	160	27,8	4	32,0	16 599	40,8	0,1	71,9	60,0	53,4
Sudán del Sur	8	100,0	251	8,7	107	38,1	1 147	2,3	0,0	65,4	41,4	18,9
Uganda	9	99,9	555	8,4	37	7,9	381	4,4	0,0	13,6	14,8	30,1
Zambia	0	0,0	12	0,3	1	0,1	0	0,0	0,0	35,9	23,8	25,6
Zimbabwe	8	4,7	264	6,1	4	1,7	126	0,6	0,0	12,7	7,2	75,7
África central	0	0,1	197	0,8	11	0,3	11 820	5,1	0,0	18,0	8,1	32,1
Angola	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3 778	6,4	0,0	8,8	5,3	10,5
Camerún	0	0,0	0	0,0	0	0,0	313	2,1	0,0	9,0	1,2	10,2
Chad	0	0,5	110	1,6	7	1,1	7 481	17,1	0,0	4,0	2,7	4,4
Congo	0	0,0	1	0,2	0	0,4	0	0,0	0,0	21,2	17,8	19,7
Gabón	0	0,0	11	3,4	3	4,1	106	2,7	0,0	37,2	22,3	20,9
Guinea Ecuatorial	–	–	32	19,4	1	8,6	132	21,8	–	0,2	0,1	10,0

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
República Centroafricana	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	38,4	46,7	12,1
República Democrática del Congo	0	0,0	37	0,3	1	0,1	3	0,0	0,0	30,3	17,9	91,4
Santo Tomé y Príncipe	0	0,0	5	70,7	0	68,4	7	29,3	0,0	0,0	0,0	6,2
África meridional	1 260	81,0	1 770	16,2	735	17,3	93 002	52,5	0,0	15,0	5,7	25,3
Botswana	4	94,3	31	14,3	1	12,8	48 187	95,7	0,0	80,7	71,3	0,4
Eswatini	49	100,0	3	2,3	1	3,2	0	0,0	0,0	8,9	8,9	40,6
Lesotho	0	0,0	19	6,6	2	10,5	0	0,0	0,0	19,6	14,0	14,0
Namibia	0	0,0	40	6,4	1	7,5	37 427	80,1	0,0	77,3	54,6	3,0
Sudáfrica	1 207	81,0	1 676	17,4	730	17,4	7 388	9,7	0,0	9,4	5,4	55,5
África occidental	13	1,3	3 190	4,5	466	5,1	32 318	16,0	0,0	2,2	1,5	8,1
Benin	0	0,0	12	0,5	3	0,4	49	0,9	0,0	0,9	0,6	16,7
Burkina Faso	0	0,0	304	9,0	109	9,5	1 181	6,0	0,0	0,5	0,3	0,2
Côte d'Ivoire	0	0,0	189	2,6	46	3,7	34	0,3	0,0	8,8	3,1	8,6
Gambia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,1
Ghana	0	0,0	75	1,8	50	3,1	156	1,5	0,0	1,7	0,5	13,4
Guinea	0	0,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	3,2	2,2	3,5
Guinea-Bissau	0	0,0	6	1,9	2	1,3	0	0,0	1,0	0,8	0,6	14,9
Liberia	0	0,0	29	5,8	3	5,3	216	4,7	0,0	14,3	8,5	6,1
Mali	1	0,3	691	11,4	70	6,0	8 505	22,8	0,0	3,2	2,5	3,5
Mauritania	12	24,4	88	24,3	2	32,1	9 628	74,6	0,0	31,2	13,0	4,4
Níger	0	0,0	33	1,4	7	1,1	7 684	25,6	0,0	2,0	2,9	3,7
Nigeria	0	0,0	1 063	3,2	32	3,3	1 990	5,1	0,0	0,2	0,1	14,6
Senegal	1	0,6	690	16,0	140	17,9	2 788	24,8	0,0	4,5	3,0	24,9
Sierra Leona	0	0,0	9	0,5	1	0,8	85	4,0	0,0	3,4	1,5	5,1
Togo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,1	0,0	0,0	0,0	22,2
AMÉRICA	14 229	29,6	4 162	4,4	19 483	8,7	114 389	8,0	0,2	1,9	1,1	26,1
América Latina y el Caribe	6 964	35,9	4 162	4,4	2 018	4,8	74 579	9,8	0,3	1,9	1,3	17,2
Caribe	0	0,0	65	1,6	11	0,7	492	6,9	0,3	4,4	2,1	18,1
Anguila	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,0
Antigua y Barbuda	0	0,0	0	1,5	0	1,1	0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
Aruba	–	–	–	–	–	–	2	100,0	–	–	–	0,0
Bahamas	–	–	0	0,0	0	0,0	274	95,2	–	100,0	100,0	4,8
Barbados	0	0,0	–	–	–	–	0	0,0	0,7	–	–	100,0
Cuba	0	0,0	11	0,5	4	0,5	78	2,2	0,4	1,2	0,4	28,4
Dominica	–	–	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	4,2	6,0	100,0
Granada	0	0,0	–	–	–	–	0	0,0	21,5	–	–	100,0

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
Guadalupe	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	7,6	2,7	0,4	0,0	0,0
Haití	0	0,0	6	1,1	5	1,2	81	7,5	0,7	1,5	0,8	2,9
Islas Turcas y Caicos	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	26,2
Islas Vírgenes Británicas	0	0,0	0	0,0	–	–	0	80,3	100,0	100,0	–	19,7
Islas Vírgenes de los Estados Unidos	0	0,0	–	–	–	–	1	18,6	13,6	–	–	0,0
Jamaica	0	0,0	29	12,4	1	11,6	9	2,8	0,0	20,3	14,3	24,1
Martinica	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	28,9	13,7	0,0	0,0
Montserrat	–	–	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	100,0	100,0	100,0
Puerto Rico	0	0,0	9	9,6	0	10,1	9	3,6	0,2	9,9	1,7	5,9
República Dominicana	0	0,0	2	0,2	1	0,2	20	1,3	0,0	8,8	5,8	6,2
Saint Kitts y Nevis	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	82,5	7,7	13,6	6,4	16,2
Santa Lucía	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4,5	0,0	0,0	45,9
San Vicente y las Granadinas	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	100,0
Trinidad y Tabago	0	0,0	8	9,0	0	2,7	15	17,8	1,1	7,8	9,2	4,4
América central	4 780	70,2	98	0,8	135	0,9	9 798	9,9	0,0	3,1	1,7	50,1
Belice	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	0,9	0,0	7,5	1,9	15,4
Costa Rica	0	0,0	4	1,1	6	4,3	79	4,4	0,1	3,9	7,2	13,5
El Salvador	0	0,0	1	0,3	3	0,5	0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,1
Guatemala	0	0,0	2	0,6	10	0,7	62	1,4	0,0	2,7	2,6	14,9
Honduras	0	0,0	3	0,4	2	0,2	17	0,5	0,0	1,2	1,2	9,3
México	4 780	75,1	77	0,9	107	1,0	9 596	11,6	0,0	3,1	1,7	57,7
Nicaragua	0	0,0	4	0,5	5	0,4	28	0,7	0,1	0,2	0,0	8,7
Panamá	0	0,0	7	1,6	3	0,8	11	0,7	0,0	11,6	8,5	15,1
América del Sur	2 184	19,2	4 000	5,0	1 872	7,3	64 288	9,8	0,4	1,6	0,9	12,2
Argentina	490	27,5	2 256	16,1	1 675	15,5	40 396	22,9	2,0	0,5	0,2	19,4
Bolivia (Estado Plurinacional de)	0	0,0	17	1,0	36	3,2	1 464	3,9	0,0	9,5	2,8	14,0
Brasil	0	0,0	1 477	2,8	89	1,5	14 066	5,2	0,1	1,6	0,3	8,6
Chile	436	23,0	1	0,8	0	0,1	2 157	10,7	0,1	3,5	1,7	15,1
Colombia	0	0,0	36	1,3	16	0,7	1 180	3,0	0,1	3,5	3,7	7,6
Ecuador	72	8,5	49	3,3	7	1,5	493	5,5	0,0	0,1	0,1	7,5
Guayana francesa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	28,7	38,7	55,9
Guyana	0	0,0	4	2,2	4	7,5	1	0,1	1,7	0,4	0,3	38,9
Islas Malvinas (Falkland Islands)	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,4

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
Paraguay	0	0,0	50	1,7	25	1,3	2	0,0	0,0	1,1	0,8	15,9
Perú	1 187	70,5	3	0,3	1	0,1	2 212	5,8	0,0	3,1	3,3	13,7
Suriname	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,0	0,3	44,7
Uruguay	0	0,0	89	7,7	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Venezuela (República Bolivariana de)	0	0,0	17	0,9	17	1,6	2 318	6,5	0,1	3,3	2,9	7,0
América septentrional	7 265	25,4	0	99,0	17 465	9,6	39 810	5,9	0,2	0,0	1,0	36,2
Canadá	0	0,0			9 069	23,2	1 357	0,4	0,0		0,9	36,0
Estados Unidos de América	7 265	26,1	0	99,0	8 396	5,9	38 433	12,0	0,2	0,0	1,1	35,6
Groenlandia	–	–	–	–	–	–	21	0,1	–	–	–	52,3
San Pedro y Miquelón	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	7,7
ASIA	144 002	77,6	54 393	24,3	14 579	10,9	78 214	9,9	0,1	4,1	4,0	28,2
Asia central	9 214	95,9	11 979	58,0	1 459	37,2	27 502	23,7	0,0	1,0	1,9	14,7
Kazajistán	1 577	79,9	11 753	58,6	1 036	33,7	21 940	23,8	0,0	1,0	2,2	14,7
Kirguistán	1 064	100,0	32	20,2	39	19,7	255	2,9	0,0	0,7	0,1	1,2
Tayikistán	705	100,0	30	18,7	36	20,9	283	7,3	0,0	2,3	0,9	3,9
Turkmenistán	1 742	100,0	44	82,4	88	80,3	3 259	61,9	0,0	2,6	2,3	25,4
Uzbekistán	4 126	100,0	120	58,2	260	70,0	1 766	30,7	0,0	0,0	0,0	32,9
Asia oriental	34 989	59,3	2 868	9,4	4 589	7,9	23 240	6,1	0,1	1,1	0,7	17,5
China	32 955	61,7	2 776	9,7	4 457	8,1	20 384	6,2	0,0	0,7	0,5	17,8
China, RAE de Hong Kong	1	89,6	0	0,0	–	–	0	0,0	10,4	0,0	–	0,0
Japón	0	0,0	23	6,9	57	4,4	132	3,5	0,4	0,6	0,8	59,3
Mongolia	29	49,4	64	19,7	70	17,5	2 694	6,0	0,0	8,5	8,0	11,8
Provincia china de Taiwán	0	0,0	4	3,4	4	1,7	1	0,4	0,7	69,9	65,3	49,9
República de Corea	771	99,2	0	0,1	2	0,4	19	1,1	0,8	0,2	0,0	0,4
República Popular Democrática de Corea	1 233	93,3	0	0,0	0	0,0	10	0,5	0,5	0,1	0,1	18,7
Asia sudoriental	5 636	34,5	1 507	4,3	1 464	3,4	1 705	1,5	0,2	7,5	10,9	69,4
Brunei Darussalam	0	0,0	1	5,0	1	9,3	0	0,0	0,0	75,8	66,4	98,1
Camboya	0	0,0	494	16,5	65	19,0	166	3,8	0,0	1,0	0,2	45,8
Filipinas	0	0,0	30	0,9	48	0,8	98	1,5	0,2	25,1	22,8	87,8
Indonesia	3 104	72,0	92	0,7	109	0,7	208	0,5	0,2	7,2	8,1	72,4
Malasia	0	0,0	10	0,7	31	0,6	3	0,1	0,5	35,3	31,3	86,3
Myanmar	0	0,0	354	4,9	162	9,5	662	3,7	0,6	0,7	0,2	45,6
República Democrática Popular Lao	0	0,0	5	1,1	1	1,3	1	0,0	0,0	7,7	2,7	68,4

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
Singapur	–	–	0	0,0	0	8,6	1	16,1	–	0,0	89,4	0,3
Tailandia	2 518	50,9	266	4,8	382	4,5	40	0,3	0,0	5,0	2,2	97,6
Timor-Leste	14	98,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1,2	0,2	0,4	100,0
Viet Nam	0	0,0	256	14,8	666	16,8	527	5,2	0,4	0,5	0,5	47,6
Asia meridional	81 598	94,1	30 822	26,7	4 458	19,4	18 494	16,6	0,0	4,6	0,9	38,7
Afganistán	3 214	100,0	1 945	42,6	48	34,0	2 168	9,7	0,0	16,4	38,6	24,7
Bangladesh	3 564	96,4	548	20,6	372	17,9	20	2,2	0,2	2,0	0,3	48,3
Bhután	35	100,0	0	0,1	0	0,0	8	1,8	0,0	6,3	0,0	12,3
India	51 888	91,2	23 008	25,1	3 917	21,5	8 416	29,2	0,0	0,4	0,2	15,7
Irán (República Islámica del)	6 899	99,9	4 112	41,8	83	24,7	7 126	21,3	0,1	17,5	14,4	38,7
Nepal	1 138	100,0	8	1,3	2	0,2	21	0,3	0,0	1,4	4,4	41,8
Pakistán	14 319	100,0	1 196	21,3	1	11,5	637	3,8	0,0	41,2	1,7	90,8
Sri Lanka	541	99,5	5	2,4	35	2,5	99	5,9	0,5	1,4	0,7	84,4
Asia occidental	12 566	90,9	7 217	32,7	2 608	40,5	7 272	11,1	0,0	3,9	0,6	27,2
Arabia Saudita	1 724	99,9	0	35,7	0	38,9	380	13,1	0,1	64,3	61,1	86,9
Armenia	286	100,0	13	6,7	3	8,0	16	0,8	0,0	0,2	0,0	0,6
Azerbaiyán	1 437	100,0	149	33,6	33	38,6	1 379	28,1	0,0	0,9	5,0	1,5
Bahrein	1	100,0	–	–	–	–	0	0,0	0,0	–	–	100,0
Chipre	43	99,6	0	0,0	0	0,0	28	6,0	0,4	0,2	0,0	34,6
Emiratos Árabes Unidos	269	99,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	100,0	100,0	100,0
Georgia	224	74,9	34	6,8	1	0,4	19	0,7	0,0	3,6	1,4	2,0
Iraq	3 526	100,0	372	18,7	4	16,4	18	0,2	0,0	31,6	12,8	77,3
Israel	167	99,9	0	0,6	4	1,6	2	0,6	0,1	0,0	0,1	38,5
Jordania	75	99,9	16	21,5	18	14,0	82	11,8	0,1	7,1	3,3	68,9
Kuwait	6	100,0	–	–	–	–	0	0,0	0,0	–	–	100,0
Líbano	107	100,0	26	21,3	6	7,7	136	25,3	0,0	0,0	0,0	4,6
Omán	59	98,2	0	0,0	0	0,0	5	1,9	1,8	100,0	100,0	94,4
Palestina	22	100,0	0	0,0	0	0,0	21	7,0	0,0	69,7	2,5	15,4
Qatar	12	100,0	–	–	–	–	0	0,0	0,0	–	–	100,0
República Árabe Siria	1 262	100,0	676	58,9	839	68,9	968	25,3	0,0	2,9	0,8	54,3
Turquía	2 956	71,4	5 931	33,8	1 700	38,4	4 198	11,2	0,1	1,0	0,3	13,0
Yemen	390	100,0	0	18,8	0	0,0	20	3,2	0,0	81,2	100,0	96,5
EUROPA	3 095	11,8	2 372	5,7	9 332	4,2	4 289	0,6	0,1	1,1	0,2	17,3
Europa oriental	8	0,1	2 112	7,0	7 885	5,2	3 501	0,6	0,0	1,0	0,2	13,9
Belarús	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Bulgaria	0	0,0	7	0,3	11	1,2	33	0,9	0,0	0,0	0,0	3,0
Chequia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9
Eslovaquia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

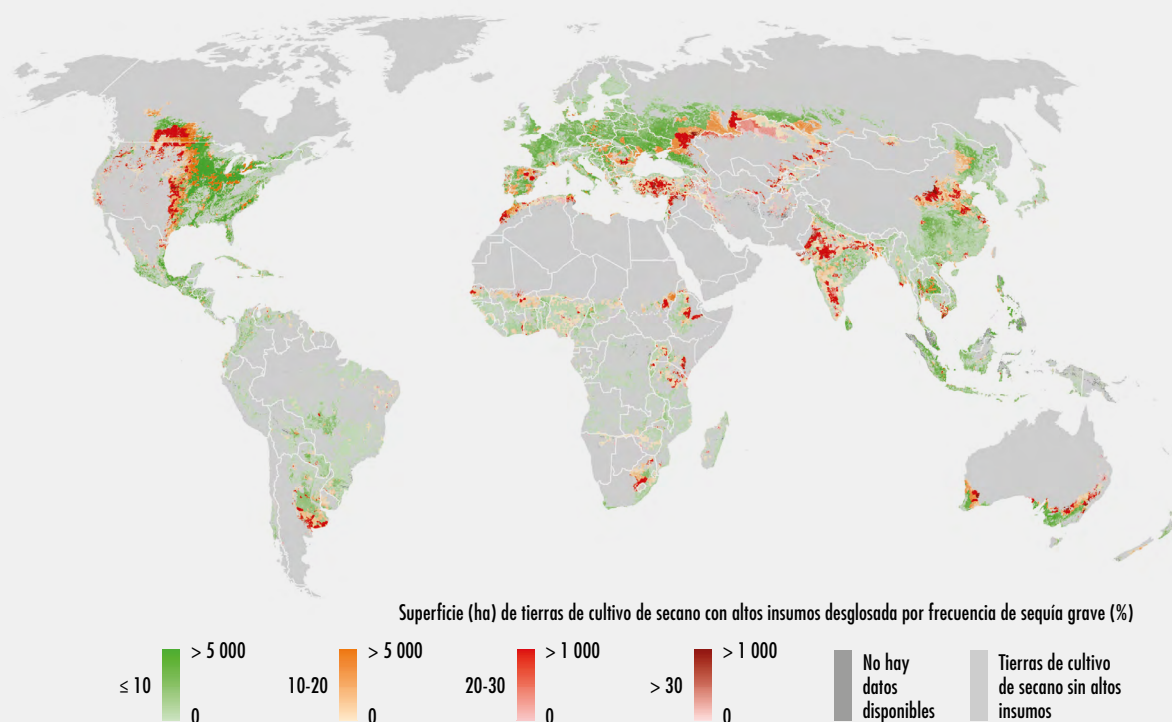
PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas	Proporción de tierras de cultivo de regadío	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con bajos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de secano con altos insumos	Hectáreas	Proporción de tierras de pastoreo	Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
Federación de Rusia	8	0,2	1 981	10,9	7 001	7,7	3 467	0,6	0,1	1,6	0,2	14,7
Hungría	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
Polonia	0	0,0	4	0,1	29	0,3	0	0,0	0,1	0,1	0,1	3,1
República de Moldova	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Rumania	0	0,0	104	7,9	753	11,8	0	0,0	0,0	0,5	0,0	3,0
Ucrania	0	0,0	16	0,4	91	0,3	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
Europa septentrional	0	0,0	28	0,8	109	0,8	13	0,0	0,6	0,3	0,3	51,4
Dinamarca	0	0,0	22	7,4	91	6,3	13	1,4	0,8	0,4	0,3	56,7
Estonia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4
Finlandia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,3	0,4	0,2	97,3
Guernesey	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,0
Irlanda	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,5	2,2	1,8	0,5
Isla de Man	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,0
Islandia	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	44,8
Islas Feroe	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,0
Jersey	–	–	–	–	–	–	0	0,0	–	–	–	0,0
Letonia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,1	0,0	2,8
Lituania	0	0,0	0	0,0	3	0,1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Noruega	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1,1	0,1	0,3	96,8
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	0	0,0	0	0,0	4	0,1	0	0,0	0,2	0,6	0,4	0,8
Suecia	0	0,0	6	1,0	11	0,6	0	0,0	0,6	0,4	0,1	66,6
Europa meridional	2 037	20,2	178	3,1	1 197	4,4	747	2,0	0,2	1,7	0,9	26,0
Albania	0	0,0	40	9,1	7	8,1	29	2,7	0,0	1,3	0,1	3,5
Andorra	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7
Bosnia y Herzegovina	0	0,0	0	5,3	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4
Croacia	0	0,0	3	1,6	2	0,1	2	0,1	0,3	0,0	0,0	11,4
Eslovenia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
España	837	23,8	86	4,0	1 024	8,3	500	3,6	0,2	3,5	1,8	39,1
Grecia	0	0,0	10	2,7	78	4,1	87	2,0	0,4	0,4	0,0	0,5
Islas Madeira	3	98,1	–	–	–	–	0	0,7	1,9	–	–	11,9
Italia	1 197	31,7	13	0,6	25	0,5	42	0,6	0,2	0,1	0,2	21,2
Macedonia del Norte	0	0,0	1	0,6	2	0,5	10	1,2	0,0	1,3	1,0	1,2
Malta	0	0,0	1	29,9	0	34,2	0	0,0	0,3	0,0	0,0	66,7
Montenegro	0	0,0	0	1,9	3	0,9	2	0,4	0,0	0,0	2,0	2,7
Portugal	0	0,0	24	7,1	55	3,9	76	3,2	0,2	3,1	0,6	59,6

**CUADRO A2
(CONTINUACIÓN)**

PAÍS/ TERRITORIO	Tierras de cultivo de regadío con estrés hídrico elevado o muy elevado		Tierras de cultivo de secano con bajos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de cultivo de secano con altos insumos y frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Tierras de pastoreo con frecuencia de sequías elevada o muy elevada		Proporción de tierras para las cuales no se dispone de datos			
	Hectáreas		Hectáreas		Hectáreas		Hectáreas		Tierras de cultivo de regadío	Tierras de cultivo de secano con bajos insumos	Tierras de cultivo de secano con altos insumos	Tierras de pastoreo
	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Miles	Porcentaje	Porcentaje			
San Marino	0	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,3
Santa Sede	0	0,0	–	–	–	–	–	–	0,0	–	–	
Serbia	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,2	25,2
Europa occidental	1 050	26,1	53	2,4	141	0,5	27	0,1	0,1	0,9	0,0	6,5
Alemania	136	26,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1
Antillas Neerlandesas	–	–	–	–	–	–	17	93,1	–	–	–	6,9
Austria	0	0,0	5	5,9	24	1,9	0	0,0	0,0	1,0	0,2	9,0
Bélgica	40	99,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
Francia	423	14,7	48	4,3	117	0,8	10	0,1	0,0	0,3	0,1	5,6
Liechtenstein			0	0,0	0	0,0	0	0,0		0,0	0,0	0,0
Luxemburgo	0	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mónaco	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	60,6	0,0	0,0	0,0
Países Bajos	437	97,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,5	10,1	0,3	6,1
Suiza	13	32,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,3	0,1	14,4
OCEANÍA	0	0,0	3 533	17,2	2 963	12,9	211 876	40,3	0,1	2,4	0,9	45,0
Australia y Nueva Zelandia	0	0,0	3 521	17,6	2 960	12,9	211 485	41,4	0,1	1,6	0,6	44,9
Australia	0	0,0	3 519	18,6	2 957	13,6	211 432	42,4	0,0	0,2	0,1	45,5
Nueva Zelandia	0	0,0	2	0,2	3	0,3	53	0,4	0,2	25,4	10,3	19,4
Melanesia	0	0,0	12	2,1	3	1,6	391	2,6	0,0	30,1	37,7	50,3
Fiji	0	0,0	0	0,0	0	0,0	63	19,3	0,0	0,0	0,0	36,3
Islas Salomón	–	–	0	0,8	0	0,4	1	1,7	–	76,9	79,1	36,2
Nueva Caledonia	–	–	2	4,3	0	6,6	53	7,2	–	5,9	2,0	3,8
Papua Nueva Guinea	–	–	5	1,6	3	1,4	259	1,9	–	32,7	38,7	52,2
Vanuatu	–	–	5	5,9	0	5,3	14	4,5	–	57,3	58,4	95,5

NOTA: A efectos estadísticos, los datos de China no incluyen los correspondientes a China, Región Administrativa Especial de Hong Kong ni los de la Provincia china de Taiwán. Los datos de Portugal y los Países Bajos no incluyen los correspondientes a las Islas Madeira y las Antillas Neerlandesas, respectivamente.

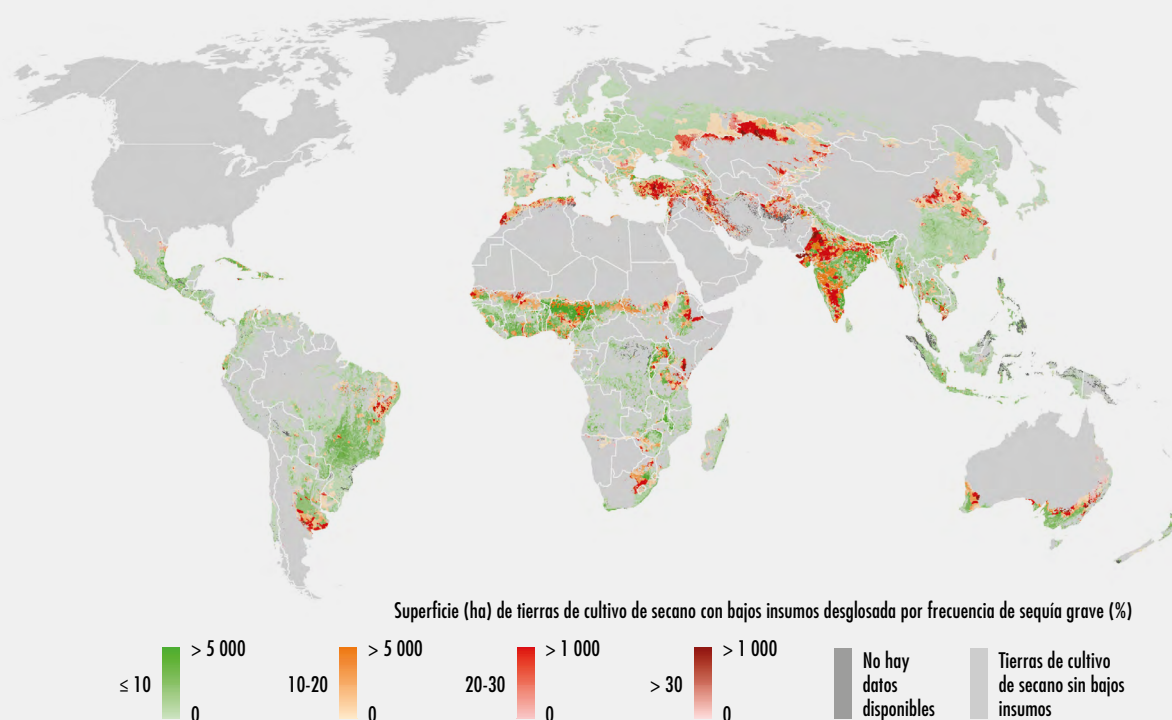
FIGURA A1
FRECUENCIA HISTÓRICA DE SEQUÍAS EN TIERRAS DE CULTIVO DE SECANO CON ALTOS INSUMOS, 1984-2018



NOTA: Para una descripción de la leyenda, véanse las notas de la Figura 5, pág. 32.

FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2019¹; FAO e IIASA, 2020²; e IFPRI, 2019³.

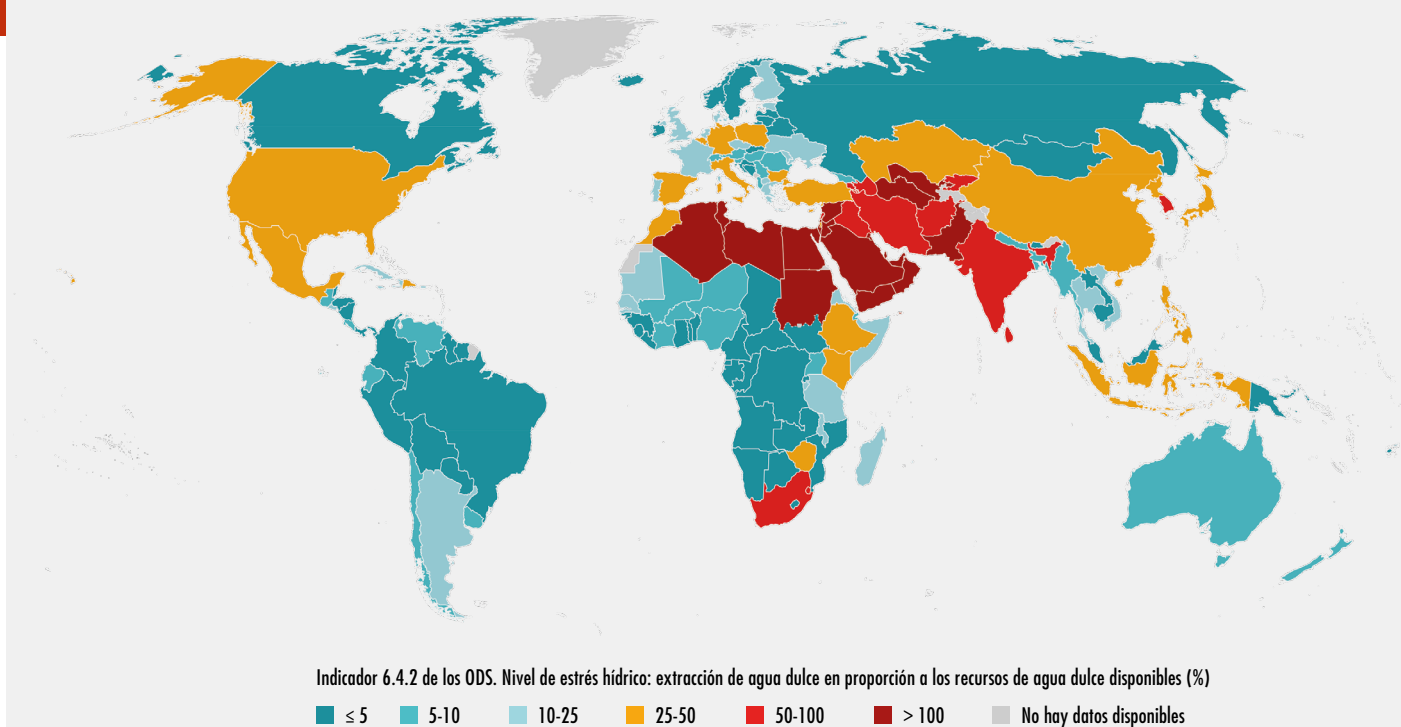
FIGURA A2
FRECUENCIA HISTÓRICA DE SEQUÍAS EN TIERRAS DE CULTIVO DE SECANO CON BAJOS INSUMOS, 1984-2018



NOTA: Para una descripción de la leyenda, véanse las notas de la Figura 5, pág. 32.

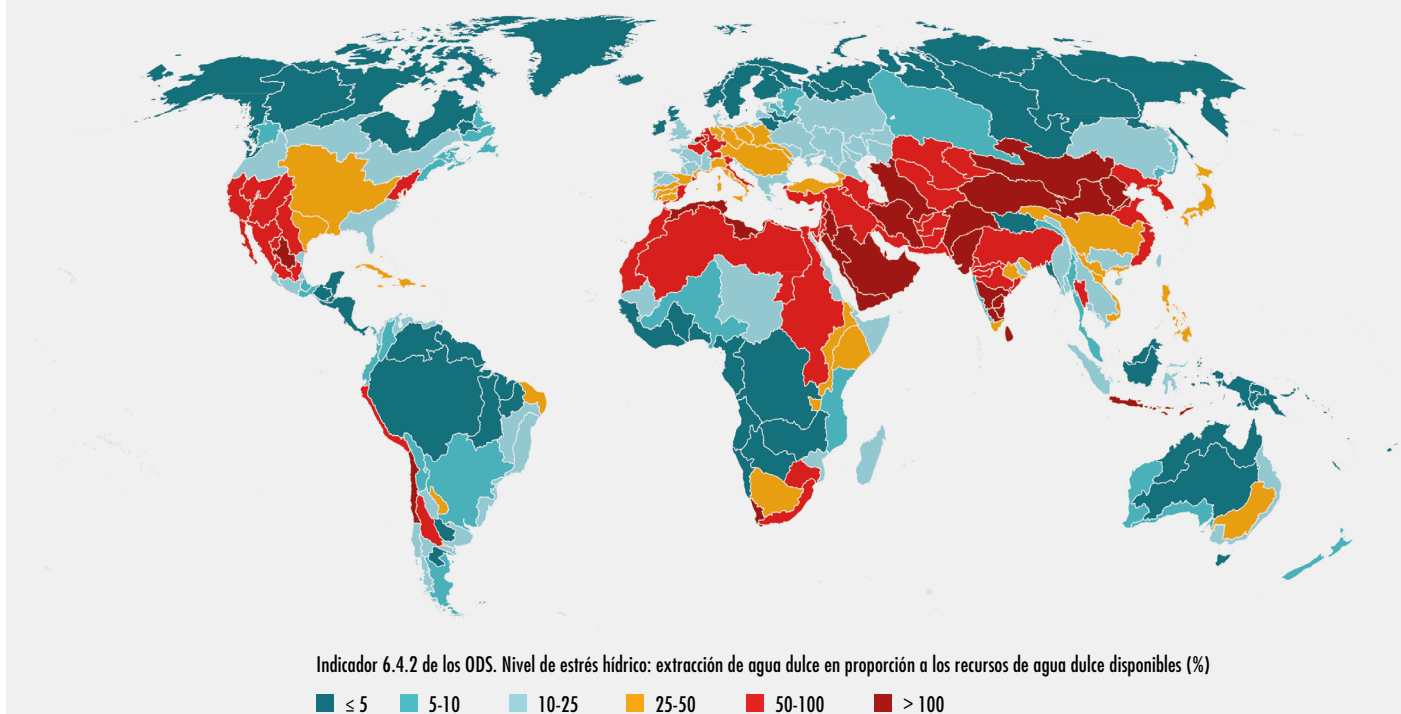
FUENTE: Elaborado por la FAO a partir de datos de FAO, 2019¹; FAO e IIASA, 2020²; e IFPRI, 2019³.

FIGURA A3
INDICADOR 6.4.2 DE LOS ODS. NIVEL DE ESTRÉS HÍDRICO A ESCALA NACIONAL, 2015



NOTA: Para una descripción de la leyenda, véanse las notas de la Figura 7, pág. 34.
FUENTE: FAO, 2020⁴.

FIGURA A4
INDICADOR 6.4.2 DE LOS ODS. NIVEL DE ESTRÉS HÍDRICO A ESCALA DE LA CUENCA, 2015



NOTA: Para una descripción de la leyenda, véanse las notas de la Figura 7, pág. 34.
FUENTE: FAO, 2020⁴.

REFERENCIAS

GLOSARIO

1. **FAO.** 2020. AQUASTAT. En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html?lang=es.
2. **FAO.** 2016. *Exploring the concept of water tenure*. Documento de debate sobre tierras y agua n.º 10. Roma. 89 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5435e.pdf].
3. **FAO.** 2019. *GEMI - Monitoreo Integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6: Metodología de monitoreo paso a paso para el Indicador 6.4.2*. [Consultado el 6 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/ca8483es/ca8483es.pdf.
4. **FAO.** 2018. *Progresos en el nivel de estrés hídrico: valores de referencia mundiales para el indicador 6.4.2 de los ODS*. Roma. FAO y ONU-Agua. 58 páginas. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Disponible también en www.unwater.org/app/uploads/2018/12/SDG6_Indicator_Report_642_Progress-on-Level-of-Water-Stress_2018_SPANISH.pdf.pdf].
5. **Batchelor, C., Hoogeveen, J., Faures, J.M. & Peiser, L.** 2017. *Water accounting and auditing: a sourcebook*. Informe de la FAO sobre el agua n.º 43. Roma, FAO. 234 pp. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5923e.pdf].
6. **FAO.** 2014. *Gobernanza del agua en favor de la agricultura y la seguridad alimentaria*. Comité de Agricultura, 24.º período de sesiones, Roma, 29 de septiembre – 3 de octubre de 2014 (COAG/2014/6) [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-mk967s.pdf.
7. **FAO.** 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf].
8. **CEO Water Mandate, United Nations Global Compact y World Resources Institute.** 2014. *Driving Harmonization of Water-Related Terminology*. Documento de debate. Oakland, EE.UU., Pacific Institute.

CAPÍTULO 1

1. **FAO.** 1993. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1993. Las políticas de recursos hídricos y la agricultura*. Roma, 328 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/t0800s/t0800s.pdf].
2. **FAO.** 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas

Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf].

3. **FAO.** 2016. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. Roma. 190 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i6030s.pdf].
4. **Gohar, A.A., Cashman, A. y Ward, F.A.** 2019. Managing food and water security in small island states: new evidence from economic modelling of climate stressed groundwater resources. *Journal of Hydrology*, 569: 239–251.
5. **Holding, S., Allen, D.M., Foster, S., Hsieh, A., Larocque, I., Klassen, J. y Van Pelt, S.C.** 2016. Groundwater vulnerability on small islands. *Nature Climate Change*, 6(12): 1100–1103.
6. **Veldkamp, T.I.E., Wada, Y., Aerts, J.C.J.H. y Ward, P.J.** 2016. Towards a global water scarcity risk assessment framework: incorporation of probability distributions and hydro-climatic variability. *Environmental Research Letters*, 11(2): 024006 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/2/024006>
7. **McDonald, R.I., Green, P., Balk, D., Fekete, B.M., Revenga, C., Todd, M. y Montgomery, M.** 2011. Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(15): 6312–6317.
8. **Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, División de Población.** 2019. *World Population Prospects 2019*. Edición en línea. Rev. 1. Population Division. En: *Naciones Unidas* [en línea]. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. <https://population.un.org/wpp/>.
9. **Falkenmark, M. y Widstrand, C.** 1992. Population and water resources: a delicate balance. *Population Bulletin*, 47(3): 1–36.
10. **Falkenmark, M.** 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: why isn't it being addressed? *Ambio*, 18: 112–118.
11. **FAO.** 2020. AQUASTAT. En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es.
12. **Shiklomanov, I.A.** 2000. Appraisal and Assessment of World Water Resources. *Water International*, 25(1): 11–32.
13. **Food Security Information Network (FSIN).** 2019. *Global report on food crises 2019. Joint analysis for better decisions*. Roma y Washington, D.C., FAO, PMA e IFPRI.

14. Mugagga, F. y Nabaasa, B.B. 2016. The centrality of water resources to the realization of Sustainable Development Goals (SDG): A review of potentials and constraints on the African continent. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3): 215–223.
15. Funge-Smith, S.J. 2018. *Review of the state of the world fishery resources. Inland fisheries*. Circular de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 942, Rev. 3. Roma, FAO. (Disponible también en www.fao.org/3/ca0388en/CA0388EN.pdf).
16. Lynch, A.J., Baumgartner, L.J., Boys, C.A., Conallin, J., Cowx, I.G., Finlayson, C.M., Franklin, P.A., Hogan, Z., Koehn, J.D., McCartney, M.P., O'Brien, G., Phouthavong, K., Silva, L.G.M., Tob, C.A., Valbo-Jørgensen, J., Vu, A.V., Whiting, L., Wibowo, A. y Duncan, P. 2019. Speaking the same language: can the sustainable development goals translate the needs of inland fisheries into irrigation decisions? *Marine and Freshwater Research*, 70(9): 1211–1228.
17. AP News Agency. 2020. Egypt: Ethiopia rejecting 'fundamental issues' on Nile dam. *Aljazeera*, 14 de junio de 2020. (Disponible también en www.aljazeera.com/news/2020/06/egypt-ethiopia-rejecting-fundamental-issues-nile-dam-200614113558814.html).
18. FAO. 2017. *El futuro de la alimentación y la agricultura – Tendencias y desafíos*. Roma. 185 páginas. (Disponible también www.fao.org/3/a-i6881s.pdf).
19. FAO y Earthscan. 2011. *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. FAO, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. (Disponible también www.fao.org/3/a-i688s.pdf).
20. Naciones Unidas. 1998. Standard country or area codes for statistical use. En: *División de Estadística de las Naciones Unidas* [en línea]. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49.htm>.
21. Banco Mundial. 2017. Nuevas clasificaciones de los países según su nivel de ingreso: 2017-18. <https://blogs.worldbank.org/es/opendata/nuevas-clasificaciones-de-los-pa-ses-seg-n-su-nivel-de-ingreso-2017-18>.
22. Panel Mundial sobre Agricultura y Sistemas Alimentarios para la Nutrición. 2016. *Sistemas alimentarios y dietas: Enfrentar los desafíos del siglo XXI*. Londres, Reino Unido. (Resumen ejecutivo: www.glopan.org/wp-content/uploads/2019/06/ForesightSummarySpanish.pdf).
23. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IIFPRI). 2017. Informe de políticas alimentarias mundiales 2017. Washington, D.C.
24. Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3): 401–415.
25. Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E.J.M., Smith, P. y Haines, A. 2016. The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: a systematic review. *PLOS ONE*, 11(11): e0165797. [en línea]. [Consultado el 11 de abril de 2020]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797>.
26. Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. y Gerber, P. 2017. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14: 1–8.
27. Gephart, J.A., Troell, M., Henriksson, P.J.G., Beveridge, M.C.M., Verdegem, M., Meïan, M., Mateos, L.D. y Deutsch, L. 2017. The 'seafood gap' in the food-water nexus literature—issues surrounding freshwater use in seafood production chains. *Advances in Water Resources*, 110: 505–514.
28. FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2020. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables*. Roma, FAO. (Disponible también en <http://www.fao.org/3/ca9692es/CA9692ES.pdf>).
29. Thornton, P.K. y Herrero, M. 2010. *The inter-linkages between rapid growth in livestock production, climate change, and the impacts on water resources, land use, and deforestation*. Documentos de trabajo de investigación sobre políticas. Washington, D.C., Banco Mundial.
30. Gill, M., Feliciano, D., Macdiarmid, J. y Smith, P. 2015. The environmental impact of nutrition transition in three case study countries. *Food Security*, 7(3): 493–504.
31. Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE). 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 2015. (Disponible también www.fao.org/3/a-av045s.pdf).
32. Naciones Unidas. 2010. El derecho humano al agua y el saneamiento. Resolución de la Asamblea General A/RES/64/292. <https://undocs.org/es/A/RES/64/292>.
33. Lowder, S.K., Skoet, J. y Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development*, 87: 16–29.

REFERENCIAS

34. Li, X., Waddington, S.R., Dixon, J., Joshi, A.K. y de Vicente, M.C. 2011. The relative importance of drought and other water-related constraints for major food crops in South Asian farming systems. *Food Security*, 3(1): 19–33.
35. Balasubramanya, S. y Stifel, D. 2020. Viewpoint: Water, agriculture & poverty in an era of climate change: Why do we know so little? *Food Policy*, 93: 101905 [en línea]. [Consultado el 25 de junio de 2020]. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306919220301093>.
36. Burney, J.A. y Naylor, R.L. 2012. Smallholder irrigation as a poverty alleviation tool in sub-Saharan Africa. *World Development*, 40(1): 110–123.
37. Burney, J.A., Naylor, R.L. y Postel, S.L. 2013. The case for distributed irrigation as a development priority in sub-Saharan Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(31): 12513–12517.
38. Xie, H., You, L., Wielgosz, B. y Ringler, C. 2014. Estimating the potential for expanding smallholder irrigation in Sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management*, 131: 183–193.
39. Nakawuka, P., Langan, S., Schmitter, P. y Barron, J. 2018. A review of trends, constraints and opportunities of smallholder irrigation in East Africa. *Global Food Security*, 17: 196–212.
40. Bouma, J.A., Hegde, S.S. y Lasage, R. 2016. Assessing the returns to water harvesting: a meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 163: 100–109.
41. Malabo Montpellier Panel. 2018. *Water-wise: smart irrigation strategies for Africa*. A Malabo Montpellier Panel Report. Dakar.
42. FAO. 2011. *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. 171 páginas [Disponible también www.fao.org/3/a-i2050s.pdf].
43. FAO. 2012. *Pasaporte para integrar el género en los programas de agua: preguntas clave para las intervenciones en el sector agrícola*. Roma, 68 páginas [Disponible también www.fao.org/3/i3173s/i3173s.pdf].
44. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH). 2016. *Recomendación general núm. 34 (2016) sobre los derechos de las mujeres rurales*. CEDAW/C/GC/34. Ginebra, Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2016/10709.pdf.
45. Tsur, Y. y Dinar, A. 1995. *Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water*. Documento de trabajo de investigación sobre políticas n.º 1460. Washington, D.C., Banco Mundial. 40 páginas.
46. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. *Water resources allocation: sharing risks and opportunities*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París, 144 páginas. [Disponible también en www.oecd-ilibrary.org/environment/water-resources-allocation_9789264229631-en].
47. Roa-García, M. 2014. Equity, efficiency and sustainability in water allocation in the Andes: trade-offs in a full world. *Water Alternatives*, 7(2): 298–319.
48. Mehta, L. 2006. *Water and human development: capabilities, entitlements and power*. [en línea]. Documento de antecedentes para el Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Institute of Development Studies. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.hdr.undp.org/sites/default/files/mehta_L_rev.pdf.
49. Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H. y Gerten, D. 2017. Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. *Nature Communications*, 8(1): 15900.
50. Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente. 1992. *Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible*. Dublín. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/espanol/icwedecs.html.
51. Morgera, E., Webster, E., Hamley, G., Sindico, F., Robbie, J., Switzer, S., Berger, T., Silva Sánchez, P., Lennan, M., Martin-Nagle, R., Tsioumani, E., Moynihan, R. y Zydek, A. 2020. *The right to water for food and agriculture*. Roma, FAO. 143 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca8248en/CA8248EN.pdf].

52. van der Zaag, P. y Savenije, H. 2006. *Water as an economic good: the value of pricing and the failure of markets*. Value of Water Research Report Series No. 19. Delft, Netherlands, UNESCO-IHE.
53. Gravelle, H. y Rees, R. 2004. *Microeconomics*. Third edition. Harlow, Reino Unido, Financial Times/Prentice Hall.
54. Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859): 1243–1248.
55. Ostrom, E. 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.
56. FAO. 2016. *Gobernar los derechos de tenencia de propiedades comunales. Guía técnica de apoyo a la aplicación de las Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional*. Guía Técnica sobre la Gobernanza de la Tenencia núm. 8. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i6381s.pdf].
57. Cotula, L. 2008. The property rights challenges of improving access to water for agriculture: lessons from the Sahel. *Journal of Human Development*, 9(1): 5–22.
58. Vapnek, J., Aylward, B., Popp, C. y Bartram, J. 2009. *Law for water management. A guide to concepts and effective approach*. FAO Legislative Study No. 101. Roma, FAO. 359 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i1284e.pdf].
59. FAO. 2018. *Sustainable food systems: concept and framework*. [en línea]. Technical Brief. Roma. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/ca2079en/CA2079EN.pdf.
60. Mateo-Sagasta, J., Marjani Zadeh, S. y Turrall, H., eds. 2018. *More people, more food, worse water? A global review of water pollution from agriculture*. Roma y Colombo, FAO e IWMI. 221 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf].
61. Kirby, R.M., Bartram, J. y Carr, R. 2003. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5): 283–299.
62. Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A.-S., Russ, J. y Zaveri, E. 2019. *Calidad desconocida: la crisis invisible del agua*. Washington, D.C., Banco Mundial. (Resumen: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32245/211459ovSP.pdf?sequence=11&isAllowed=y>).
63. Mateo-Sagasta, J. y Burke, J. 2011. *Agriculture and water quality interactions: a global overview*. SOLAW Background Thematic Report No. 8. Roma, FAO. 46 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-bl092e.pdf].
64. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). 2019. *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>.
65. Zeng, R., Cai, X., Ringler, C. y Zhu, T. 2017. Hydropower versus irrigation—an analysis of global patterns. *Environmental Research Letters*, 12(3): 034006 [en línea]. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5f3f>.
66. Cai, X., McKinney, D.C. y Rosegrant, M.W. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. *Agricultural Systems*, 76(3): 1043–1066.
67. Greimel, F., Schülting, L., Graf, W., Bondar-Kunze, E., Auer, S., Zeiringer, B. y Hauer, C. 2018. Hydropeaking impacts and mitigation. En: S. Schmutz y J. Sendzimir, eds. *Riverine ecosystem management*, págs. 91–110. Cham, Switzerland, Springer International Publishing.
68. Schmutz, S., Bakken, T.H., Friedrich, T., Greimel, F., Harby, A., Jungwirth, M., Melcher, A., Unfer, G. y Zeiringer, B. 2015. Response of fish communities to hydrological and morphological alterations in hydropeaking rivers of Austria. *River Research and Applications*, 31(8): 919–930.
69. Yoshida, Y., Lee, H.S., Trung, B.H., Tran, H.-D., Lall, M.K., Kakar, K. y Xuan, T.D. 2020. Impacts of mainstream hydropower dams on fisheries and agriculture in Lower Mekong Basin. *Sustainability*, 12(6): 2408 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2408.

REFERENCIAS

70. Young, P.S., Cech, J.J. y Thompson, L.C. 2011. Hydropower-related pulsed-flow impacts on stream fishes: a brief review, conceptual model, knowledge gaps, and research needs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21(4): 713–731.
71. Yüksel, I. 2010. Hydropower for sustainable water and energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1): 462–469.
72. Amjath-Babu, T.S., Sharma, B., Brouwer, R., Rasul, G., Wahid, S.M., Neupane, N., Bhattarai, U. y Sieber, S. 2019. Integrated modelling of the impacts of hydropower projects on the water-food-energy nexus in a transboundary Himalayan river basin. *Applied Energy*, 239: 494–503.
73. Räsänen, T.A., Joffe, O.M., Someth, P., Thanh-Cong, T., Keskinen, M. y Kumm, M. 2015. Model-based assessment of water, food, and energy trade-offs in a cascade of multipurpose reservoirs: case study of the Sesan tributary of the Mekong River. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(1): 05014007 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29WVR.1943-5452.0000459>.
74. Conway, D., van Garderen, E.A., Deryng, D., Dorling, S., Krueger, T., Landman, W., Lankford, B., Lebek, K., Osborn, T., Ringler, C., Thurlow, J., Zhu, T. y Dalin, C. 2015. Climate and southern Africa's water-energy-food nexus. *Nature Climate Change*, 5(9): 837–846.
75. Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE). 2013. *Los biocombustibles y la seguridad alimentaria*. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i2952s.pdf).
76. Rulli, M.C., Bellomi, D., Cazzoli, A., De Carolis, G. y D'Odorico, P. 2016. The water-land-food nexus of first-generation biofuels. *Scientific Reports*, 6(1): 22521 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1038/srep22521>.
77. Stone, K. 2015. *Water at Risk: The impact of biofuels expansion on water resources and poverty*. Washington, D.C., ActionAid EE.UU.
78. Eide, A. 2008. *The right to food and the impact of liquid biofuels (agrofuels)*. Right to Food Study. Roma, FAO. 54 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-ap550e.pdf).
79. FAO. 2017. *Water for sustainable food and agriculture: a report produced for the G20 Presidency of Germany*. Roma. 27 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i7959e.pdf).
80. FAO. 2008. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*. Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/i0100s/i0100s.pdf).
81. Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. y van der Meer, T.H. 2009. The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics*, 68(4): 1052–1060.
82. Xie, X., Zhang, T., Wang, L. y Huang, Z. 2017. Regional water footprints of potential biofuel production in China. *Biotechnology for Biofuels*, 10(1): 95 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0778-0>.
83. FAO. 2014. FAO at World Water Week 2014. Why water and energy matter for agriculture? En: FAO [en línea]. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.fao.org/land-water/news-archive/news-detail/en/c/267274/.
84. United States Department of Energy (USDE). 2014. *The water-energy nexus: challenges and opportunities*. Washington, D.C.
85. Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clark, D.B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B.M., Colón-González, F.J., Gosling, S.N., Kim, H., Liu, X., Masaki, Y., Portmann, F.T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wisser, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawski, L. y Kabat, P. 2014. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3245–3250.
86. FAO e Instituto Hídrico Internacional de Estocolmo (SIWI). (en prensa). *Nutrition-sensitive water productivity – rationale, methodology, farmers and policy*. FAO Documento de debate sobre tierras y aguas. Roma.
87. FAO. 2019. *Water use in livestock production systems and supply chains – guidelines for assessment (Version 1)*. Roma, Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP). 126 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca5685en/ca5685en.pdf).

88. FAO. 2019. *Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: guidelines for assessment (Version 1)*. Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP). Roma. 170 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca2934en/CA2934EN.pdf].
89. Doreau, M., Corson, M.S. y Wiedemann, S.G. 2012. Water use by livestock: a global perspective for a regional issue? *Animal Frontiers*, 2(2): 9–16.
90. Kumar, C., Begeladze, S., Calmon, M. y Saint-Laurent, C. 2015. *Enhancing food security through forest landscape restoration: lessons from Burkina Faso, Brazil, Guatemala, Viet Nam, Ghana, Ethiopia and Philippines*. Gland, Suiza, UICN.
91. Sheil, D. 2018. Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. *Forest Ecosystems*, 5(1): 19.
92. Walker, C., Beretta, C., Sanjuán, N. y Hellweg, S. 2018. Calculating the energy and water use in food processing and assessing the resulting impacts. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(4): 824–839.
93. Manzardo, A., Mazzi, A., Loss, A., Butler, M., Williamson, A. y Scipioni, A. 2016. Lessons learned from the application of different water footprint approaches to compare different food packaging alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 112: 4657–4666.
94. Ölmez, H. 2013. Water consumption, reuse and reduction strategies in food processing. En: B.K. Tiwari, T. Norton y N.M. Holden, eds. *Sustainable Food Processing*, págs. 401–434. Chichester, Reino Unido, John Wiley & Sons.
95. Meneses, Y.E. y Wang, B. 2020. Water use in the food industry. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Nebraska, EE.UU., University of Nebraska-Lincoln.
96. Hansen, C.L. y Cheong, D.Y. 2019. Agricultural waste management in food processing. In M. Kutz, ed. *Handbook of farm, dairy and food machinery engineering*. Tercera edición, págs. 637–716. Academic Press.
97. Noukeu, N.A., Gouado, I., Priso, R.J., Ndongo, D., Taffouo, V.D., Dibong, S.D. y Ekodeck, G.E. 2016. Characterization of effluent from food processing industries and stillage treatment trial with *Eichhornia crassipes* (Mart.) and *Panicum maximum* (Jacq.). *Water Resources and Industry*, 16: 1–18.
98. Amabye, T.G. 2015. Effect of food processing industries' effluents on the environment: a case study of MOHA Mekelle Bottling Company, Tigray, Ethiopia. *Industrial Chemistry*, 01(02) [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://www.omicsonline.org/peer-reviewed/effect-of-food-processing-industries-effluents-on-the-environment-a-case-study-of-moha-mekelle-bottling-company-tigray-ethiopia-66018.html>.
99. Doorn, M., Towprayoon, S., Manso Vieira, S.M., Irving, W., Palmer, C., Pipatti, R. y Wang, C. 2006. Wastewater treatment and discharge. Capítulo 5. En: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara y K. Tanabe, eds. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, págs. 6.1-6.28. Kanagawa, Japón, IGES.
100. Jackson, D.C. y Marmulla, G. 2001. The influence of dams on river fisheries. En: G. Marmulla, ed. *Dams, fish and fisheries: Opportunities, challenges and conflict resolution*, págs. 1–44. Documento Técnico de Pesca n.º 419. Roma, FAO. 166 páginas. [Disponible también en www.fao.org/tempref/docrep/fao/004/Y2785E/y2785e.pdf].
101. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. *Wastewater and excreta use in aquaculture. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Ginebra, Suiza.
102. Marcussen, H., Holm, P.E., Ha, L.T. y Dalsgaard, A. 2007. Food safety aspects of toxic element accumulation in fish from wastewater-fed ponds in Hanoi, Vietnam: toxic element accumulation in wastewater-fed fish. *Tropical Medicine & International Health*, 12: 34–39.
103. Meneses, Y.E. y Flores, R.A. 2016. Feasibility, safety, and economic implications of whey-recovered water in cleaning-in-place systems: a case study on water conservation for the dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 99(5): 3396–3407.
104. Lindgaard-Jorgensen, P., Kristensen, G.H. y Andersen, M. 2018. Road map towards zero water milk-processing plants - experiences from a Danish public-private partnership. *Environmental Management and Sustainable Development*, 7(2): 157.

REFERENCIAS

105. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2018. *Global Health Estimates 2016: Deaths by cause, age, sex, by country, and by region, 2000-2016*. Ginebra, Suiza.
106. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2006. *Human Development Report 2006. Beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis*. Nueva York, EE.UU.
107. Sanctuary, M., Tropp, H. y Haller, L. 2005. *Making water a part of economic development: the economic benefits of improved water management and services*. Estocolmo, Stockholm International Water Institute.
108. Bryan, E., Chase, C. y Schulte, M. 2019. *Nutrition-sensitive irrigation and water management*. Water Global Practice Guidance Note. Washington, D.C., Banco Mundial.
109. Domènech, L. 2015. Improving irrigation access to combat food insecurity and undernutrition: a review. *Global Food Security*, 6: 24–33.
110. van der Hoek, W., Feenstra, S.G. y Konradsen, F. 2002. Availability of irrigation water for domestic use in Pakistan: its impact on prevalence of diarrhoea and nutritional status of children. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 20(1): 77–84.
111. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2014. *Preventing diarrhoea through better water, sanitation and hygiene: exposures and impacts in low- and middle-income countries*. Ginebra, Suiza.
112. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y Organización Mundial de la Salud (OMS). 2019. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities*. Nueva York, EE.UU.
113. Naciones Unidas. 2015. *The World's Women 2015: trends and statistics*. Nueva York, EE.UU., Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística.
114. Ntouda, J., Sikodf, F., Ibrahim, M. y Abba, I. 2013. Access to drinking water and health of populations in Sub-Saharan Africa. *Comptes Rendus Biologies*, 336(5–6): 305–309.
115. Análisis y evaluación mundiales del saneamiento y el agua potable (GLAAS) de las Naciones Unidas. 2019. *National systems to support drinking water, sanitation and hygiene: global status report 2019*. Ginebra, Suiza, OMS.
116. Geremew, A. y Damtew, Y.T. 2020. Household water treatment using adequate methods in sub-Saharan countries: evidence from 2013–2016 Demographic and Health Surveys. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(1): 66–75.
117. Sobsey, M.D. 2002. *Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply*. Ginebra, Suiza, OMS.
118. Daniel, D., Marks, S.J., Pande, S. y Rietveld, L. 2018. Socio-environmental drivers of sustainable adoption of household water treatment in developing countries. *Clean Water*, 1: 12 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0012-z>.
119. Clasen, T. 2015. Household water treatment and safe storage to prevent diarrheal disease in developing countries. *Current Environmental Health Reports*, 2(1): 69–74.
120. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2012. *Status of national household water treatment and safe storage policies in selected countries: results of global survey and policy readiness for scaling up*. [en línea]. Ginebra, Suiza. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205466/WHO_HSE_WSH_12.07_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CAPÍTULO 2

1. FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). 2020. *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4.0)*. Laxenburg (Austria) y Roma.
2. FAO. 2018. *Brief guidelines to the Global Information and Early Warning System's (GIEWS) Earth Observation Website*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/CA0941EN/ca0941en.pdf].
3. Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población. 2019. *World urbanization prospects: the 2018 revision*. No. ST/ESA/SER.A/420. Nueva York, EE.UU., Naciones Unidas.

4. **FAO.** 2008. *Water and the rural poor interventions for improving livelihoods in sub-Saharan Africa*. Roma. 107 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i0132e/i0132e.pdf].
5. **Wrathall, D.J., Van Den Hoek, J., Walters, A. y Devenish, A.** 2018. *Water stress and human migration: a global, georeferenced review of empirical research*. Documento de debate sobre tierras y agua n.º 11. Roma, FAO. 35 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i8867EN/i8867en.pdf].
6. **Salik, K.M., Qaisrani, A., Awais, M. y Ali, M.** 2017. *Migration futures in Asia and Africa: economic opportunities and distributional effects – the case of Pakistan*. Islamabad, Sustainable Development Policy Institute. [Disponible también en <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.22393.77922>].
7. **FAO.** 2019. Earth Observation. Agricultural Stress Index System (ASIS): Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2018). En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=es.
8. **Latham, J., Cumani, R., Rosati, I. y Bloise, M.** 2014. Global Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1.0 Database. Land and Water Division. En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1036355/.
9. **FAO.** 2018. *Progresos en el nivel de estrés hídrico: valores de referencia mundiales para el indicador 6.4.2 de los ODS*. Roma. FAO y ONU-Agua. 58 páginas. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Disponible también en www.unwater.org/app/uploads/2018/12/SDG6_Indicator_Report_642_Progress-on-Level-of-Water-Stress_2018_SPANISH.pdf].
10. **FAO.** 2020. *SDG Indicator 6.4.2 on water stress*. Roma.
11. **FAO.** 2020. *Contribution of the agriculture sector to the level of water stress*. Roma.
12. **Cumani, M. y Rojas, O.** 2016. *Characterization of the agricultural drought prone areas at global scale: using the FAO Agricultural Stress Index System (ASIS) to enhance the understanding of, and boost resilience to water stress conditions in drought-prone areas*. Roma, FAO. 38 páginas. [Disponible también en <http://www.fao.org/3/a-i5764e.pdf>].
13. **FAO.** 2018. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017*. Roma. 144 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i8656EN/i8656en.pdf].
14. **FAO.** 2017. *Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 44. Roma. 110 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i6738e.pdf].
15. **Maier Salman, M., Pek, E. y Lamaddalena, N.** 2019. *Field guide to improve water use efficiency in small-scale agriculture – the case of Burkina Faso, Morocco and Uganda*. Roma, FAO. 78 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca5789en/ca5789en.pdf].
16. **Banco Mundial.** 2009. *Africa's infrastructure: a time for transformation*. V. Foster y C.M. Briceño-Garmendia, eds. Washington, D.C.
17. **Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).** 2019. Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.0. Harvard Dataverse. En: *Harvard Dataverse* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/PRFF8V>.
18. **FAO.** 2011. *AQUASTAT country profile – Viet Nam*. Roma. 16 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca0412en/CA0412EN.pdf].
19. **Li, X., Waddington, S.R., Dixon, J., Joshi, A.K. y de Vicente, M.C.** 2011. The relative importance of drought and other water-related constraints for major food crops in South Asian farming systems. *Food Security*, 3(1): 19–33.
20. **Wichelns, D.** 2015. Water productivity and food security: considering more carefully the farm-level perspective. *Food Security*, 7(2): 247–260.
21. **Fuglie, K.O.** 2008. Is a slowdown in agricultural productivity growth contributing to the rise in commodity prices? *Agricultural Economics*, 39: 431–441.
22. **Fuglie, K. y Rada, N.** 2013. *Resources, policies, and agricultural productivity in sub-Saharan Africa*. ERR-145. Washington, D.C., United States Department of Agriculture Economic Research Service.

REFERENCIAS

23. FAO. 2003. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2003: seguimiento de los avances en la consecución de los objetivos de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación y de los Objetivos de desarrollo del Milenio*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/i0083s/i0083s00.pdf].
24. FAO y Earthscan. 2011. *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. FAO, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i688s.pdf].
25. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London and Sterling, EE.UU., Earthscan e IWMI.
26. Vanschoenwinkel, J. y Van Passel, S. 2018. Climate response of rainfed versus irrigated farms: the bias of farm heterogeneity in irrigation. *Climatic Change*, 147(1–2): 225–234.
27. Wood-Sichra, U., Joglekar, A. y You, L. 2016. *Spatial Production Allocation Model (SPAM) 2005: technical documentation*. HarvestChoice Working Paper. Washington, D.C. y St. Paul, EE.UU., Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) e International Science and Technology Practice and Policy (InSTePP) Center, University of Minnesota.
28. Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A. y Maloney, W.F. 2019. *Harvesting prosperity: technology and productivity growth in agriculture*. Washington, D.C., Banco Mundial.
29. Siebert, S. y Döll, P. 2010. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*, 384(3–4): 198–217.
30. Lowder, S.K., Skoet, J. y Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development*, 87: 16–29.
31. Lowder, S.K., Sánchez, M.V. y Bertini, R. 2020. *Farms, family farms, farmland distribution and farm labour: what do we know today?* Documento de trabajo de la División de Economía del Desarrollo Agrícola de la FAO n.º 19-08. Roma, FAO. 76 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca7036en/ca7036en.pdf].
32. FAO y Corporación Financiera Internacional (CFI). 2015. *Ethiopia: Irrigation market brief*. Roma. 67 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5196e.pdf].
33. Yihun, Y.M. 2015. *Agricultural water productivity optimization for irrigated teff (eragrostic tef) in a water scarce semi-arid region of Ethiopia*. Leiden, Países Bajos, CRC Press/Balkema.
34. Matsumoto, T. y Yamano, T. 2011. Fertilizer policies, price, and application in East Africa. In T. Yamano, K. Otsuka y F. Place, eds. *Emerging Development of Agriculture in East Africa*, págs. 58–72. Dordrecht, Países Bajos, Springer.
35. FAO. 2020. RuLIS – Rural livelihoods information system. En: FAO [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/in-action/rural-livelihoods-dataset-rulis/en/.
36. FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). 2007. *Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability*. Environment and Natural Resources Series No. 11 edition. Roma. 95 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a1075e/a1075e00.pdf].
37. MapSPAM. 2019. Methodology: a look behind SPAM and what makes it run. En: MapSPAM [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <http://mapspam.info/methodology/>.
38. Sheahan, M. y Barrett, C.B. 2017. Ten striking facts about agricultural input use in Sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 67: 12–25.
39. FAO. 2017. *El futuro de la alimentación y la agricultura – Tendencias y desafíos*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i6881s.pdf].
40. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>.
41. Hoekstra, A.Y., ed. 2003. *Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*. Value of Water Research Report Series No. 12. Delft, Países Bajos, IHE.

42. Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. y Savenije, H.H.G. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3): 455–468.

43. Hoekstra, A. 2010. *The relation between international trade and freshwater scarcity*. Staff Working Paper ERSD-2010-05. Enschede, Países Bajos, Organización Mundial del Comercio.

44. Jackson, L.A., Pene, C., Martínez-Hommel, M.-B., Tamiotti, L. y Hofmann, C. 2014. Water policy, agricultural trade and WTO rules. In P. Martínez-Santos, M. Aldaya y M. Ramón Llamas, eds. *Integrated water resources management in the 21st century: revisiting the paradigm*, págs. 59–78. Leiden, Países Bajos, CMR Press. 321 páginas.

45. Liu, W., Antonelli, M., Kumm, M., Zhao, X., Wu, P., Liu, J., Zhuo, L. y Yang, H. 2019. Savings and losses of global water resources in food-related virtual water trade. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(1): e1320 [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wat2.1320>.

46. Oki, T., Yano, S. y Hanasaki, N. 2017. Economic aspects of virtual water trade. *Environmental Research Letters*, 12(4): 044002 [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa625f>.

47. Yano, S., Hanasaki, N., Itsuno, N. y Oki, T. 2016. Potential impacts of food production on freshwater availability considering water sources. *Water*, 8(4): 163.

48. Dalin, C., Wada, Y., Kastner, T. y Puma, M.J. 2017. Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature*, 543(7647): 700–704.

49. Barrett, C.B., Christiaensen, L., Sheahan, M. y Shimeles, A. 2017. On the Structural Transformation of Rural Africa. *Journal of African Economies*, 26(suppl_1): i11–i35.

50. Banco Mundial y Naciones Unidas. 2014. *Improving trade and transport for landlocked developing countries: a ten-year review*. Washington, D.C.

51. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2013. *Succeeding with trade reforms: the role of aid for trade. The development dimension*. París.

52. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 2014. *IFAD's approach in small island developing states: a global response to island voices for food security*. Roma.

53. FAO. 2016. *Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID)*. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-i5327s.pdf.

54. Naciones Unidas. 2010. *Trends in sustainable development: small island developing states (SIDS)*. Nueva York, EE.UU.

55. Bush, M.J. 2018. *Climate change adaptation in small island developing states*. Hoboken, EE.UU., John Wiley & Sons.

56. Alam, K. 2015. Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: a case study of Rajshahi District, Bangladesh. *Agricultural Water Management*, 148: 196–206.

57. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 2012. *Gender and water. Securing water for improved rural livelihoods: the multiple-uses system approach*. Roma.

58. Banco Mundial. 2019. *Banco Mundial list of economies* [en línea]. [Consultado el 21 de agosto de 2020]. <http://databank.worldbank.org/data/download/site-content/CLASS.xls>.

59. Naciones Unidas. 1998. Standard country or area codes for statistical use. En: *División de Estadística de las Naciones Unidas* [en línea]. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49.htm>.

60. Banco Mundial. 2017. New country classifications by income level: 2017–2018. En: *Banco Mundial* [en línea]. <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-country-classifications-income-level-2017-2018>

61. Turrall, H., Burke, J.J. y Faurès, J.-M. 2011. *Climate change, water and food security*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 36. Roma, FAO. 200 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/i2096e/i2096e.pdf).

REFERENCIAS

62. Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clark, D.B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B.M., Colón-González, F.J., Gosling, S.N., Kim, H., Liu, X., Masaki, Y., Portmann, F.T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wisser, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawski, L. y Kabat, P. 2014. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3245–3250.
63. Gosling, S.N. y Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change*, 134(3): 371–385.
64. Fung, F., Lopez, A. y New, M. 2011. Water availability in +2°C and +4°C worlds. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934): 99–116.
65. Smirnov, O., Zhang, M., Xiao, T., Orbell, J., Lobben, A. y Gordon, J. 2016. The relative importance of climate change and population growth for exposure to future extreme droughts. *Climatic Change*, 138(1–2): 41–53.
66. Prudhomme, C., Giuntoli, I., Robinson, E.L., Clark, D.B., Arnell, N.W., Dankers, R., Fekete, B.M., Franssen, W., Gerten, D., Gosling, S.N., Hagemann, S., Hannah, D.M., Kim, H., Masaki, Y., Satoh, Y., Stacke, T., Wada, Y. y Wisser, D. 2014. Hydrological droughts in the 21st century, hotspots and uncertainties from a global multimodel ensemble experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3262–3267.
67. Hyland, M. y Russ, J. 2019. Water as destiny – the long-term impacts of drought in sub-Saharan Africa. *World Development*, 115: 30–45.
68. Dankers, R., Arnell, N.W., Clark, D.B., Falloon, P.D., Fekete, B.M., Gosling, S.N., Heinke, J., Kim, H., Masaki, Y., Satoh, Y., Stacke, T., Wada, Y. y Wisser, D. 2014. First look at changes in flood hazard in the inter-sectoral impact model intercomparison project ensemble. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3257–3261.
69. 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.
70. Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D., Glotter, M., Flörke, M., Wada, Y., Best, N., Eisner, S., Fekete, B.M., Folberth, C., Foster, I., Gosling, S.N., Haddeland, I., Khabarov, N., Ludwig, F., Masaki, Y., Olin, S., Rosenzweig, C., Ruane, A.C., Satoh, Y., Schmid, E., Stacke, T., Tang, Q. y Wisser, D. 2014. Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3239–3244.
71. Konar, M., Hussein, Z., Hanasaki, N., Mauzerall, D.L. y Rodriguez-Iturbe, I. 2013. Virtual water trade flows and savings under climate change. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 10(1): 67–101.
72. Ramírez, A., Harrod, C., Valbo-Jørgensen, J. y Funge-Smith, S. 2018. How climate change impacts inland fisheries. In M. Barange, T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain, eds. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*, págs. 375–392. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 627. Roma, FAO. 628 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf).
73. Smith, D.M., Matthews, J.H., Bharati, L., Borgomeo, E., McCartney, M., Mauroner, A., Nicol, A., Rodriguez, D., Sadoff, C., Suhardiman, D., Timboe, I., Amarnath, G. y Anisha, N. 2019. *Adaptation's thirst: accelerating the convergence of water and climate action*. Rotterdam and Washington, D.C. (Disponible también en www.iwmi.cgiar.org/Publications/Other/PDF/adaptations-thirst-gca-background-paper.pdf).
74. UNESCO y ONU-Agua. 2020. *The United Nations World Water Development Report 2020. Water and climate change*. París, UNESCO.
75. Thivet, G. y Fernandez, S. 2012. *Water demand management: the Mediterranean experience*. Technical focus paper. Stockholm, Global Water Partnership, Plan Bleu.
76. FAO. 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf).
77. Molle, F. 2003. *Development trajectories of river basins: a conceptual framework*. Research Report No. 72. Colombo, IWMI.

78. Mateo-Sagasta, J., Marjani Zadeh, S. y Turrall, H., eds. 2018. *More people, more food, worse water? A global review of water pollution from agriculture*. Roma y Colombo, FAO and IWMI. 221 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf].

79. Quiñones, R.A., Fuentes, M., Montes, R.M., Soto, D. y León-Muñoz, J. 2019. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(2): 375–402.

80. Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). 2018. *European waters: assessment of status and pressures 2018*. EEA Report No. 7/2018. Copenhagen.

81. United States Environmental Protection Agency (EPA). 2020. The sources and solutions: agriculture. En: *Nutrient Pollution* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions-agriculture.

82. FAO. 2019. Collecting, analyzing and disseminating data, one country at a time! En: *FAO Environment Statistics – Livestock manure* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-home/es/>.

83. FAO. 2020. FAOSTAT. En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/faostat/es/#home.

84. Srivastava, A., Jangid, N., Srivastava, M. y Rawat, V. 2019. Pesticides as water pollutants. In K.A. Wani y Mamta, eds. *Handbook of Research on the Adverse Effects of Pesticide Pollution in Aquatic Ecosystems*, págs. 1–19. Hershey, USA, IGI Global.

85. FAO. 2016. *El Plan de acción de la FAO sobre la resistencia a los antimicrobianos 2016-2020. Apoyo a los sectores de la alimentación y la agricultura en la aplicación del Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos para minimizar el impacto de la resistencia a los mismos*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5996s.pdf].

86. FAO. 2018. *Antimicrobial resistance in the environment: summary report of an FAO meeting of experts* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/BU656en/bu656en.pdf.

87. Review on Antimicrobial Resistance. 2016. *Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations*. Londres.

88. Van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A. y Laxminarayan, R. 2015. Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18): 5649–5654.

89. United States Environmental Protection Agency (EPA). 2013. *Literature review of contaminants in livestock and poultry manure and implications for water quality*. EPA Office of Water 820-R-13-002. Washington, D.C.

90. FAO y Grupo técnico intergubernamental sobre los suelos (GTIS). 2015. *Status of the world's soil resources: main report*. Roma. 649 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5199e.pdf].

91. Hanson, B., Grattan, S. y Fulton, A. 2006. *Agricultural salinity and drainage*. Davis, EE.UU., University of California Irrigation Program.

92. Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1985. *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, rev. 1. Roma, FAO. [Disponible también en www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm].

93. Tanji, K.K. y Kielen, N.C. 2002. *Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 61. Roma, FAO. 202 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-ap103e.pdf].

94. FAO. 2020. Novel initiative to map salt-affected soils globally. En: *FAO* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1269946/.

95. Okorogbona, A.O.M., Denner, F.D.N., Managa, L.R., Khosa, T.B., Maduwa, K., Adebola, P.O., Amoo, S.O., Ngoben, H.M. y Macevele, S. 2018. Water quality impacts on agricultural productivity and environment. In E. Lichtfouse, ed. *Sustainable Agriculture Reviews*, págs. 1–35. Sustainable Agriculture Reviews. Cham, Springer International Publishing.

96. Braul, L. y Kirychuk, B. 2001. *Water quality and cattle*. Agriculture and Agri-Food Canada.

97. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2012. *Water quality and agriculture: meeting the policy challenge*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París.

REFERENCIAS

98. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2018. *Human acceleration of the nitrogen cycle: managing risks and uncertainty*. París.
99. Jansson, M., Andersson, R., Berggren, H. y Leonardson, L. 1994. Wetlands and lakes as nitrogen traps. *Ambio*, 23(6): 320–325.
100. Hey, D.L., Urban, L.S. y Kostel, J.A. 2005. Nutrient farming: the business of environmental management. *Ecological Engineering*, 24(4): 279–287.
101. Mitsch, W.J. y Day, J.W. 2006. Restoration of wetlands in the Mississippi-Ohio-Missouri (MOM) River Basin: experience and needed research. *Ecological Engineering*, 26(1): 55–69.
102. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). 2006. *Nutrient Management (Ac.)*. No. Code 590. United States Department of Agriculture. [Disponible también en www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_022228.pdf].
103. FAO. 2018. *Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains: guidelines for assessment*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 199 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/CA1328EN/ca1328en.pdf].
104. Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C., Zhang, W., Mi, G., Miao, Y., Li, X., Gao, Q., Yang, J., Wang, Z., Ye, Y., Guo, S., Lu, J., Huang, J., Lv, S., Sun, Y., Liu, Y., Peng, X., Ren, J., Li, S., Deng, X., Shi, X., Zhang, Q., Yang, Z., Tang, L., Wei, C., Jia, L., Zhang, J., He, M., Tong, Y., Tang, Q., Zhong, X., Liu, Z., Cao, N., Kou, C., Ying, H., Yin, Y., Jiao, X., Zhang, Q., Fan, M., Jiang, R., Zhang, F. y Dou, Z. 2018. Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. *Nature*, 555(7696): 363–366.
105. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2017. *Diffuse pollution, degraded waters: emerging policy solutions*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París.
2. 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.
3. Stevanović, M., Popp, A., Lotze-Campen, H., Dietrich, J.P., Müller, C., Bonsch, M., Schmitz, C., Bodirsky, B.L., Humpenöder, F. y Weindl, I. 2016. The impact of high-end climate change on agricultural welfare. *Science Advances*, 2(8): e1501452 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501452>.
4. Rockström, J. y Karlberg, L. 2009. Zooming in on the global hotspots of rainfed agriculture in water-constrained environments. *Rainfed agriculture: unlocking the potential*, págs. 36–43. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series No. 7. Wallingford, Reino Unido, CABI.
5. Schils, R., Olesen, J.E., Kersebaum, K.-C., Rijk, B., Oberforster, M., Kalyada, V., Khitrykau, M., Gobin, A., Kirchev, H., Manolova, V., Manolov, I., Trnka, M., Hlavinka, P., Palosuo, T., Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Lorgeou, J., Marrou, H., Danalatos, N., Archontoulis, S., Fodor, N., Spink, J., Roggero, P.P., Bassu, S., Pulina, A., Seehusen, T., Uhlen, A.K., Żyłowska, K., Nieróbcza, A., Kozyra, J., Silva, J.V., Maças, B.M., Coutinho, J., Ion, V., Takáč, J., Minguez, M.I., Eckersten, H., Levy, L., Herrera, J.M., Hiltbrunner, J., Kryvobok, O., Kryvoshein, O., Sylvester-Bradley, R., Kindred, D., Topp, C.F.E., Boogaard, H., de Groot, H., Lesschen, J.P., van Bussel, L., Wolf, J., Zijlstra, M., van Loon, M.P. y van Ittersum, M.K. 2018. Cereal yield gaps across Europe. *European Journal of Agronomy*, 101: 109–120.
6. 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.
7. Antón, J. y Cattaneo, A. 2019. Agricultural risk management and climate change: what role for policy? En: D. Blandford y K. Hassapoyannes, eds. *Global challenges for future food and agricultural policies*, págs. 281–306. World Scientific Series in Grand Public Policy Challenges of the 21st Century. World Scientific. 440 páginas. [Disponible también en www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789813235403_0015].

CAPÍTULO 3

1. 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(4): 287–291.

8. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2011. *Managing risk in agriculture: policy assessment and design*. París. (Disponible también en www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/managing-risk-in-agriculture_9789264116146-en).

9. FAO. 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf).

10. FAO y World Water Council. 2018. *Water accounting for water governance and sustainable development*. Roma y Marseille. 50 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/i8868en/i8868en.pdf).

11. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London and Sterling, EE.UU., Earthscan e IWMI.

12. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA). 2014. *Principles for responsible investment in agriculture and food systems*. Roma. 27 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-au866e.pdf).

13. Wichelns, D. 2015. Water productivity and food security: considering more carefully the farm-level perspective. *Food Security*, 7(2): 247–260.

14. Vogel, E., Donat, M.G., Alexander, L.V., Meinshausen, M., Ray, D.K., Karoly, D., Meinshausen, N. y Frieler, K. 2019. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, 14(5): 054010 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab154b>.

15. van Ittersum, M.K., van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Grassini, P., van Wart, J., Guilpart, N., Claessens, L., de Groot, H., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Yang, H., Boogaard, H., van Oort, P.A.J., van Loon, M.P., Saito, K., Adimo, O., Adjei-Nsiah, S., Agali, A., Bala, A., Chikowo, R., Kaizzi, K., Kouressy, M., Makoi, J.H.J.R., Ouattara, K., Tesfaye, K. y Cassman, K.G. 2016. Can sub-Saharan Africa feed itself? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(52): 14964–14969.

16. Hatibu, H., Oweis, T., Wani, S., Barron, J., Bruggeman, A., Qiang, Z., Farahani, J. y Karlberg, L. 2007. Managing water in rainfed agriculture. In D. Molden, ed. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, págs. 315–352. London, IWMI and Earthscan. 48 páginas.

17. FAO. 2020. FAOSTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/faostat/es/#home.

18. Eurostat. 2019. Agri-environmental indicator - irrigation. En: *Statistics explained* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation.

19. FAO. 2018. *El futuro de la alimentación y la agricultura – Vías alternativas hacia el 2050*. (versión reducida: www.fao.org/3/CA1552ES/ca1552es.pdf).

20. Barron, J., Tengberg, A., Garg, K., Anantha, K.H., Sreenath, D. y Whitbread, A. 2020. Strengthen resilience in rainfed agricultural systems through agricultural water management: a review on current state and ways ahead. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Uppsala, Suecia, Swedish University of Agricultural Sciences.

21. Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J. y Qiang, Z. 2010. Managing water in rainfed agriculture—the need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97(4): 543–550.

22. Ranjan, P., Patle, G.T., Prem, M. y Solanke, K.R. 2017. Organic mulching: a water saving technique to increase the production of fruits and vegetables. *Current Agriculture Research Journal*, 5(3): 371–380.

23. Abouziena, H.F. y Haggag, W.M. 2016. Weed control in clean agriculture: a review. *Planta Daninha*, 34(2): 377–392.

24. Studer, R. y Liniger, H. 2013. *Water harvesting: guidelines to good practice*. Bern, Amsterdam, Wageningen y Roma, Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente (CDE), Rainwater Harvesting Implementation Network (RAIN), MetaMeta, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).

25. FAO y Earthscan. 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Managing systems at risk*. Roma, FAO, and London, Earthscan. 309 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i1688e.pdf).

REFERENCIAS

26. Bouma, J.A., Hegde, S.S. y Lasage, R. 2016. Assessing the returns to water harvesting: a meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 163: 100–109.
27. FAO. 2000. *Los pequeños estanques: grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces*. Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/x7156s/x7156s00.htm#TopOfPage).
28. FAO. 2004. *Agro-acuicultura integrada: Manual Básico*. FAO documento técnico de pesca 407. Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/y1187s/y1187s00.htm#TopOfPage).
29. Shrestha, M.K. y Pant, J., eds. 2012. *Small-scale Aquaculture for Rural Livelihoods: Proceedings of The National Symposium on Small-scale Aquaculture for Increasing Resilience of Rural Livelihoods in Nepal*. Chitwan, Nepal and Penang, Malaysia, Institute of Agriculture and Animal Science, Tribhuvan University, Rampur and WorldFish Center.
30. Tekle, K. 2018. Household level rainwater harvesting in the drylands of northern Ethiopia: its role for food and nutrition security. *AgriFoSe2030 Report No. 11*. Mekelle, Etiopía, Agriculture for Food Security 2030.
31. Moges, G., Hengsdijk, H. y Jansen, H.C. 2011. Review and quantitative assessment of ex situ household rainwater harvesting systems in Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 98(8): 1215–1227.
32. FAO. 2018. *One million cisterns for the Sahel initiative*. Roma. 2 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca0882en/ca0882en.pdf).
33. Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. y Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4): 528–535.
34. Wisser, D., Froliking, S., Douglas, E.M., Fekete, B.M., Schumann, A.H. y Vörösmarty, C.J. 2010. The significance of local water resources captured in small reservoirs for crop production – a global-scale analysis. *Journal of Hydrology*, 384(3–4): 264–275.
35. Oweis, T. 1997. *Supplemental irrigation: a highly efficient water-use practice*. Aleppo, Syrian Arab Republic, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
36. Giordano, M., De Fraiture, C., Weight, E. y van der Bliek, J. 2012. *Water for wealth and food security: supporting farmer-driven investments in agricultural water management*. Synthesis report of the AgWater Solutions Project. Colombo, IWMI.
37. Kahinda, J.M., Rockström, J., Taigbenu, A.E. y Dimes, J. 2007. Rainwater harvesting to enhance water productivity of rainfed agriculture in the semi-arid Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 32(15–18): 1068–1073.
38. Rost, S., Gerten, D., Hoff, H., Lucht, W., Falkenmark, M. y Rockström, J. 2009. Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture. *Environmental Research Letters*, 4(4): 044002 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/4/4/044002>.
39. Jägermeyr, J., Gerten, D., Schaphoff, S., Heinke, J., Lucht, W. y Rockström, J. 2016. Integrated crop water management might sustainably halve the global food gap. *Environmental Research Letters*, 11(2): 025002 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/2/025002>.
40. Magombeyi, M.S., Taigbenu, A.E. y Barron, J. 2018. Effectiveness of agricultural water management technologies on rainfed cereals crop yield and runoff in semi-arid catchment: a meta-analysis. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(4–5): 418–441.
41. Abera, W., Tamene, L., Tibebe, D., Adimassu, Z., Kassa, H., Hailu, H., Mekonnen, K., Desta, G., Sommer, R. y Verchot, L. 2020. Characterizing and evaluating the impacts of national land restoration initiatives on ecosystem services in Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 31(1): 37–52.
42. Piemontese, L., Castelli, G., Fetzer, I., Barron, J., Liniger, H., Harari, N., Bresci, E. y Jaramillo, F. 2020. Estimating the global potential of water harvesting from successful case studies. *Global Environmental Change*, 63: 102121 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378020307044>.
43. Adimassu, Z., Langan, S. y Barron, J. 2018. Highlights of soil and water conservation investments in four regions of Ethiopia. Colombo, IWMI.

44. FAO. 2018. *El futuro de la alimentación y la agricultura – Vías alternativas hacia el 2050*. [versión reducida: www.fao.org/3/CA1552ES/ca1552es.pdf].
45. Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5): 1577–1600.
46. FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2019. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía*. Roma, FAO. [Disponible también en www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf].
47. Zwart, S.J. y Bastiaanssen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2): 115–133.
48. Sadras, V., Grassini, P. y Steduto, P. 2012. *Status of water use efficiency of main crops. The state of the world's land and water resources*. SOLAW Background Thematic Report No. 7. Roma, FAO. 45 páginas. [Disponible también en www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_07_web.pdf].
49. Hatfield, J.L., Sauer, T.J. y Prueger, J.H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. *Agronomy Journal*, 93(2): 271–280.
50. Mekonnen, M.M. y Neale, C.M.U. 2020. Closing the water productivity gaps of crop and livestock products: a global analysis. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Lincoln, EE.UU., Robert B. Daugherty Water for Food Global Institute, University of Nebraska-Lincoln.
51. Pradhan, P., Fischer, G., van Velthuisen, H., Reusser, D.E. y Kropp, J.P. 2015. Closing yield gaps: how sustainable can we be? *PLOS ONE*, 10(6): e0129487 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0129487>.
52. Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: an indicator-based report. EEA Report No. 1. Copenhagen.
53. Amosson, S., Almas, L., Girase, J., Kenny, N., Guerrero, B., Vimlesh, K. y Marek, T. 2011. Economics of irrigation systems. College Station, USA, Texas A&M AgrilIFE Extension Service.
54. Bjorneberg, D.L. 2013. *Irrigation: methods. Reference Modules in Earth Systems and Environmental Sciences* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/1568/1/1524.pdf>.
55. Osewe, M., Liu, A. y Njagi, T. 2020. Farmer-led irrigation and its impacts on smallholder farmers' crop income: evidence from southern Tanzania. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5): 1512.
56. Burney, J.A., Naylor, R.L. y Postel, S.L. 2013. The case for distributed irrigation as a development priority in sub-Saharan Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(31): 12513–12517.
57. van Koppen, B.C.P., Namara, R. y Safilios-Rothschild, C. 2005. Reducing poverty through investments in agricultural water management: poverty and gender issues and synthesis of sub-Saharan Africa case study reports. Documento de trabajo del IWMI n.º 101. Colombo, IWMI.
58. You, L., Ringler, C., Wood-Sichra, U., Robertson, R., Wood, S., Zhu, T., Nelson, G., Guo, Z. y Sun, Y. 2011. What is the irrigation potential for Africa? A combined biophysical and socioeconomic approach. *Food Policy*, 36(6): 770–782.
59. Tatalovic, M. 2009. Irrigation reform needed in Asia. En: *Nature* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.1038/news.2009.826>.
60. Facon, T. 2012. Forty years of irrigation and drainage system performance. Documento presentado en el *Asian Irrigation Forum*, 11 de abril de 2012, Manila.
61. FAO. 1989. *Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 45. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/T0231E/T0231E00.htm].
62. Brouwer, C., Prins, K., Kay, M. y Heibloem, M. 1988. Irrigation methods. Irrigation Water Management Training Manual No. 5. Roma, FAO. [Disponible también en www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual5.pdf].

REFERENCIAS

63. Goyal, M.R., Panigrahi, B. y Panda, S.N., eds. 2017. *Micro irrigation scheduling and practices*. Innovations and Challenges in Micro Irrigation. Oakville, Canada, Apple Academic Press.
64. Reich, D., Godin, R., Chávez, J.L. y Broner, I. 2014. Subsurface drip irrigation (SDI). Crop Series | Irrigation Fact Sheet 4.716. Fort Collins, USA, Colorado State University.
65. FAO. 2011. *Ahorrar para crecer - Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i2215s.pdf].
66. FAO. 2017. *Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence*. Cairo. 54 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i7090EN/i7090en.pdf].
67. Geerts, S. y Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, 96(9): 1275–1284.
68. Fereres, E. y Soriano, M.A. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 147–159.
69. Banco Mundial. 2010. *World Development Report 2010. Development and climate change*. Washington, D.C.
70. Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G. y Burt, C.M. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(11): 1517–1524.
71. Fernández García, I., Rodríguez Díaz, J.A., Camacho Poyato, E., Montesinos, P. y Berbel, J. 2014. Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts. *Agricultural Systems*, 131: 56–63.
72. Berbel, J., Gutiérrez-Martín, C., Rodríguez-Díaz, J.A., Camacho, E. y Montesinos, P. 2015. Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study. *Water Resources Management*, 29(3): 663–678.
73. Díaz, J.A.R., Urrestarazu, L.P., Poyato, E.C. y Montesinos, P. 2012. Modernizing water distribution networks: lessons from the Bembézar MD Irrigation District, Spain. *Outlook on Agriculture*, 41(4): 229–236.
74. Giordano, M., Turrall, H., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O. y McCormick, P.G. 2017. Beyond ‘more crop per drop’: evolving thinking on agricultural water productivity. IWMI Research Report No. 169. Colombo, IWMI.
75. Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H. y Gerten, D. 2017. Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. *Nature Communications*, 8(1): 15900.
76. Grafton, R.Q., Williams, J., Perry, C.J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S.A., Wang, Y., Garrick, D. y Allen, R.G. 2018. The paradox of irrigation efficiency. *Science*, 361(6404): 748–750.
77. Umair, M., Hussain, T., Jiang, H., Ahmad, A., Yao, J., Qi, Y., Zhang, Y., Min, L. y Shen, Y. 2019. Water-saving potential of subsurface drip irrigation for winter wheat. *Sustainability*, 11(10): 2978.
78. Parthasarathi, T., Vanitha, K., Mohandass, S. y Vered, E. 2018. Evaluation of drip irrigation system for water productivity and yield of rice. *Agronomy Journal*, 110(6): 2378–2389.
79. Pawar, N., Bishnoi, D.K., Singh, M. y Dhillon, A. 2015. Comparative economic analysis of drip irrigation vis-à-vis flood irrigation system on productivity of Bt. cotton in Haryana. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*, 35(4): 300–303.
80. Ayars, J.E., Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Davis, K.R., Schoneman, R.A., Vail, S.S. y Mead, R.M. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42(1): 1–27.
81. Hanson, B. y May, D. 2004. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural Water Management*, 68(1): 1–17.
82. Luhach, M.S., Khatkar, R.K., Singh, V.K. y Khatry, R.S. 2004. Economic analysis of sprinkler and drip irrigation technology in Haryana. *Agricultural Economics Research Review*, 17: 107–113.
83. de Wit, C.T. 1992. Resource use efficiency in agriculture. *Agricultural Systems*, 40(1–3): 125–151.

84. Sadras, V.O. 2004. Yield and water-use efficiency of water- and nitrogen-stressed wheat crops increase with degree of co-limitation. *European Journal of Agronomy*, 21(4): 455–464.
85. Fereres, E., Orgaz, F., Gonzalez-Dugo, V., Testi, L. y Villalobos, F.J. 2014. Balancing crop yield and water productivity tradeoffs in herbaceous and woody crops. *Functional Plant Biology*, 41(11): 1009.
86. Passioura, J.B. y Angus, J.F. 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 106: 37–75.
87. Ritchie, J.T. y Basso, B. 2008. Water use efficiency is not constant when crop water supply is adequate or fixed: the role of agronomic management. *European Journal of Agronomy*, 28(3): 273–281.
88. Sadras, V.O. y Angus, J.F. 2006. Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(8): 847.
89. Grassini, P., Yang, H., Irmak, S., Thorburn, J., Burr, C. y Cassman, K.G. 2011. High-yield irrigated maize in the western US corn belt: II. Irrigation management and crop water productivity. *Field Crops Research*, 120(1): 133–141.
90. Barbieri, P., Echarte, L., Della Maggiora, A., Sadras, V.O., Echeverria, H. y Andrade, F.H. 2012. Maize evapotranspiration and water-use efficiency in response to row spacing. *Agronomy Journal*, 104(4): 939–944.
91. Van Dam, J.C., Singh, R., Bessembinder, J.J.E., Leffelaar, P.A., Bastiaanssen, W.G.M., Jhorar, R.K., Kroes, J.G. y Droogers, P. 2006. Assessing options to increase water productivity in irrigated river basins using remote sensing and modelling tools. *International Journal of Water Resources Development*, 22(1): 115–133.
92. FAO. 2020. Agricultura de conservación. [Consultado el 1 de agosto de 2020]. www.fao.org/conservation-agriculture/es/.
93. Kassam, A., Friedrich, T. y Derpsch, R. 2019. Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1): 29–51.
94. Li, H., He, J., Bharucha, Z.P., Lal, R. y Pretty, J. 2016. Improving China's food and environmental security with conservation agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 14(4): 377–391.
95. Sapkota, T.B., Jat, M.L., Aryal, J.P., Jat, R.K. y Khatri-Chhetri, A. 2015. Climate change adaptation, greenhouse gas mitigation and economic profitability of conservation agriculture: some examples from cereal systems of Indo-Gangetic Plains. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(8): 1524–1533.
96. Lampurlanés, J., Plaza-Bonilla, D., Álvaro-Fuentes, J. y Cantero-Martínez, C. 2016. Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*, 189: 59–67.
97. Bottinelli, N., Angers, D.A., Hallaire, V., Michot, D., Le Guillou, C., Cluzeau, D., Heddad, D. y Menasseri-Aubry, S. 2017. Tillage and fertilization practices affect soil aggregate stability in a humic cambisol of northwest France. *Soil and Tillage Research*, 170: 14–17.
98. Shao, Y., Xie, Y., Wang, C., Yue, J., Yao, Y., Li, X., Liu, W., Zhu, Y. y Guo, T. 2016. Effects of different soil conservation tillage approaches on soil nutrients, water use and wheat-maize yield in rainfed dry-land regions of North China. *European Journal of Agronomy*, 81: 37–45.
99. Peiretti, R. y Dumanski, J. 2014. The transformation of agriculture in Argentina through soil conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(1): 14–20.
100. Yang, Y., Ding, J., Zhang, Y., Wu, J., Zhang, J., Pan, X., Gao, C., Wang, Y. y He, F. 2018. Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management*, 201: 299–308.
101. FAO. 2010. *An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: the way forward for sustainable production intensification*. Integrated Crop Management. Vol. 13. Roma. 75 páginas. [Disponible también en www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/images/iclsd/documents/crop_livestock_proceedings.pdf].
102. Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquist, B.A., van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T. y van Kessel, C. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517(7534): 365–368.

REFERENCIAS

103. Duncan, A.J., Bachewe, F., Mekonnen, K., Valbuena, D., Rachier, G., Lule, D., Bahta, M. y Erenstein, O. 2016. Crop residue allocation to livestock feed, soil improvement and other uses along a productivity gradient in Eastern Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 228: 101–110.
104. Valbuena, D., Erenstein, O., Homann-Kee Tui, S., Abdoulaye, T., Claessens, L., Duncan, A.J., Gérard, B., Rufino, M.C., Teufel, N., van Rooyen, A. y van Wijk, M.T. 2012. Conservation agriculture in mixed crop–livestock systems: scoping crop residue trade-offs in sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Research*, 132: 175–184.
105. Erenstein, O. 2011. Cropping systems and crop residue management in the Trans-Gangetic Plains: issues and challenges for conservation agriculture from village surveys. *Agricultural Systems*, 104(1): 54–62.
106. Giller, K.E., Andersson, J.A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O. y Vanlauwe, B. 2015. Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 6: 10 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00870>.
107. FAO. 2012. *Conservation agriculture for climate change mitigation. Highlights from the learning event, September 2012* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.fao.org/climatechange/35145-01475a57da304df922b9ea292fddc29fa.pdf.
108. Batchelor, C. y Schnetzer, J. 2018. *Compendium on climate-smart irrigation: concepts, evidence and options for a climate-smart approach to improving the performance of irrigated cropping systems*. Roma, Alianza mundial para una agricultura climáticamente inteligente (GACSA).
109. Rosegrant, M. 2020. Water management for sustainable irrigated and rainfed agriculture: opportunities, challenges, impacts and the way forward. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Washington, D.C.
110. Lemoalle, J. 2008. Water productivity of aquatic systems. Final report for the project: Improved Fisheries Productivity and Management in Tropical Reservoirs. Penang, Malaysia, Challenge Program on Water and Food and WorldFish Center.
111. Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3): 401–415.
112. FAO. 2020. FAOSTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/faostat/es/#home.
113. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2020. Nutrient Data Laboratory. En: *USDA National Agricultural Library - Food and Nutrition Information Center* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.nal.usda.gov/fnic/usda-nutrient-data-laboratory.
114. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2019. Summary for policymakers. In P. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H. Pörtner, D. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi y J. Malley, eds. *Climate change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, págs. 1–36. Ginebra.
115. FAO. 2019. *Water use in livestock production systems and supply chains – guidelines for assessment (Version 1)*. Roma, Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP). 126 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca5685en/ca5685en.pdf].
116. FAO. 2016. *Climate change and food security: risks and responses*. Roma. 106 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5188e.pdf].
117. Directrices de emergencia para el sector ganadero. 2014. *Livestock Emergency Guidelines and Standards (LEGS)*. Segunda edición. Rugby, Reino Unido, Practical Action Publishing.
118. FAO. 2006. *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/a-a0701s.pdf].
119. Descheemaeker, K., Amede, T. y Haileslassie, A. 2010. Improving water productivity in mixed crop–livestock farming systems of sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management*, 97(5): 579–586.
120. Palhares, J.C.P. 2014. Pegada hídrica de suínos e o impacto de estratégias nutricionais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(5): 533–538.

121. Krauß, M., Kraatz, S., Drastig, K. y Prochnow, A. 2015. The influence of dairy management strategies on water productivity of milk production. *Agricultural Water Management*, 147: 175–186.
122. Hailelassie, A., Peden, D., Gebreselassie, S., Amede, T. y Descheemaeker, K. 2009. Livestock water productivity in mixed crop–livestock farming systems of the Blue Nile Basin: assessing variability and prospects for improvement. *Agricultural Systems*, 102[1–3]: 33–40.
123. Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Alemania, Secretaría de la IPBES.
124. Rao, M.S., Batchelor, C.H., James, A.J., Nagaraja, R., Seeley, J. y Butterworth, J.A. 2003. *Andhra Pradesh rural livelihoods programme water audit report*. Hyderabad, India, APRLP.
125. Garg, K.K., Karlberg, L., Barron, J., Wani, S.P. y Rockstrom, J. 2012. Assessing impacts of agricultural water interventions in the Kothapally watershed, Southern India. *Hydrological Processes*, 26[3]: 387–404.
126. Glendenning, C.J., van Ogtrop, F.F., Mishra, A.K. y Vervoort, R.W. 2012. Balancing watershed and local scale impacts of rain water harvesting in India—a review. *Agricultural Water Management*, 107: 1–13.
127. Searchinger, T., Adhya, T., Linquist, B., Wassmann, R. y Yan, X. 2014. *Wetting and drying: reducing greenhouse gas emissions and saving water from rice production*. Creating a Sustainable Food Future Installment No. 8. Washington, D.C., World Resources Institute.
128. Meijide, A., Gruening, C., Goded, I., Seufert, G. y Cescatti, A. 2017. Water management reduces greenhouse gas emissions in a Mediterranean rice paddy field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 238: 168–178.
129. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP)/ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>.
130. FAO. 2009. *Los bosques y el agua*. Estudio FAO: Montes 155. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/i0410s/i0410s00.htm].
131. FAO. 2018. *Unasylva: bosques y ciudades sostenibles*. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/i8707es/i8707ES.pdf].
132. Boonsong, K., Piyatiratitivorakul, S. y Patanaponpaiboon, P. 2003. Potential use of mangrove plantation as constructed wetland for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 48[5]: 257–266.
133. Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, T., Tol, S. y van Eijk, P. 2014. *Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers*. Wetlands International and The Nature Conservancy.
134. Ouyang, X. y Guo, F. 2016. Paradigms of mangroves in treatment of anthropogenic wastewater pollution. *Science of The Total Environment*, 544: 971–979.
135. Berry, P., Yassin, F., Belcher, K. y Lindenschmidt, K.-E. 2017. An economic assessment of local farm multi-purpose surface water retention systems under future climate uncertainty. *Sustainability*, 9[3]: 456.
136. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Programa ecológico del Caribe [CEP]. 1994. *Guidelines for sediment control practices in the Insular Caribbean*. CEP Technical Report No. 32. Kingston, PNUMA y CEP.
137. Joshi, P.K., Jha, A.K., Wani, S.P., Sreedevi, T.K. y Shaheen, F.A. 2008. *Impact of watershed program and conditions for success: a meta-analysis approach*. Global Theme on Agroecosystems Report No. 46. Patancheru, India, ICRIASAT. 24 páginas.
138. Liu, Y., Engel, B.A., Flanagan, D.C., Gitau, M.W., McMillan, S.K. y Chaubey, I. 2017. A review on effectiveness of best management practices in improving hydrology and water quality: needs and opportunities. *Science of The Total Environment*, 601–602: 580–593.
139. Myint, M.M. y Westerberg, V. 2015. *An economic valuation of a large-scale rangeland restoration project through the Hima system in Jordan*. Nairobi, International Union for Conservation of Nature.
140. Ran, L., Lu, X. y Xu, J. 2013. Effects of vegetation restoration on soil conservation and sediment loads in China: a critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43[13]: 1384–1415.

REFERENCIAS

141. Senkondo, W., Tumbo, M. y Lyon, S. 2018. On the evolution of hydrological modelling for water resources in Eastern Africa. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 13(028): 1–26.
142. Xie, H. y Ringler, C. 2017. Agricultural nutrient loadings to the freshwater environment: the role of climate change and socioeconomic change. *Environmental Research Letters*, 12(10): 104008 [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa8148>.
143. Gregory, R., Funge-Smith, S.J. y Baumgartner, L. 2018. *An ecosystem approach to promote the integration and coexistence of fisheries within irrigation systems*. Circular de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1169. Roma, FAO. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 62 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/CA2675EN/ca2675en.pdf).
144. FAO. 2020. AQUASTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/nt/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es.
145. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>.
146. International Desalination Association (IDA). 2019. *IDA Water Security Handbook 2019–2020*. Topsfield, EE.UU.
147. FAO. 2013. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Informe sobre Temas Hídricos n.º 35. Roma. 142 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i1629s.pdf).
148. Jaramillo, M.F. y Restrepo, I. 2017. Wastewater reuse in agriculture: a review about its limitations and benefits. *Sustainability*, 9(10): 1734.
149. ESPON, Interact, Interreg Europe y URBACT. 2016. *Pathways to a circular economy in cities and regions: a policy brief addressed to policy makers from European cities and regions*. Lille, France.
150. Neczaj, E. y Grosser, A. 2018. Circular economy in wastewater treatment plant – challenges and barriers. *Proceedings*, 2(11): 614.
151. Oficina Estadística de la Unión Europea. 2019. Sewage sludge production and disposal. En: *EUROSTAT* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020].
152. FAO. *Simposio internacional sobre el uso de aguas no convencionales para lograr la seguridad alimentaria*. www.fao.org/3/ca7124es/ca7124es.pdf.
153. Kumar, M., Culp, T. y Shen, Y. 2017. Water desalination history, advances, and challenges. *Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2016 Symposium*, págs. 55–68. Washington, D.C., National Academies Press.
154. Voutchkov, N., Kaiser, G., Stover, R., Lienhart, J. y Awerbuch, L. 2019. *Sustainable management of desalination plant concentrate*. Desalination industry position paper. Topsfield, EE.UU., Energy and Environment Committee of the International Desalination Association (IDA).
155. Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M.T.H., Smakhtin, V. y Kang, S. 2019. The state of desalination and brine production: a global outlook. *Science of The Total Environment*, 657: 1343–1356.
156. Martínez Beltrán, J. y Koo-Oshima, S. 2006. *Water desalination for agricultural applications. Proceedings of the FAO expert consultation on water desalination for agricultural applications, 26–27 April 2004, Rome*. Documento de debate sobre tierras y agua n.º 5. Roma, FAO. 55 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-a0494e.pdf).
157. Morillo, J., Usero, J., Rosado, D., El Bakouri, H., Riaza, A. y Bernaola, F.-J. 2014. Comparative study of brine management technologies for desalination plants. *Desalination*, 336: 32–49.
158. Ward, C. y Debele, B. 2019. *The role of desalination in an increasingly water-scarce world*. Documento técnico. Washington, D.C., Banco Mundial. (Disponible también en <http://documents.worldbank.org/curated/en/476041552622967264/The-Role-of-Desalination-in-an-Increasingly-Water-Scarce-World-Technical-Paper>).
159. Wittholz, M.K., O'Neill, B.K., Colby, C.B. y Lewis, D. 2008. Estimating the cost of desalination plants using a cost database. *Desalination*, 229(1–3): 10–20.

160. Ghaffour, N., Missimer, T.M. y Amy, G.L. 2013. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*, 309: 197–207.

161. Yermiyahu, U., Tal, A., Ben-Gal, A., Bar-Tal, A., Tarchitzky, J. y Lahav, O. 2007. Rethinking desalinated water quality and agriculture. *Science*, 318(5852): 920–921.

162. Dévora-Isiordia, G.E., Martínez-Macías, M. del R., Correa-Murrieta, M.A., Álvarez-Sánchez, J. y Fimbres-Weihs, G.A. 2018. Using desalination to improve agricultural yields: success cases in Mexico. En: M. Eyvaz y E. Yüksel, eds. *Desalination and Water Treatment*, págs. 3–16. InTech.

163. Banco Mundial. 2017. *ICT in agriculture: connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions*. Washington, D.C., Banco Mundial Group.

164. National Research Council. 1997. *Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management*. Washington, D.C., National Academies Press.

165. Dargie, W. y Zimmerling, M. 2007. Wireless sensor networks in the context of developing countries. Paper presented at the 3rd IFIP World Information Technology Forum. Addis Ababa.

166. AKVA Group. 2019. Sistemas de alimentación: AKVASMART CCS iguala el apetito del pez. www.akvagroup.com/cultivos-en-jaulas-flotantes/sistemas-de-alimentaci%C3%B3n.

167. FAO. 2019. WaPOR, remote sensing for water productivity. En: FAO [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <https://wapor.apps.fao.org/home/1>.

168. Digital Green. 2020. India. En: *Digital Green* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.digitalgreen.org/india/.

169. FAO. 2019. *Using remote sensing in support of solutions to reduce agricultural water productivity gaps* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/ca5372en/ca5372en.pdf.

170. FAO. 2019. WaPOR: Gross Biomass Water Productivity 2019. Roma.

171. FAO. 2017. *Boletín de acuicultura de la FAO n.º 56*. Roma. 66 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i7171e.pdf].

172. FAO. 2019. *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2017 / FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2017 / FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2017*. Roma. 109 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca5495t/CA5495T.pdf].

173. FAO. 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Disponible también en www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf].

174. Bregnballe, J. 2015. *A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Roma y Copenhagen, FAO y EUROFISH International Organisation. 95 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i4626e.pdf].

175. Corner, R., Fersoy, H. y Crespi, V. 2020. *Integrated agri-aquaculture in desert and arid lands: learning from case studies from Algeria, Egypt and Oman*. Circular de Pesca y Acuicultura n.º 1195. Cairo, FAO. 163 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca8610en/CA8610EN.pdf].

176. Chopin, T. y Robinson, S. 2004. Defining the appropriate regulatory and policy framework for the development of integrated multi-trophic aquaculture practices: introduction to the workshop and positioning of the issues. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 104(3): 4–10.

177. Lin, Y.-F., Jing, S.-R., Lee, D.-Y. y Wang, T.-W. 2002. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. *Aquaculture*, 209(1–4): 169–184.

178. FAO. 2016. *Report of the FAO technical workshop on advancing aquaponics: an efficient use of limited resources, Osimo, Italy, 27-30 October 2015*. Informe de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1132. Roma. 66 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5337e.pdf].

179. FAO. 2014. *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 589. Roma. 262 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i4021e.pdf].

REFERENCIAS

180. Soliman, N.F. 2017. *Aquaculture in Egypt under changing climate: challenges and opportunities*. Documento de trabajo n.º 4. Alexandria, Egypt, Alexandria Research Center for Adaptation to Climate Change (ARCA). [Disponible también en <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.18235.21284>].
181. FAO. 2015. *Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity*. Roma. 77 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5175e.pdf].
182. Sumner, M. y Naidu, R., eds. 1998. Sodic soils: distribution, properties, management, and environmental consequences. *Sodic Soils, The World Scene*, págs. 19–34. Oxford University Press.
183. Yao, Z., Lai, Q., Hao, Z., Chen, L., Lin, T., Zhou, K. y Wang, H. 2015. Carbonic anhydrase 2-like and Na⁺-K⁺-ATPase α gene expression in medaka (*Oryzias latipes*) under carbonate alkalinity stress. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41(6): 1491–1500.
184. FAO. 2020. El Manejo de suelos afectados por salinidad. [Consultado el 8 de agosto de 2020] www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/.
185. Allan, G.L., Fielder, D.S., Fitzsimmons, K.M., Applebaum, S.L. y Raizada, S. 2009. Inland saline aquaculture. *New Technologies in Aquaculture*, págs. 1119–1147. Elsevier. [Disponible también en <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845693848500361>].
186. FAO. 1996. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Documento Técnico de Pesca de la FAO n.º 361. Roma. 295 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-w3732e.pdf].
187. Love, D.C., Fry, J.P., Genello, L., Hill, E.S., Frederick, J.A., Li, X. y Semmens, K. 2014. An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS ONE*, 9(7): e102662 [en línea]. [Consultado el 22 de mayo de 2020]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102662>.
188. FAO. 2019. *Report of the special session on advancing integrated agriculture aquaculture through agroecology: Montpellier, 25 August 2018*. Informe de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1286. Roma. 262 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca7209en/ca7209en.pdf].
189. FAO. 2017. *WASAG: The global framework on water scarcity in agriculture* [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-i5604e.pdf.
190. Halwart, M. y van Dam, A.A. 2010. Halwart, M.; Dam, A.A. van (eds). *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial*. Roma, FAO. 2010. 193 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a0444s/a0444s.pdf].
191. Halwart, M. y Gupta, M.V. 2006. *Cultivo de peces en campos de arroz*. Roma, FAO y Centro Mundial de Pesca. 91 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-a0823s.pdf].
192. FAO. 2020. *Boletín de acuicultura de la FAO n.º 61*. Roma. 68 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca8302en/ca8302en.pdf].
193. FAO. 2005. Rice fish culture, China. En: FAO [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. www.fao.org/giahs/giahsaroundtheworld/designated-sites/asia-and-the-pacific/rice-fish-culture/en/.
194. Jones, R. 2017. *Aquaculture could feed the world and protect the planet - if we get it right* [en línea]. www.weforum.org/agenda/2017/10/how-aquaculture-can-feed-the-world-and-save-the-planet-at-the-same-time/.

CAPÍTULO 4

1. Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE). 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. 2015. [Disponible también en www.fao.org/3/a-v045s.pdf].
2. Gregory, R., Funge-Smith, S.J. y Baumgartner, L. 2018. *An ecosystem approach to promote the integration and coexistence of fisheries within irrigation systems*. Circular de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1169. Roma, FAO. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 62 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/CA2675EN/ca2675en.pdf].

3. Harrod, C., Simmance, F., Funge-Smith, S. y Valbo-Jørgensen, J. 2018. Options and opportunities for supporting inland fisheries to cope with climate change adaptation in other sectors. In M. Barange, T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain, eds. *Impactos del cambio climático en la pesca y la acuicultura: Síntesis de los conocimientos y las opciones de adaptación y mitigación actuales*. Resumen del Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 627. Roma. 48 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca0356es/CA0356ES.pdf).

4. FAO. 2016. *Coping with water scarcity – The role of agriculture Phase III: Strengthening national capacities*. Jordan. Roma. 32 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i5400e.pdf).

5. FAO. 2014. *Gobernanza del agua en favor de la agricultura y la seguridad alimentaria*. Comité de Agricultura, 24.º período de sesiones, Roma, 29 de septiembre – 3 de octubre de 2014 (COAG/2014/6). www.fao.org/3/a-mk967s.pdf.

6. Groundwater Governance. 2019. About the project. En: *Groundwater Governance - A Global Framework for Action* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.groundwatergovernance.org/about-the-project/en/.

7. Water Governance Facility. 2020. About the Water Governance Facility. En: *Water Governance Facility* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.watgovernance.org/about-us/.

8. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2020. The OECD Water Governance Initiative. En: OCDE [en línea]. www.oecd.org/regional/watergovernanceprogramme.htm.

9. FAO. 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf).

10. FAO. 2016. *Exploring the concept of water tenure*. Documento de debate sobre tierras y agua n.º 10. Roma. 89 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i5435e.pdf).

11. Batchelor, C., Hoogeveen, J., Faurès, J.M. y Peiser, L. 2017. *Water accounting and auditing: a sourcebook*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 43. Roma, FAO. 234 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i5923e.pdf).

12. Ariyama, J., Batchelor, C. y Vallée, D. 2020. Eight country rapid water accounting reports prepared in the context of the SIDA funded project “Implementing the 2030 agenda on water efficiency, productivity and sustainability in the NENA region”. Cairo, FAO.

13. Rosegrant, M. 2019. *From scarcity to security: managing water for a nutritious food future*. Chicago, USA, Chicago Council on Global Affairs.

14. Pingali, P.L. y Rosegrant, M.W. 2001. Intensive food systems in Asia: can the degradation problems be reversed? In D.R. Lee y C.B. Barrett, eds. *Tradeoffs or synergies? Agricultural intensification, economic development and the environment*, págs. 383–397. Wallingford, Reino Unido, CAB. 560 páginas.

15. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. *Drying wells, rising stakes: towards sustainable agricultural groundwater use*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París.

16. Bureau of Reclamation. 2015. Reclamation announces initial water supply allocation for central valley project. En: *News Release Archive* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.usbr.gov/newsroom/newsrelease/detail.cfm?RecordID=48986.

17. Valbo-Jørgensen, J., Marmulla, G. y Welcomme, R.L. 2008. Migratory fish stocks in transboundary basins — implications for governance, management and research. In V. Lagutov, ed. *Rescue of Sturgeon Species in the Ural River Basin*, págs. 61–86. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Dordrecht, Países Bajos, Springer. 351 páginas.

18. Bojic, D. y Vallée, D. 2019. Managing complexity for sustainability: experience from governance of water-food-energy nexus. Documento presentado en el Tercer foro mundial de irrigación, 1 de septiembre de 2019, Bali, Indonesia.

19. Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) Hassan II. En prensa. Analysis of water productivity in Berrechid region, contribution to the FAO project “Implementing the 2030 agenda for efficiency, productivity and sustainability in the NENA region”.

20. FAO. 2006. *Modernos derechos al agua. Teoría y práctica*. FAO Estudio legislativo 92. Roma. (Disponible también en http://www.fao.org/nr/wman/abst/wman_071101_es.htm).

REFERENCIAS

21. Lachman, B., Resetar, S., Kalra, N., Schaefer, A. y Curtright, A. 2016. Water market mechanisms. *Water Management, Partnerships, Rights, and Market Trends*, págs. 127–188. Santa Monica, EE.UU., RAND Corporation.
22. Easter, K.W. y Huang, Q., eds. 2014. *Water markets for the 21st century: what have we learned?* Global Issues in Water Policy. Países Bajos, Springer.
23. Rosegrant, M.W. y Binswanger, H.P. 1994. Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation. *World Development*, 22(11): 1613–1625.
24. FAO. 2002. *Tenencia de la tierra y desarrollo rural*. FAO Estudios sobre tenencia de la tierra 3. Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/a-y4307s.pdf).
25. Rosegrant, M. 2016. Challenges and policies for global water and food security. *Economic Review: Special Issue 2016: Agriculture's Water Economy*.
26. FAO. 2012. *Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional*. Roma. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i2801s.pdf).
27. Young, M. 2015. *Unbundling water rights: a blueprint for development of robust water allocation systems in the Western United States*. NI R 15-01. Durham, USA, Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions.
28. Ravnborg, H.M. 2016. Water governance reform in the context of inequality: securing rights or legitimizing dispossession? *Water International*, 41(6): 928–943.
29. Rosegrant, M.W., Ringler, C. y Zhu, T. 2009. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1): 205–222.
30. Morgera, E., Webster, E., Hamley, G., Sindico, F., Robbie, J., Switzer, S., Berger, T., Silva Sánchez, P., Lennan, M., Martin-Nagle, R., Tsioumani, E., Moynihan, R. y Zydek, A. 2020. *The right to water for food and agriculture*. Roma, FAO. 143 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca8248en/CA8248EN.pdf).
31. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). 2019. *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>.
32. Marino, M. y Kemper, K. 1999. *Institutional frameworks in successful water markets - Brazil, Spain, and Colorado, USA*. Documento Técnico n.º 427. Washington, D.C., Banco Mundial.
33. Debaere, P. y Li, T. 2017. The effects of water markets: evidence from the Rio Grande. Documento preparado para su presentación en el “Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting”, Chicago, Illinois, 30 de julio - 1 de agosto de 2017. University of Virginia.
34. Libecap, G., Cole, D. y Ostrom, E. 2012. Water rights and markets in the U.S. semi-arid West: efficiency and equity issues. En: D.H. Cole y E. Ostrom, eds. *Property in land and other resources*, págs. 389–411. Cambridge, USA, Lincoln Institute. 492 páginas.
35. Gobierno de Australia. 2019. *Australian Water Markets Report 2017–18: National overview section*. Melbourne, Australia, Bureau of Meteorology.
36. Boelens, R. y Vos, J. 2012. The danger of naturalizing water policy concepts: water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, 108: 16–26.
37. Hearne, R. y Donoso, G. 2014. Water markets in Chile: are they meeting needs? En: K.W. Easter y Q. Huang, eds. *Water Markets for the 21st Century*, págs. 103–126. Global Issues in Water Policy. Dordrecht, Netherlands, Springer. 359 páginas.
38. Hadjigeorgalis, E. y Lillywhite, J. 2004. The impact of institutional constraints on the Limarí River Valley water market: constraints on the water market. *Water Resources Research*, 40(5) [en línea]. [Consultado el 8 de agosto de 2020]. <http://doi.wiley.com/10.1029/2003WR002701>.
39. Young, M. 2014. Trading into trouble? Lessons from Australia's mistakes in water policy reform sequencing. En: K.W. Easter y Q. Huang, eds. *Water Markets for the 21st Century*, págs. 203–214. Global Issues in Water Policy. Dordrecht, Netherlands, Springer. 359 páginas. (Disponible también en http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-9081-9_11).

40. Grafton, R.Q. 2019. Policy review of water reform in the Murray-Darling Basin, Australia: the "do's" and "do's nots". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 63(1): 116–141.
41. Molle, F. y Closas, A. 2017. Groundwater Governance: A synthesis. Groundwater Governance in the Arab World Report No. 6. Colombo, IWMI y USAID.
42. Saleth, R.M. 2014. Water markets in India: extent and impact. En: K.W. Easter y Q. Huang, eds. *Water Markets for the 21st Century*, págs. 239–261. Global Issues in Water Policy. Dordrecht, Países Bajos, Springer. 359 páginas.
43. Mukherjee, S. y Biswas, D. 2016. An enquiry into equity impact of groundwater markets in the context of subsidised energy pricing: a case study. *IIM Kozhikode Society & Management Review*, 5(1): 63–73.
44. Manjunatha, A.V., Speelman, S., Chandrakanth, M.G. y Van Huylenbroeck, G. 2011. Impact of groundwater markets in India on water use efficiency: a data envelopment analysis approach. *Journal of Environmental Management*, 92(11): 2924–2929.
45. Wang, J., Zhang, Q., Huang, J. y Rozelle, S. 2014. Assessment of the development of groundwater market in China. En: K.W. Easter y Q. Huang, eds. *Water Markets for the 21st Century: What have we learned?* págs. 263–282. Dordrecht, Netherlands, Springer. 359 páginas.
46. Jianwei, M. 2008. Participants in groundwater markets: who are sellers and who are winners? Fighting poverty through sustainable water use. Paper presented at Proceedings of the CGIAR Challenge Program on Water and Food 2nd International Forum on Water and Food, 2008, Addis Abeba.
47. Babbitt, C., Hall, M. y Hayden, A. 2018. The future of groundwater in California: lessons in sustainable management from across the western U.S. Lincoln, USA, Environmental Defense Fund Daugherty Water for Food Global Institute at the University of Nebraska.
48. Comisión Europea. 2013. The role of water pricing and water allocation in agriculture in delivering sustainable water use in Europe. Final report. Project No. 11589. Bruselas.
49. Dinar, A., Pochat, V. y Albiac-Murillo, J., eds. 2015. *Water pricing experiences and innovations*. Global Issues in Water Policy. Cham, Suiza, Springer International Publishing.
50. Molle, F. y Berkoff, J., eds. 2007. *Irrigation water pricing: the gap between theory and practice*. Wallingford, Reino Unido, CABI.
51. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2018. *Financing water: investing in sustainable growth*. Documentos de políticas sobre el medio ambiente de la OCDE n.º 11. París.
52. Mamitimin, Y., Feike, T. y Doluschitz, R. 2015. Bayesian network modeling to improve water pricing practices in northwest China. *Water*, 7(10): 5617–5637.
53. Rosegrant, M. 2020. Water management for sustainable irrigated and rainfed agriculture: opportunities, challenges, impacts and the way forward. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Washington, D.C.
54. FAO. 2008. *AQUASTAT country profile – Israel* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/ca0341en/CA0341EN.pdf.
55. Weitzman, M.L. 1974. Prices vs. quantities. *The Review of Economic Studies*, 41(4): 477.
56. Burness, H.S. y Quirk, J.P. 1980. Water law, water transfers, and economic efficiency: the Colorado River. *The Journal of Law and Economics*, 23(1): 111–134.
57. Rosegrant, M., Li, M. y Xu, W. 2017. Beyond water markets: second-best water allocation policy. In P. Pingali y G. Feder, eds. *Agriculture and Rural Development in a Globalizing World: challenges and opportunities*, págs. 227–250. Part Three: Community and rural institutions. Chapter 12. Nueva York, EE.UU., Routledge Earthscan.
58. Burness, H.S. y Quirk, J.P. 1979. Appropriative water rights and the efficient allocation of resources. *The American Economic Review*, 69(1): 25–37. (Disponible también en <https://www.jstor.org/stable/1802494>).

REFERENCIAS

59. Molle, F. 2009. Water scarcity, prices and quotas: a review of evidence on irrigation volumetric pricing. *Irrigation and Drainage Systems*, 23(1): 43–58.
60. Tsur, Y. y Dinar, A. 1995. *Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water*. Documento de trabajo de investigación sobre políticas n.º 1460. Washington, D.C., Banco Mundial. 40 páginas.
61. Latinopoulos, P. 2005. Valuation and pricing of irrigation water: an analysis in Greek agricultural areas. *Global NEST Journal*, 7(3): 323–335.
62. Huang, Q., Rozelle, S., Howitt, R., Wang, J. y Huang, J. 2010. Irrigation water demand and implications for water pricing policy in rural China. *Environment and Development Economics*, 15(3): 293–319.
63. Rosegrant, M.W. y Hazell, P.B.R. 2000. *Transforming the rural Asian economy: the unfinished revolution*. Nueva York, USA, Oxford University Press. 512 páginas.
64. Perry, C. 2001. Water at any price? Issues and options in charging for irrigation water. *Irrigation and Drainage*, 50(1): 1–7.
65. Lofgren, H. 1996. *Cost of managing with less: cutting water subsidies and supplies in Egypt's agriculture*. Trade and Microeconomics Division. Documento de debate n.º 7. IFPRI.
66. Brill, E., Hochman, E. y Zilberman, D. 1997. Allocation and pricing at the water district level. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(3): 952–963.
67. Rosegrant, M., Ringler, C. y Rodgers, C. 2005. The water brokerage mechanism – efficient solution for the irrigation sector. Documento presentado en el XII Congreso Mundial sobre el Agua “Water for Sustainable Development - Towards Innovative Solutions”, 2005, Nueva Delhi, India.
68. FAO. 2017. *Community fisheries organizations of Cambodia: sharing processes, results and lessons learned in the context of the implementation of the SSF Guidelines*. Circular de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1138. Roma. 99 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i7206e.pdf).
69. Ostrom, E. 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.
70. Liu, J., Meinzen-Dick, R., Qian, K., Zhang, L. y Jiang, L. 2002. The impact of irrigation management transfer on household production in central China. *China Economic Quarterly*, 17: 465–480.
71. Samad, M. y Vermillion, D.L. 1999. *Assessment of participatory management of irrigation schemes in Sri Lanka: partial reforms, partial benefits*. Colombo, IWMI.
72. Uphoff, N. y Wijayarathna, C.M. 2000. Demonstrated benefits from social capital: the productivity of farmer organizations in Gal Oya, Sri Lanka. *World Development*, 28(11): 1875–1890.
73. Chaudhry, W. 1998. *Water users' associations in Pakistan: institutional, organizational and participatory aspects*. Göttingen, Germany, Georg-August-Universität Göttingen.
74. Mekonnen, D.K., Channa, H. y Ringler, C. 2015. The impact of water users' associations on the productivity of irrigated agriculture in Pakistani Punjab. *Water International*, 40(5–6): 733–747.
75. Aarnoudse, E., Closas, A. y Lefore, N. 2018. *Water user associations: a review of approaches and alternative management options for sub-Saharan Africa*. Colombo, IWMI.
76. Araral, E. 2005. Water user associations and irrigation management transfer: understanding impacts and challenges. En: P. Shyamsundar, E. Araral y S. Weeraratne, eds. *Devolution of resource rights, poverty, and natural resource management*, págs. 45–63. Environmental Economics Series No. 104. Washington, D.C., Banco Mundial. 121 páginas.
77. Gómez, M. y Winkler, I. 2015. Gender equality, water governance and food security with a focus on the Near East and North Africa (NENA). Global Initiative for Economic, Social and Cultural Rights. Ginebra.
78. FAO. 2016. *How can women control water? Increase agriculture productivity and strengthen resource management* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-i6405e.pdf.
79. Araral, E. 2011. *The impact of decentralization on large scale irrigation: evidence from the Philippines*. SSRN Scholarly Paper ID 1904755. Rochester, EE.UU., Social Science Research Network.

80. Mukherji, A., Fuleki, B., Suhardiman, D., Shah, T. y Giordano, M. 2009. *Irrigation reform in Asia: a review of 108 cases of irrigation management transfer*. IWMI Research Reports No. 118.

81. Shah, T., van Koppen, B., Merrey, D., de Lange, M. y Samad, M. 2002. *Institutional alternatives in African smallholder irrigation: lessons from international experience with irrigation management transfer*. Research Report No. 60. Colombo, Sri Lanka, IWMI. 24 páginas.

82. Giordano, M., Samad, M. y Namara, R. 2007. Assessing the outcomes of IWMI's research and interventions on irrigation management transfer. In H. Waibel, ed. *International research on natural resource management - advances in impact assessment*, Londres y Roma, CAB International y FAO. 270 páginas.

83. Hatibu, H., Oweis, T., Wani, S., Barron, J., Bruggeman, A., Qiang, Z., Farahani, J. y Karlberg, L. 2007. Managing water in rainfed agriculture. In D. Molden, ed. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, págs. 315–352. London, IWMI and Earthscan. 48 páginas.

84. Adegoke, J., Aggarwal, P.K., Rüegg, M., Hansen, J., Cuellar, D., Diro, R., Shaw, R., Hellin, J., Greatrex, H. y Zougmore, R.B. 2017. Improving climate risk transfer and management for climate-smart agriculture – a review of existing examples of successful index-based insurance for scaling up. En: FAO [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-bu216e.pdf.

85. Wani, S., Rockstrom, J. y Sahrawat, K. 2017. *Integrated watershed management in rainfed agriculture*. Londres, CRC Press.

86. Gobierno de India. 2017. National Rainfed Area Authority. En: *Ministry of Agriculture and Farmers Welfare* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. http://nraa.gov.in/Organization_Structure.aspx.

87. Directrices de emergencia para el sector ganadero. 2014. *Livestock Emergency Guidelines and Standards (LEGS)*. Segunda edición. Rugby, Reino Unido, Practical Action Publishing.

88. FAO. 2018. *Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial. La biodiversidad agrícola y los ecosistemas resilientes, prácticas agrícolas tradicionales e identidad cultural*. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/i9187es/i9187Es.pdf.

89. Mati, M., Muchiri, J., Njenga, K., Penning de Vries, F. y Merrey, D. 2006. *Assessing water availability under pastoral livestock systems in drought-prone Isiolo District, Kenya*. Colombo, International Water Management Institute.

90. FAO. 2016. *Mejorar la gobernanza de las tierras de pastoreo. La aplicación de las Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional*. Guía Técnica sobre la gobernanza de la tenencia no 6. Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/i5771es/i5771ES.pdf].

91. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 2017. *The JP RWEE pathway to women's empowerment. The Joint Programme on Accelerating Progress towards the Economic Empowerment of Rural Women* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. <https://www.ifad.org/documents/38714170/39148759/Five+years+of+the+AAF%E2%80%99S+technical+assistance+facility/de6fa0c4-1398-4b0c-acdc-c9e227d73439>.

92. Watson, C. 2011. Protecting livestock, protecting livelihoods: the Livestock Emergency Guidelines and Standards (LEGS). *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 1(1): 9.

93. McCartney, M.P., Whiting, L., Makin, I., Lankford, B.A. y Ringler, C. 2019. Rethinking irrigation modernisation: realising multiple objectives through the integration of fisheries. *Marine and Freshwater Research*, 70(9): 1201.

94. Dougherty, T.C. y Hall, A.W. 1995. *Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 53. Roma. 105 páginas. [Disponible también en www.fao.org/tempref/agl/AGLW/Morini/05_EIA.pdf].

95. Lorenzen, K., Smith, L., Nguyen Khoa, S., Burton, M. y Garaway, C. 2007. *Guidance manual: management of impacts of irrigation development on fisheries*. Colombo, Sri Lanka y Penang, Malaysia, IWMI y WorldFish Center.

96. Joffe, O., Kosal, M., Kura, Y., Sereyath, P. y Thuok, N. 2012. *Community fish refuges in Cambodia – lessons learned*. Phnom Penh, WorldFish Center.

REFERENCIAS

97. Belton, B., Filipski, M. y Hu, C. 2017. *Aquaculture in Myanmar: fish farm technology, production economics and management*. Feed the Future Innovation Lab for Food Security Policy Research Brief No. 37. East Lansing, EE.UU., Michigan State University.
98. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London and Sterling, EE.UU., Earthscan and IWMI.
99. Doocy, S., Daniels, A., Murray, S. y Kirsch, T.D. 2013. The human impact of floods: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS Currents and Disasters*, 5 [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. <https://currents.plos.org/disasters/index.html%3Fp=6695.html>.
100. Svetlana, D., Radovan, D. y Ján, D. 2015. The economic impact of floods and their importance in different regions of the world with emphasis on Europe. *Procedia Economics and Finance*, 34: 649–655.
101. Spate Irrigation Network Foundation. 2015. *Flood based farming systems in Africa* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. http://spate-irrigation.org/wp-content/uploads/2015/03/OP5_Flood-based-farming-in-Africa_SF.pdf.
102. Talbot, C.J., Bennett, E.M., Cassell, K., Hanes, D.M., Minor, E.C., Paerl, H., Raymond, P.A., Vargas, R., Vidon, P.G., Wollheim, W. y Xenopoulos, M.A. 2018. The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141(3): 439–461.
103. Opolot, E. 2013. Application of remote sensing and geographical information systems in flood management: a review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(10): 1884–1894.
104. Bronstert, A. 2003. Floods and climate change: interactions and impacts. *Risk Analysis*, 23(3): 545–557.
105. FAO. 2018. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017*. Roma. 144 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i8656en/i8656en.pdf].
106. Short Gianotti, A.G., Warner, B. y Milman, A. 2018. Flood concerns and impacts on rural landowners: an empirical study of the Deerfield watershed, MA (USA). *Environmental Science & Policy*, 79: 94–102.
107. Lane, S.N. 2017. Natural flood management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(3): e1211 [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. <http://doi.wiley.com/10.1002/wat2.1211>.
108. Ahmed, F., Rafii, M.Y., Ismail, M.R., Juraimi, A.S., Rahim, H.A., Asfaliza, R. y Latif, M.A. 2013. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. *BioMed Research International*, 2013: 1–10.
109. Shaw, R.E., Meyer, W.S., McNeill, A. y Tyerman, S.D. 2013. Waterlogging in Australian agricultural landscapes: a review of plant responses and crop models. *Crop and Pasture Science*, 64(6): 549.
110. Ritzema, H.P., Satyanarayana, T.V., Raman, S. y Boonstra, J. 2008. Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated lands in India: lessons learned in farmers' fields. *Agricultural Water Management*, 95(3): 179–189.
111. Ashraf, M.A. 2012. Waterlogging stress in plants: a review. *African Journal of Agricultural Research*, 7(13): 1976–1981.
112. Bennett, S.J., Barrett-Lennard, E.G. y Colmer, T.D. 2009. Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(4): 349–360.
113. Department of Primary industries and Regional Development (DPIRD). 2019. *Managing waterlogging in crops and pastures* [en línea]. [Consultado el 12 de agosto de 2020]. www.agric.wa.gov.au/waterlogging/managing-waterlogging-crops-and-pastures.
114. Islam, M.R., Abdullah, H.M., Ahmed, Z.U., Islam, I., Ferdush, J., Miah, M.G. y Miah, M.M.U. 2018. Monitoring the spatiotemporal dynamics of waterlogged area in southwestern Bangladesh using time series Landsat imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 9: 52–59.
115. FAO. 2020. AQUASTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es.
116. Comisión Internacional de Riegos y Drenajes (ICID). 2018. *Agricultural Water Management for Sustainable Rural Development: Annual report 2017-2018*. Nueva Delhi.

117. Valipour, M. 2014. Drainage, waterlogging, and salinity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(12): 1625–1640.

118. Smedema, L.K., Vlotman, W.F. y Rycroft, D.W. 2004. *Modern land drainage*. Londres, Taylor & Francis.

119. Sheng, F. y Xiuling, C. 2007. Developing drainage as the basis of comprehensive control of drought, waterlogging, salinity and saline groundwater. *Irrigation and Drainage*, 56(S1): S227–S244.

CAPÍTULO 5

1. FAO. 2012. *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Informe de la FAO sobre Temas Hídricos n.º 38. Roma. 97 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i3015S.pdf).

2. Bhaduri, A., Ringler, C., Dombrowski, I., Mohtar, R. y Scheumann, W. 2015. Sustainability in the water–energy–food nexus. *Water International*, 40(5–6): 723–732.

3. Pingali, P.L. y Rosegrant, M.W. 2001. Intensive food systems in Asia: can the degradation problems be reversed? En: D.R. Lee y C.B. Barrett, eds. *Tradeoffs or synergies? Agricultural intensification, economic development and the environment*, págs. 383–397. Wallingford, UK, CABI. 560 páginas.

4. Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE). 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 2015. (Disponible también en www.fao.org/3/a-av045s.pdf).

5. FAO. 2017. *Near East and North Africa Regional Overview of Food Insecurity 2016*. Cairo. 35 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i6860e.pdf).

6. Sdravovich, C., Sab, R., Zouhar, Y. y Albertin, G. 2014. *Subsidy reform in the Middle East and North Africa: recent progress and challenges ahead*. Departmental Paper No. 14/08. Washington, D.C., International Monetary Fund.

7. Banco Mundial. 2018. *Beyond scarcity: water security in the Middle East and North Africa*. MENA Development Report. Washington, D.C.

8. Banco Mundial. 2007. *Making the most of scarcity: accountability for better water management results in the Middle East and North Africa*. MENA Development Report. Washington, D.C.

9. Arab Water Council. 2014. *3rd Arab Water Forum: 'Together towards a Secure Arab Water'*. Final report. Cairo.

10. Berglöf, E., Devarajan, S., Jägerskog, A., Clausen, T.J., Holmgren, T. y Lexén, K. 2015. Water for development: fulfilling the promise. En: A. Jägerskog, T. J. Clausen, T. Holmgren y K. Lexén, eds. *Water for development – charting a water wise path*, págs. 23–27. Report No. 35. Stockholm, Stockholm International Water Institute (SIWI). 73 páginas.

11. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2016. *Algeria: Grain and Feed Annual*. Foreign Agricultural Service Network GAIN Report AG1601. Global Agricultural Information. Foreign Agricultural Service. (Disponible también en https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Grain%20and%20Feed%20Annual_Algiers_Algeria_3-23-2016.pdf).

12. Tellioglu, I. y Konandreas, P. 2017. *Agricultural policies, trade and sustainable development in Egypt*. Ginebra, International Centre for Trade and Sustainable Development.

13. Kassim, Y., Mahmoud, M., Kurdi, S. y Breisinger, C. 2018. *An agricultural policy review of Egypt: first steps towards a new strategy*. MENA RP Working Paper No. 11. Washington, D.C., and Cairo, International Food Policy Research Institute.

14. FAO. 2014. *Iran: country fact sheet on food and agriculture policy trends* [en línea]. www.fao.org/3/a-i4126e.pdf.

15. Sadiddin, A. 2013. An assessment of policy impact on agricultural water use in the northeast of Syria. *Environmental Management and Sustainable Development*, 2(1): 74.

16. FAO. 2017. *Tunisia: country fact sheet on food and agriculture policy trends* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/3/a-i7738e.pdf.

REFERENCIAS

17. FAO. 2019. *Rural transformation – key for sustainable development in the Near East and North Africa*. Overview of Food Security and Nutrition 2018. Cairo. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 80 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ca3817en/ca3817en.pdf].
18. Elbehri, A. y Sadiddin, A. 2016. Climate change adaptation solutions for the green sectors of selected zones in the MENA region. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 4(3): 39–54.
19. FAO. 2020. FAOSTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/faostat/es/#home.
20. Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5): 1577–1600.
21. FAO. 2020. AQUASTAT. En: FAO [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es.
22. FAO, International Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM-IAMM) y Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD). 2017. *Study on small-scale family farming in the Near East and North Africa region*. Synthesis. Cairo. 182 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/b-i6436e.pdf].
23. Ababsa, M. 2013. Crise agraire, crise foncière et sécheresse en Syrie (2000-2011). *Maghreb - Machrek*, 215(1): 101–122.
24. Weinthal, E., Zawahri, N. y Sowers, J. 2015. Securitized water, climate, and migration in Israel, Jordan, and Syria. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 15(3): 293–307.
25. De Châtel, F. 2014. The role of drought and climate change in the Syrian uprising: untangling the triggers of the revolution. *Middle Eastern Studies*, 50(4): 521–535.
26. Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas. 2010. *Syria drought response plan 2009-2010. Mid-term review*. Nueva York, EE.UU.
27. Rosegrant, M. 2019. *From scarcity to security: managing water for a nutritious food future*. Chicago, EE.UU., Chicago Council on Global Affairs.
28. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2019. *Navigating pathways to reform water policies in agriculture*. París.
29. Dhawan, V. 2017. *Water and agriculture in India: status, challenges and possible options for action*. Documento de antecedentes para the South Asia expert panel during the Global Forum for Food and Agriculture. Hamburg, Germany, German Asia-Pacific Business Association. [Disponible también en https://www.oav.de/fileadmin/user_upload/5_Publikationen/5_Studien/170118_Study_VWater_Agriculture_India.pdf].
30. Palanisami, K., Mohan, K., Giordano, M. y Charles, C. 2011. *Measuring irrigation subsidies in Andhra Pradesh and southern India: an application of the GSI method for quantifying subsidies*. Ginebra, Global Subsidies Initiative.
31. Lynch, A.J., Baumgartner, L.J., Boys, C.A., Conallin, J., Cowx, I.G., Finlayson, C.M., Franklin, P.A., Hogan, Z., Koehn, J.D., McCartney, M.P., O'Brien, G., Phouthavong, K., Silva, L.G.M., Tob, C.A., Valbo-Jørgensen, J., Vu, A.V., Whiting, L., Wibowo, A. y Duncan, P. 2019. Speaking the same language: can the sustainable development goals translate the needs of inland fisheries into irrigation decisions? *Marine and Freshwater Research*, 70(9): 1211–1228.
32. Jägermeyr, J., Pastor, A., Biemans, H. y Gerten, D. 2017. Reconciling irrigated food production with environmental flows for Sustainable Development Goals implementation. *Nature Communications*, 8(1): 15900.
33. Thorpe, A., Whitmarsh, D., Drakeford, B., Reid, C., Karimov, B., Timirkhanov, S., Satybekov, K. y Van Anrooy, R. 2011. *Feasibility of restocking and culture-based fisheries in Central Asia*. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 565. Ankara, FAO. 106 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/ba0037e/ba0037e.pdf].
34. Valbo-Jørgensen, J. y Thompson, P. 2007. *Culture-based fisheries in Bangladesh: a socio-economic perspective*. Documento Técnico de Pesca de la FAO n.º 499. Roma, FAO. 41 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a1412e/a1412e00.pdf].
35. De Silva, S. y Funge-Smith, S. 2005. *A review of stock enhancement practices in the inland water fisheries of Asia*. RAP Publication No. 2005/12. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific. 93 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-e932e.pdf].

36. Sugunan, V.V. 1997. *Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America*. Circular de Pesca de la FAO n.º 933. Roma, FAO. [Disponible también en www.fao.org/3/w7560e/w7560e00.htm].
37. FAO. 2015. *Responsible stocking and enhancement of inland waters in Asia*. RAP Publication No. 2015/11. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific. 142 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i5303e.pdf].
38. Renault, D. y Facon, T. 2004. Beyond drops for crops: the system approach for water value assessment in rice-based production systems. Paper presented at FAO Rice Conference 04/CRS.17, 12 February 2004, Roma. [Disponible también en www.fao.org/3/y5682e/y5682e09.htm].
39. Renault, D., Wahaj, R. y Smits, S. 2013. *Multiple uses of water services in large irrigation systems: auditing and planning modernization the MASSMUS approach*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 67. Roma, FAO. 225 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/i3414e/i3414e.pdf].
40. Nguyen-Khoa, S., Smith, L. y Lorenzen, K. 2005. *Impacts of irrigation on inland fisheries: appraisals in Laos and Sri Lanka*. Comprehensive Assessment Research Report No. 7. Colombo, Comprehensive Assessment Secretariat.
41. Jutagate, T., Silva, S.S.D. y Mattson, N.S. 2003. Yield, growth and mortality rate of the Thai river sprat, *Clupeichthys aesarnensis*, in Sirinthorn Reservoir, Tailandia. *Fisheries Management and Ecology*, 10(4): 221–231.
42. Kolding, J., van Zwieten, P., Marttin, F., Funge-Smith, S. y Poulain, F. 2019. Freshwater small pelagic fish and their fisheries in the major African lakes and reservoirs in relation to food security and nutrition. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º T642. Roma, FAO. 122 páginas. [Disponible también en www.fao.org/documents/card/en/c/CA0843EN/].
43. FAO. 2017. *Watershed management in action – lessons learned from FAO field projects*. Roma. 168 páginas. [Disponible también en www.fao.org/3/a-i8087e.pdf].
44. Goyal, A. y Nash, J. 2017. *Reaping richer returns: public spending priorities for African agriculture productivity growth*. Washington, D.C., Banco Mundial.
45. Shah, T., Ul Hassan, M., Khattak, M.Z., Banerjee, P.S., Singh, O.P. y Rehman, S.U. 2009. Is irrigation water free? A reality check in the Indo-Gangetic Basin. *World Development*, 37(2): 422–434.
46. Kishore, A. 2004. Understanding agrarian impasse in Bihar. *Economic and Political Weekly*, 39(31): 3484–3491.
47. Shah, T., Rajan, A., Rai, G.P., Verma, S. y Durga, N. 2018. Solar pumps and South Asia's energy-groundwater nexus: exploring implications and reimagining its future. *Environmental Research Letters*, 13(11): 115003 [en línea]. [Consultado el 7 de febrero de 2020]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aae53f>.
48. Jayan, T.V. 2018. Solar pumps: a nondescript village in Gujarat shows the way. En: *The Hindu* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. <https://www.thehindubusinessline.com/news/solar-pumps-a-nondescript-village-in-gujarat-shows-the-way/article22694612.ece>.
49. Claassen, R., Cattaneo, A. y Johansson, R. 2008. Cost-effective design of agri-environmental payment programs: U.S. experience in theory and practice. *Ecological Economics*, 65(4): 737–752.
50. Naciones Unidas. 2018. *Forests and water: valuation and payments for forest ecosystem services*. Ginebra.
51. FAO. 2013. *Financial sustainability for environmental services: rural development in microwatersheds Rio Rural, Brazil*. Case studies on Remuneration of Positive Externalities (RPE)/Payments for Environmental Services (PES). Documento preparado para el diálogo entre múltiples partes interesadas, 12 y 13 de septiembre de 2013. Roma. [Disponible también en www.fao.org/fileadmin/user_upload/pes-project/docs/FAO_RPE-PES_RJ_Brazil.pdf].
52. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2012. *Meeting the water reform challenge*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París, OCDE.
53. Rosegrant, M.W., Ringler, C. y Zhu, T. 2009. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1): 205–222.

REFERENCIAS

54. Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. 2011. *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Value of Water Research Report Series No. 50. Delft, Países Bajos, UNESCO-IHE.
55. Ramirez-Vallejo, J. y Rogers, P. 2010. Failure of the virtual water argument: possible explanations using the case study of Mexico and NAFTA. En: C. Ringler, A.K. Biswas y S. Cline, eds. *Global change: impacts on water and food security*, págs. 113–126. Berlin, Springer. 281 páginas.
56. Kumar, M.D. y Singh, O.P. 2005. Virtual water in global food and water policy making: is there a need for rethinking? *Water Resources Management*, 19(6): 759–789.
57. Wichelns, D. 2010. Virtual water: a helpful perspective, but not a sufficient policy criterion. *Water Resources Management*, 24: 2203–2219.
58. Berritella, M., Rehdanz, K., Tol, R. y Zhang, J. 2008. The impact of trade liberalization on water use: a computable general equilibrium analysis. *Journal of Economic Integration*, 23(3): 631–655.
59. Konar, M. y Caylor, K.K. 2013. Virtual water trade and development in Africa. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(10): 3969–3982.
60. Hoekstra, A. 2010. *The relation between international trade and freshwater scarcity*. Staff Working Paper ERSD-2010-05. Enschede, Países Bajos, OMC.
61. Wichelns, D. 2010. *An economic analysis of the virtual water concept in relation to the agri-food sector*. Background report supporting the OECD study (2010) Sustainable management of water resources in agriculture. París, OCDE.
62. Jackson, L.A., Pene, C., Martinez-Hommel, M.-B., Tamiotti, L. y Hofmann, C. 2014. Water policy, agricultural trade and WTO rules. En: P. Martinez-Santos, M. Aldaya y M. Ramón Llamas, eds. *Integrated water resources management in the 21st century: revisiting the paradigm*, págs. 59–78. Leiden, Países Bajos, CMR Press. 321 páginas.
63. Domenech, L. y Ringler, C. 2013. *The impact of irrigation on nutrition, health, and gender: a review paper with insights for Africa south of the Sahara*. Documento de debate n.º 01259. Washington, D.C., IFPRI.
64. Bryan, E., Chase, C. y Schulte, M. 2019. *Nutrition-sensitive irrigation and water management*. Water Global Practice Guidance Note. Washington, D.C., Banco Mundial.
65. Iannotti, L., Cunningham, K. y Ruel, M. 2009. *Improving diet quality and micronutrient nutrition: homestead food production in Bangladesh*. 2020 Vision Initiative. IFPRI. Documento de debate No 00928. Washington, D.C., IFPRI.
66. Olney, D.K., Talukder, A., Iannotti, L.L., Ruel, M.T. y Quinn, V. 2009. Assessing impact and impact pathways of a homestead food production program on household and child nutrition in Cambodia. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(4): 355–369.
67. Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R. y Pasternak, D. 2010. Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano-Sahel. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5): 1848–1853.
68. FAO. 2019. *Estudio de caso “gobernanza del agua en territorios agrícolas de la cuenca estratégica del río Guadalquivir del valle central de Tarija”*. Informe de Consultoría Nacional. La Paz, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Gobierno Autónomo Departamental de Tarija and FAO. 48 páginas.
69. FAO. En prensa. *Study on water governance in the Tinguiririca sub-basin of the Rio Rapel river basin*. Roma.
70. Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J. y Qiang, Z. 2010. Managing water in rainfed agriculture—the need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97(4): 543–550.
71. Hatibu, H., Oweis, T., Wani, S., Barron, J., Bruggeman, A., Qiang, Z., Farahani, J. y Karlberg, L. 2007. Managing water in rainfed agriculture. In D. Molden, ed. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, págs. 315–352. London, IWMI and Earthscan. 48 páginas.
72. FAO. 2019. *Proactive approaches to drought preparedness – Where are we now and where do we go from here?* Roma. 47 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca5794en/ca5794en.pdf).

73. FAO. 2019. *Water use in livestock production systems and supply chains – guidelines for assessment (Version 1)*. Roma, Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. 126 págs. (Disponible también en www.fao.org/3/ca5685en/ca5685en.pdf).

74. FAO. 2010. *An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: the way forward for sustainable production intensification*. Integrated Crop Management. Vol. 13. Roma. 75 páginas. (Disponible también en www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/images/iclisd/documents/crop_livestock_proceedings.pdf).

75. Bhattarai, M. y Narayanamoorthy, A. 2003. Impact of irrigation on rural poverty in India: an aggregate panel-data analysis. *Water Policy*, 5(5-6): 443-458.

76. Benson, T. 2015. Associations between irrigated farming and improved nutrition in Malawian farm households. En: N.-L. Aberman, J. Meerman y T. Benson, eds. *Mapping the linkages between agriculture, food security and nutrition in Malawi*, págs. 50-55. Lilongwe, and Washington, D.C., IFPRI. 61 páginas.

77. van der Hoek, W., Feenstra, S.G. y Konradsen, F. 2002. Availability of irrigation water for domestic use in Pakistan: its impact on prevalence of diarrhoea and nutritional status of children. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 20(1): 77-84.

78. Rosegrant, M.W., Sulser, T.B., Mason-D'Croz, D., Cenacchi, N., Nin-Pratt, A., Dunston, S., Zhu, T., Ringler, C., Wiebe, K., Robinson, S., Willenbockel, D., Xie, H., Kwon, H.Y., Johnson, T., Thomas, T.S., Wimmer, F., Schaldach, R., Nelson, G.C. y Willaarts, B. 2017. *Quantitative foresight modeling to inform the CGIAR Research Portfolio*. Washington, D.C., IFPRI.

79. You, L., Ringler, C., Wood-Sichra, U., Robertson, R., Wood, S., Zhu, T., Nelson, G., Guo, Z. y Sun, Y. 2011. What is the irrigation potential for Africa? A combined biophysical and socioeconomic approach. *Food Policy*, 36(6): 770-782.

80. Xie, H., You, L., Wielgosz, B. y Ringler, C. 2014. Estimating the potential for expanding smallholder irrigation in Sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management*, 131: 183-193.

81. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2018. *Financing water: investing in sustainable growth*. OECD Environment Policy Papers No. 11. París.

82. Svendsen, M., Gulati, A. y Raju, K.V. 2003. Reform options for construction and rehabilitation. En: A. Gulati, R.S. Meinzen-Dick y K.V. Raju, eds. *Financial and institutional reforms in Indian irrigation*, Bangalore, India, Books for Change.

83. Banco Mundial. 2017. Public-private partnership in irrigation. En: *PPP Legal Resource Center* [en línea]. [Consultado el 15 de agosto de 2020]. <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/es/asociaciones-publico-privadas>.

84. FAO. 2016. *Lessons learned in water accounting: the fisheries and aquaculture perspective in the System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) framework*. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 599. Roma, FAO. 78 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i5880e.pdf).

85. FAO y Earthscan. 2011. *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. FAO, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. (Disponible también en www.fao.org/3/a-i1688s.pdf).

86. FAO. 2019. *Report of the special session on advancing integrated agriculture aquaculture through agroecology: Montpellier, 25 August 2018*. Informe de Pesca y Acuicultura de la FAO n.º 1286. Roma. 262 páginas. (Disponible también en www.fao.org/3/ca7209en/ca7209en.pdf).

87. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. *Water resources allocation: sharing risks and opportunities*. Estudios de la OCDE sobre el agua. París. 144 páginas. (Disponible también en www.oecd-ilibrary.org/environment/water-resources-allocation_9789264229631-en).

ANEXO TÉCNICO

1. Rosegrant, M. 2020. Water management for sustainable irrigated and rainfed agriculture: opportunities, challenges, impacts and the way forward. Documento de antecedentes para *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Washington, D.C.

REFERENCIAS

2. Rosegrant, M., Koo, J., Cenacchi, N., Ringler, C., Robertson, R., Fisher, M., Cox, C., Garrett, K., Perez, N. y Sabbagh, P. 2014. *Food security in a world of natural resource scarcity: the role of agricultural technologies*. Washington, D.C., IFPRI. (Disponible también en <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/128022>).
3. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Switzerland. 104 páginas.
4. Rosegrant, M.W., Sulser, T.B., Mason-D'Croz, D., Cenacchi, N., Nin-Pratt, A., Dunston, S., Zhu, T., Ringler, C., Wiebe, K., Robinson, S., Willenbockel, D., Xie, H., Kwon, H.Y., Johnson, T., Thomas, T.S., Wimmer, F., Schaldach, R., Nelson, G.C. y Willaarts, B. 2017. *Quantitative foresight modeling to inform the CGIAR Research Portfolio*. Washington, D.C., IFPRI.
5. Palazzo, A., Valin, H.J.P., Batka, M. y Havlík, P. 2019. *Investment needs for irrigation infrastructure along different socioeconomic pathways*. Documentos de trabajo de investigación sobre políticas. Banco Mundial. (Disponible también en <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/1813-9450-8744>).
6. Robinson, S., Mason-D'Croz, D., Islam, S., Sulser, T., Robertson, R., Zhu, T., Gueneau, A., Pitois, G. y Rosegrant, M. 2015. Modelo internacional para el análisis de políticas de los productos y el comercio agrícolas (IMPACT): Model description for version 3. IFPRI. Documento de debate n.º 1483. Washington, D.C., IFPRI.
7. FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). 2020. *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4.0)*. Laxenburg, Austria, y Roma.
8. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). 2019. Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.0. Harvard Dataverse. En: *Harvard Dataverse* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/PRFF8V>.
9. FAO. 2019. Earth Observation. Agricultural Stress Index System (ASIS): Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2018). En: FAO [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=es.
10. FAO. 2020. SDG Indicator 6.4.2 on water stress. Roma.
11. FAO. 2020. Contribution of the agriculture sector to the level of water stress. Roma.
12. Schiavina, M., Freire, S. y MacManus, K. 2019. GHS population grid multitemporal (1975-1990-2000-2015), R2019A. En: *European Commission* [en línea]. [Consultado el 6 de agosto de 2020]. <http://data.europa.eu/89h/0c6b9751-a71f-4062-830b-43c9f432370f>.
13. FAO. 2020. *Plataforma geoespacial Mano de la mano* [en línea]. [Consultado el 12 de noviembre de 2020]. <https://data.apps.fao.org/>.
14. Wood-Sichra, U., Joglekar, A. y You, L. 2016. *Spatial Production Allocation Model (SPAM) 2005: technical documentation*. HarvestChoice Working Paper. Washington, D.C. y St. Paul, EE.UU., International Food Policy Research Institute (IFPRI) e International Science and Technology Practice and Policy (InStePP) Center, University of Minnesota.

ANEXO ESTADÍSTICO

1. FAO. 2019. Earth Observation. Agricultural Stress Index System (ASIS): Historic Agricultural Drought Frequency (1984-2018). En: FAO [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=es.
2. FAO e Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). 2020. *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4.0)*. Laxenburg, Austria, y Roma.
3. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). 2019. Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.0. Harvard Dataverse. En: *Harvard Dataverse* [en línea]. [Consultado el 5 de agosto de 2020]. <https://dataverse.harvard.edu/citation?persistentId=doi:10.7910/DVN/PRFF8V>.
4. FAO. 2020. SDG Indicator 6.4.2 on water stress. Roma.



2020 EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA, Y LA ALIMENTACIÓN

SUPERAR LOS DESAFÍOS RELACIONADOS CON EL AGUA EN LA AGRICULTURA

Limitaciones cada vez mayores del abastecimiento hídrico amenazan la seguridad alimentaria y la nutrición. Por consiguiente, se hace necesario actuar con urgencia a fin de lograr un uso más sostenible y equitativo del agua en la agricultura. La producción agrícola de regadío sigue siendo, de lejos, el principal usuario de agua dulce, pero la escasez de este recurso constituye un problema cada vez mayor debido al incremento de la demanda y a la competencia por su utilización. Al mismo tiempo, la agricultura de secano se enfrenta a la creciente variabilidad de las precipitaciones como consecuencia del cambio climático. Estas tendencias exacerbarán las disputas entre usuarios del agua y la desigualdad en el acceso a los recursos hídricos, especialmente para los pequeños agricultores, la población rural pobre y otras poblaciones vulnerables.

En *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020* se presentan nuevas estimaciones de la difusión de los problemas de escasez de agua en la agricultura de regadío y déficit hídrico en la agricultura de secano, así como del número de personas afectadas. Se constatan diferencias importantes entre los países y una considerable variación espacial dentro de ellos. A partir de estos datos, se examina la forma en que los países pueden determinar políticas e intervenciones apropiadas, las cuales dependerán de la naturaleza y la magnitud del problema, pero también de otros factores, como el tipo de sistema de producción agrícola, el nivel de desarrollo del país y sus estructuras políticas. Basándose en este examen, la publicación ofrece orientación para que los países puedan asignar prioridad a políticas e intervenciones destinadas a superar las limitaciones de la disponibilidad de agua en la agricultura y garantizar, al mismo tiempo, el acceso eficiente, sostenible y equitativo al recurso.



ISBN 978-92-5-133644-1 ISSN 0251-1371



9 789251 336441

CB1447ES/1/12.20