

University of Nebraska - Lincoln  
**DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln**

Water for Food Faculty Publications

Water for Food

2014

# Afrontar el Cambio: Cuidar del Agua, de la Agricultura y de la Seguridad Alimentaria en una Era de Incertidumbre Climática

Peter G. McCornick

*Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos*, [pmccornick@nebraska.edu](mailto:pmccornick@nebraska.edu)

Vladimir Smakhtin

*Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos*

Luna Bharati

*Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos*, [l.bharati@cgiar.org](mailto:l.bharati@cgiar.org)

Robyn Johnston

*International Water Management Institute*, [r.johnston@cgiar.org](mailto:r.johnston@cgiar.org)

Matthew McCartney

*Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos*, [m.mccartney@cgiar.org](mailto:m.mccartney@cgiar.org)

Follow this and additional works at: <http://digitalcommons.unl.edu/wffdocs>



See next page for additional authors  
Part of the [Environmental Health and Protection Commons](#), [Environmental Monitoring Commons](#), [Hydraulic Engineering Commons](#), [Hydrology Commons](#), [Natural Resource Economics Commons](#), [Natural Resources and Conservation Commons](#), [Natural Resources Management and Policy Commons](#), [Sustainability Commons](#), and the [Water Resource Management Commons](#)

McCornick, Peter G.; Smakhtin, Vladimir; Bharati, Luna; Johnston, Robyn; McCartney, Matthew; Sugden, Fraser; Clement, Floriane; and McIntyre, Beverly, "Afrontar el Cambio: Cuidar del Agua, de la Agricultura y de la Seguridad Alimentaria en una Era de Incertidumbre Climática" (2014). *Water for Food Faculty Publications*. 9.  
<http://digitalcommons.unl.edu/wffdocs/9>

This Article is brought to you for free and open access by the Water for Food at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Water for Food Faculty Publications by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

---

**Authors**

Peter G. McCornick, Vladimir Smakhtin, Luna Bharati, Robyn Johnston, Matthew McCartney, Fraser Sugden, Floriane Clement, and Beverly McIntyre

# Afrontar el cambio

Cuidar del agua, de la agricultura  
y de la seguridad alimentaria  
en una era de incertidumbre climática



P. McCornick, V. Smakhtin, L. Bharati, R. Johnston, M. McCartney,  
F. Sugden, F. Clement y B. McIntyre



RESEARCH PROGRAM ON  
**Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security**



RESEARCH  
PROGRAM ON  
**Water, Land and  
Ecosystems**



---

# Afrontar el cambio

Cuidar del agua, de la agricultura y de la seguridad alimentaria en una era de incertidumbre climática

P. McCornick, V. Smakhtin, L. Bharati, R. Johnston,  
M. McCartney, F. Sugden, F. Clement y B. McIntyre.



*Los autores:* Peter McCornick, Subdirector General de Investigación, Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos (IWMI, por su sigla en inglés), Colombo, Sri Lanka; Vladimir Smakhtin, Director del programa temático “Disponibilidad y Acceso al Agua”, IWMI, Colombo, Sri Lanka; Luna Bharati Investigadora Principal sobre “Hidrología y Recursos Hídricos” y Directora de la oficina del IWMI en Kathmandu, Nepal; Robyn Johnston, Investigador Principal y Planificador de Recursos Hídricos, IWMI, Colombo, Sri Lanka; Matthew McCartney, Investigador Principal, Hidrólogo y Director de la sede del Sudeste Asiático del IWMI en Vientián, RDP de Lao; Fraser Sugden, Investigador de Ciencias Sociales del IWMI en Kathmandu, Nepal; Floriane Clement, Investigadora de Evaluación Institucional y de Políticas en la sede del IWMI en Kathmandu, Nepal; y Beverly McIntyre, Investigadora Principal de Gestión del Agua y Representante del IWMI en Washington DC, EEUU.

*Agradecimientos:* Esta publicación expone las investigaciones de numerosos científicos y colaboradores del IWMI, por cuyas valiosas contribuciones estamos sumamente agradecidos.



RESEARCH PROGRAM ON  
**Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security**



El Programa de Investigación del Grupo Consultivo Internacional para la Investigación Agrícola (CGIAR) sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS) constituye una alianza estratégica entre el CGIAR y la Asociación de Investigaciones Científicas sobre el Sistema Terrestre (ESSP). El CGIAR es una alianza mundial de investigación para un futuro sin hambre.

Las opiniones expresadas en esta documentación no son atribuibles a las opiniones oficiales del CGIAR ni del ESSP.



RESEARCH PROGRAM ON  
**Water, Land and  
Ecosystems**

El presente trabajo se ha emprendido como parte del Programa de Investigación del CGIAR sobre Agua, Tierra y Ecosistemas. El IWMI es miembro del Consorcio del CGIAR y es la organización que dirige este programa.

McCornick, P.; Smakhtin, V.; Bharati, L.; Johnston, R.; McCartney, M.; Sugden, F.; Clement, F.; McIntyre, B. 2014. *Afrontar el cambio: Cuidar del agua, de la agricultura y de la seguridad alimentaria en una era de incertidumbre climática*. Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos (IWMI). 36p. doi: 10.5337/2014.216

/ cambio climático / recursos hídricos / gestión del agua / productividad del agua / gobernanza del agua / almacenamiento de agua / recarga de acuíferos / acuíferos / cuencas fluviales / sistemas de riego / agricultura / cultivo de secano / seguridad alimentaria / riesgos para la salud / malaria / humedad del suelo / género / mujeres / caudales ambientales /

ISBN 978-92-9090-796-1

Copyright © 2014 IWMI. Todos los derechos reservados. El IWMI anima al uso de su material, siempre y cuando la organización sea mencionada e informada de ello.

Imagen de la portada: Faseeh Shams

Texto y diseño de Scriptoria: [www.scriptoria.co.uk](http://www.scriptoria.co.uk)

Traducción y revisión de Lunarmonia: [www.lunarmonia.com](http://www.lunarmonia.com)

Disponible en línea en: [http://www.iwmi.org/Publications/Books/PDF/tackling\\_change-spanish.pdf](http://www.iwmi.org/Publications/Books/PDF/tackling_change-spanish.pdf)

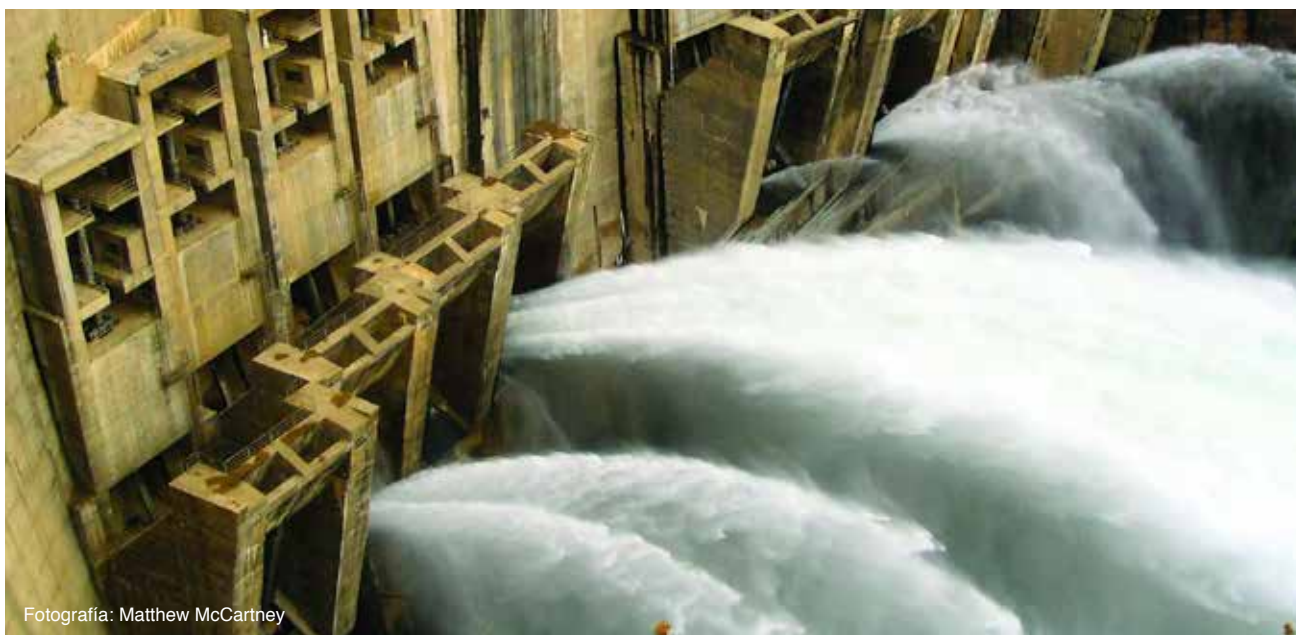
# Índice

Cuidar del agua, de la agricultura y de la seguridad alimentaria para el futuro. . . . .	1
Transformar la gobernanza del agua. . . . .	3
Integrar y coordinar . . . . .	5
Dar voz a los desoídos . . . . .	11
Reconsiderar los antiguos sistemas de almacenamiento del agua . . . .	13
Almacenar las aguas subterráneas . . . . .	16
Gestionar la recarga de acuíferos . . . . .	16
Preservar la humedad del suelo . . . . .	18
Aumentar la producción de alimentos por unidad de agua. . . . .	19
Gestionar la variabilidad. . . . .	20
Gestionar la demanda . . . . .	21
Impulsar la agricultura de secano . . . . .	22
Aprovechar el potencial de las mujeres . . . . .	22
Evaluar los recursos hídricos. . . . .	25
Evaluar los riesgos. . . . .	26
Reforzar la resiliencia. . . . .	28
Bibliografía . . . . .	29



Fotografía: Nana Kofi Acquah

# Cuidar del agua, de la agricultura y de la seguridad alimentaria para el futuro



Fotografía: Matthew McCartney

En 1950, la población mundial era apenas superior a los 2500 millones de habitantes. En 2013, ronda los 7 mil millones. Aunque el crecimiento de la población se está ralentizando, se estima que en 2050 se alcanzarán los 9600 millones de habitantes. El aumento de la población será mayor en los países en desarrollo, donde los alimentos a menudo escasean, y la tierra y el agua están sometidas a presión. Para alimentar a la población mundial en 2050, tendrán que producirse más alimentos sin que haya un aumento significativo del terreno de cultivo y contando con un caudal menor de agua dulce, debido al aumento del número de consumidores. Además de los problemas relacionados con la tierra y con el agua, los agricultores deben hacer frente al cambio climático y a otros cambios que afectarán su producción.

Aún no se sabe bien cómo el cambio climático afectará en diferentes ubicaciones. Sin embargo, es probable que tenga un gran impacto sobre los recursos hídricos. El aumento proyectado de la temperatura promedio, las temperaturas más extremas y los cambios en los regímenes pluviométricos con mucha probabilidad incidirán sobre la cantidad y distribución de las lluvias, los deshielos, la humedad del suelo y los caudales de los ríos y de las aguas subterráneas.

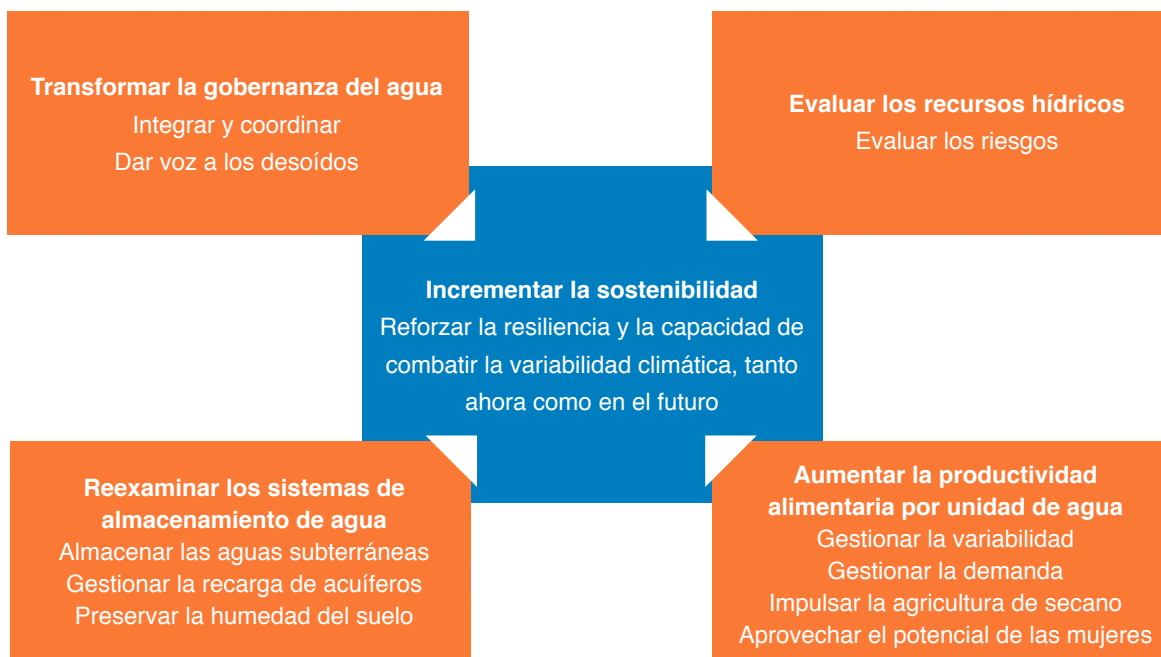
Tanto en la actualidad como en el futuro, la agricultura y la seguridad alimentaria dependen de la gestión del agua: un recurso limitado, pero variable en el tiempo y el espacio.

Adaptar la gestión del agua a los cambios climáticos potenciales equivale a la necesidad de:

- Aceptar la variabilidad climática presente como instrumento de medición y mejorar su comprensión así como la comprensión del impacto que el cambio climático ejerce sobre ella.
- Modificar los sistemas de almacenamiento del agua, centrándose en las reservas subterráneas para minimizar el impacto de la variabilidad y recurrir a la continuidad de almacenamiento.
- Comprender mejor el papel que desempeñan los ecosistemas naturales en la variabilidad.
- Comprender mejor cómo los seres humanos influyen en la variabilidad.
- Desarrollar y gestionar de forma responsable los recursos hídricos: distribuir equitativamente el agua, las tierras y los alimentos, de manera que los impactos de la variabilidad no perjudiquen de forma desproporcionada a la población más desfavorecida.



## Adaptar la gestión del agua al cambio climático

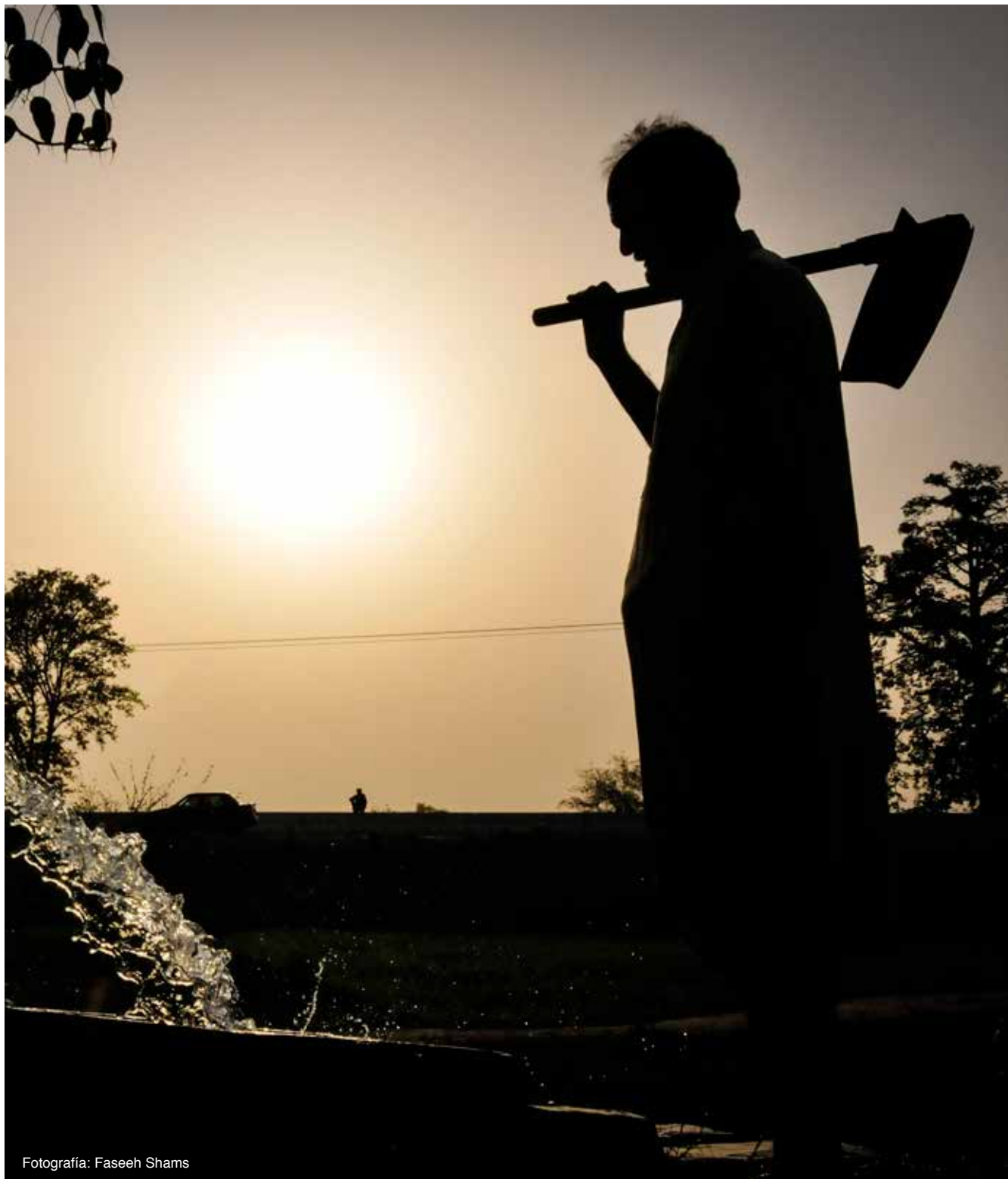


Adaptar la gestión de los recursos hídricos a la variabilidad climática no es algo que pueda hacerse de manera aislada. El agua está a la base del desarrollo sostenible. Existe un amplio consenso en que el desarrollo sostenible es el mejor medio para la adaptación al cambio climático. Dependiendo del contexto, de las necesidades y de los intereses locales, existen oportunidades para mejorar la gestión del agua, que a su vez contribuyen a la adaptación al cambio climático y a otros cambios, ayudando al mismo tiempo al desarrollo. Usualmente, dichas oportunidades se fundamentan en la integración y aplicación de las prácticas, herramientas y tecnologías más prometedoras para ayudar a las comunidades rurales más vulnerables a desarrollar su resiliencia e incrementar su sostenibilidad.

El cambio no es nada nuevo. Sin embargo, las personas, las comunidades y las sociedades que mejor le hacen frente son aquellas resilientes y capaces de adaptarse. Cuanto más resilientes, más capaces son de gestionar la variabilidad climática, diversificar sus medios de subsistencia y reducir los riesgos. Fortalecer la resiliencia ahora traerá beneficios, sin importar específicamente cómo y cuándo se hará sentir el cambio climático.



# Transformar la gobernanza del agua



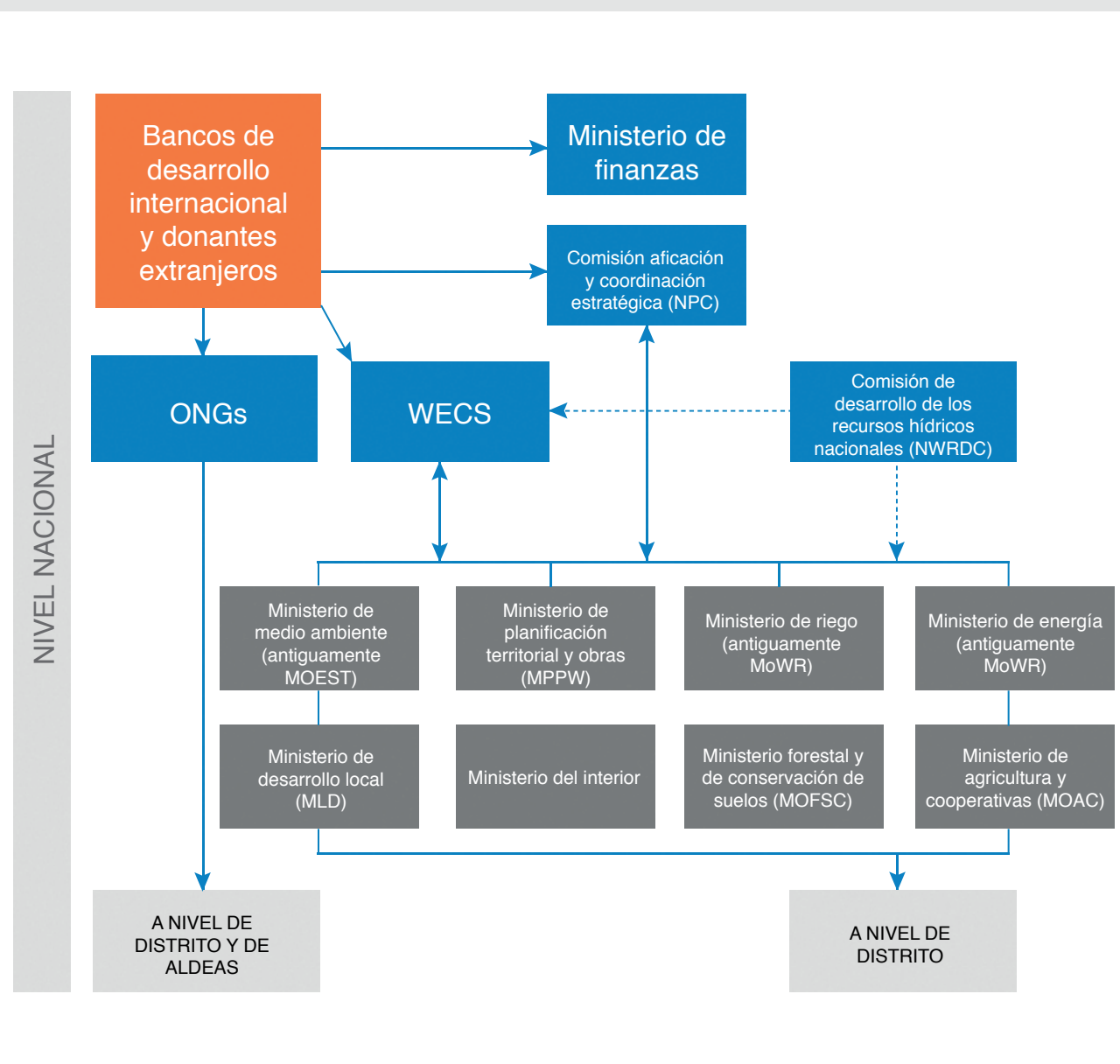
Fotografía: Faseeh Shams

Dilucidar la multitud de intereses y problemáticas relacionados con el agua y asegurar la equidad para el acceso a los recursos hídricos es todo un reto. Los problemas sociales, culturales, políticos y de gobernanza pueden dificultar o propiciar la adaptación al cambio climático exactamente como

pueden dificultar o propiciar el desarrollo. Las soluciones técnicas en sí mismas no tienen valor práctico, a menos que no tengan el apoyo de quienes tienen el poder de formular políticas y asegurar que éstas se apliquen mediante procesos institucionales y de gobernanza apropiados.

## Instituciones implicadas en la adaptación de la gestión del agua al cambio climático en Nepal

Las instituciones que gestionan el agua pueden dificultar o propiciar la adaptación al cambio climático. Para una mayor comprensión por parte de las instituciones implicadas en la adaptación de la gestión del agua al cambio climático en Nepal, los científicos del IWMI trazaron un plano de las varias entidades competentes. La Secretaría de la Comisión de Agua y Energía (WECS), institución encargada de la coordinación de las cuestiones relativas al agua y a la energía, así como de las políticas del agua, actualmente carece de la autoridad formal para formular e implementar políticas o desarrollar planes de colaboración interinstitucional. Otros ministerios, como el de riego, energía, medio ambiente, agricultura y ganadería, pueden aprobar proyectos sin consultarse con la WECS. El plano arriba mencionado ayuda a entender la complejidad de la implementación de estrategias en Nepal. Aunque la WECS tiene que implicar y convencer a los ministerios apropiados antes de ejecutar políticas o planes, los acuerdos institucionales entorpecen el avance.



Fuente: Bartlett et al. (2010)



Fotografía: Vladimir Smakhtin

## Integrar y coordinar

La mejora de la gobernanza del agua a través de la gestión integrada de los recursos hídricos es ampliamente promocionada como medida de primera necesidad en los países en desarrollo. La aplicación de este enfoque ha llevado a resultados con distintos grados de éxito y, a menudo, conlleva la necesidad de una solución pragmática acorde al contexto.

## A nivel nacional

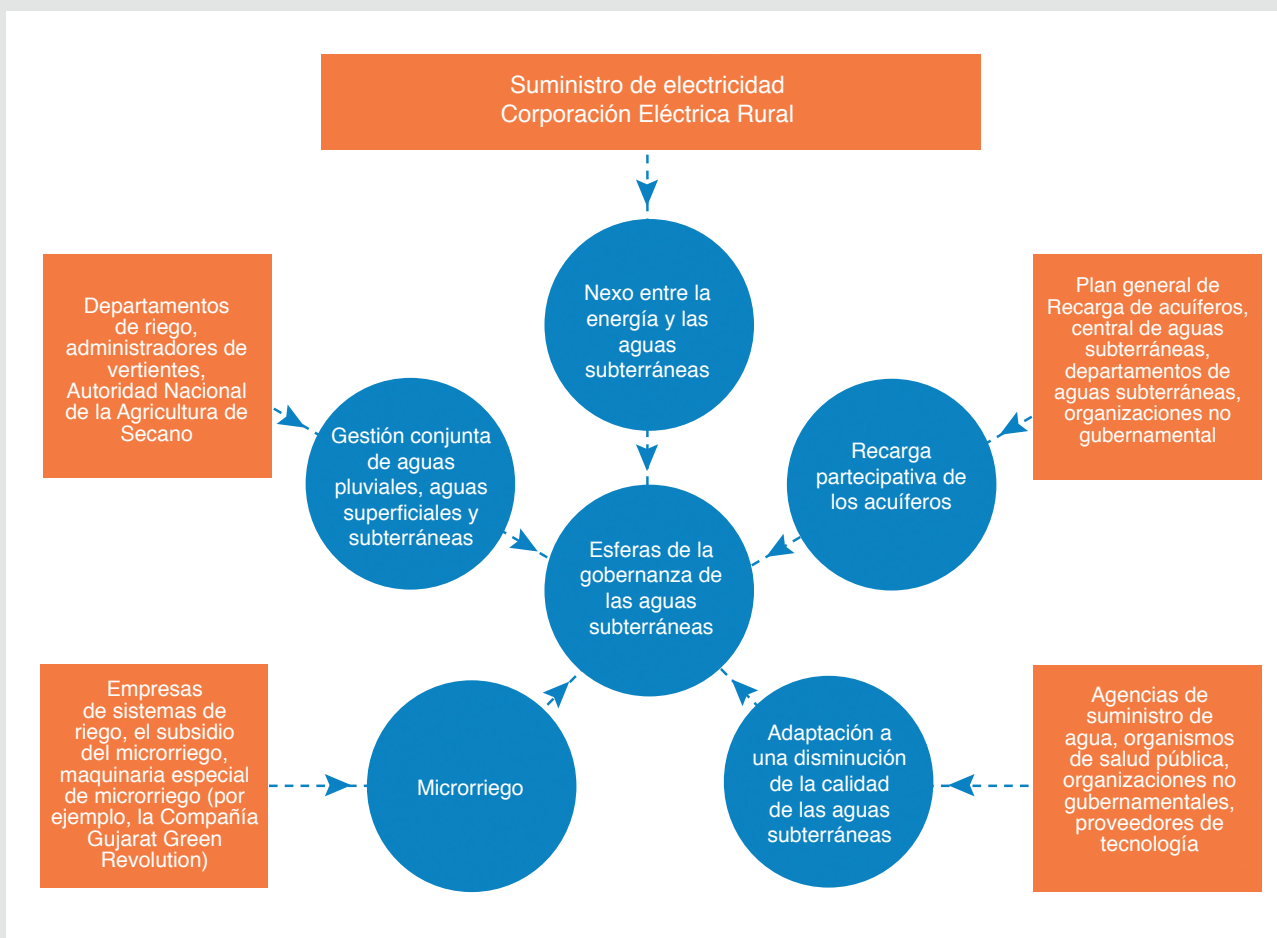
Toma tiempo para que los gobiernos establezcan mecanismos de coordinación para reunir a múltiples instituciones del sector público y privado bajo un plan común. En 2005, por ejemplo, el Gobierno de la India estableció un plan general para la recarga de acuíferos, acción importante para adaptar la gestión del agua a la actual y futura variabilidad climática del país. Sin embargo, para que el plan tenga éxito, es necesario que los principales actores coordinen sus funciones e integren sus intervenciones.

## A nivel local

A nivel local, la adaptación efectiva depende en gran parte de las instituciones (formales, informales, locales y regionales) que planifican o están a cargo de las estrategias individuales y colectivas en materia de recursos hídricos. Estas instituciones canalizan fondos, información y tecnologías a las zonas rurales y facilitan o vetan cualquier acción. Las relaciones de poder dentro de estas instituciones, quién puede participar y quién puede tomar decisiones, determinan quién en definitiva se beneficia. Es posible que las estrategias y políticas de adaptación aprobadas a nivel nacional no puedan aplicarse a niveles inferiores, o, en caso de que se apliquen, no se pongan en práctica de la manera prevista. Las instituciones que gestionan el agua a menudo no están hechas como para asumir disposiciones claras acerca de la gestión del agua por parte de los pequeños agricultores esparcidos en el territorio. Las tendencias muestran que la irrigación privada a pequeña escala, por ejemplo, no es de competencia de los departamentos de riego, que se ocupan de los canales de riego,

## Múltiples actores en el sector de las aguas subterráneas en la India

El éxito del plan general del Gobierno de la India para la Recarga de acuíferos dependerá de la cooperación entre los actores implicados y de una estrategia integrada



Fuente: Shah (2009)

a gran escala, ni está bajo el control de los departamentos de agricultura, que se ocupan de la agricultura de secano.

### A nivel de cuencas

Los límites de las cuencas trascienden las fronteras administrativas y nacionales. Internacionalmente, en la gestión del agua a cualquier escala se consideran cada vez más los recursos hídricos de las cuencas y vertientes según las fronteras naturales. A pesar de ello, la mayoría de las veces, las decisiones sobre la gestión y las intervenciones de aplicación se llevan a cabo a través de disposiciones administrativas nacionales.

Abundan las discusiones sobre si la gestión del agua debe basarse en las fronteras naturales o en las fronteras nacionales. Los intereses conflictivos, sea políticos que económicos, entre los distintos países, aunque ampliamente debatidos, hacen la cuestión sumamente problemática. Un aspecto clave de la adaptación al cambio climático es que los países con ríos transnacionales planifiquen y trabajen juntos mucho más que antes. Una opción de cooperación transnacional en el caso del Nilo Azul, por ejemplo, sería la colaboración entre Etiopía, Sudán y Egipto en un proyecto de almacenamiento de agua en las partes altas de los caudales de Etiopía, donde la evaporación es mínima.

Esto reduciría la necesidad de almacenamiento en el Lago Nasser (Egipto) donde la evaporación es muy alta. Sin embargo, este plan exige una colaboración mucho mayor que en el pasado por parte de esos países.

## Planificación

Por lo que a la planificación y a la gestión de programas de adaptación de vertientes se refiere, es necesario tener en cuenta la vulnerabilidad local, así como la organización cultural y social.

A esta escala, es posible que en muchos casos se superen las barreras impuestas por los conflictos de intereses y se creen planes beneficiosos para todos. A escala mayor, un plan de adaptación debe ir más allá del agua y tomar en consideración su vinculación con otros sectores: debe formar parte de un plan general de desarrollo en vez de constituir una actividad aparte.

Es evidente que las opciones de adaptación para las personas y las comunidades a nivel local dependen del contexto, como por ejemplo el entorno particular. Sin embargo, en muchos casos, la creación de

### La gestión del cambio climático exige una acción conjunta en la cuenca del Nilo Azul

El Nilo Azul es un recurso importante que comparten Etiopía, Sudán y, siendo el mayor afluente del Nilo, Egipto. Hay una gran incertidumbre acerca de los posibles efectos del cambio climático en la cuenca. Algunos modelos teóricos predicen un aumento de las precipitaciones, otros una disminución. De qué manera los cambios de temperatura y las variaciones en las precipitaciones afectarán el caudal del río y, por ende, la cantidad de agua disponible para el riego y la energía hidroeléctrica, es algo que produce aún mayor incertidumbre.

Bajo los auspicios de la Iniciativa de la Cuenca del Nilo, los países de la cuenca han convenido en colaborar. Sin embargo, persisten las tensiones. Los mecanismos formales para incrementar los recursos hídricos de la cuenca de forma conjunta son limitados. Pese a los beneficios potenciales de una colaboración y gestión conjuntas, estos países persisten con sus planes unilaterales de desarrollo. Dada la ausencia de un plan integrado, es probable que muchas de las inversiones previstas actualmente en materia de almacenamiento del agua arrojen un rendimiento bajo y que no se obtengan todos los beneficios esperados.

Fuente: McCartney et al. (2013a)

### La ausencia de un plan integrado pone en peligro los ecosistemas de la cuenca del Mekong.

En la cuenca del Mekong, el crecimiento de la agricultura con fines comerciales y la incertidumbre acerca de la disponibilidad del agua a medida que el clima va cambiando hacen que aumente la preocupación por la cantidad de agua de que se dispondrá para mantener los ecosistemas acuáticos y los medios de subsistencia de las poblaciones que de ellos dependen. Un estudio reciente del IWMI revela que los ecosistemas naturales de Camboya y Laos garantizan la seguridad alimentaria. El arroz aporta calorías, mientras los alimentos de los ecosistemas naturales aportan nutrientes (el pescado concurre con el 50% de proteínas) y otros alimentos, tales como fruta silvestre, verdura, ranas, caracoles e insectos diversifican la dieta con el aporte de micronutrientes.

Los planes de adaptación deben integrarse para preservar los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, cualquier cambio propuesto debe tener en cuenta el valor de la fauna acuática. En algunas áreas de Camboya el valor del pescado en el sistema de piscicultura de los arrozales puede ser incluso mayor que el del arroz. Incrementar la producción de arroz podría tener un impacto negativo en la pesca, a menos que no se adopten medidas para la gestión del riego y del uso de pesticidas.

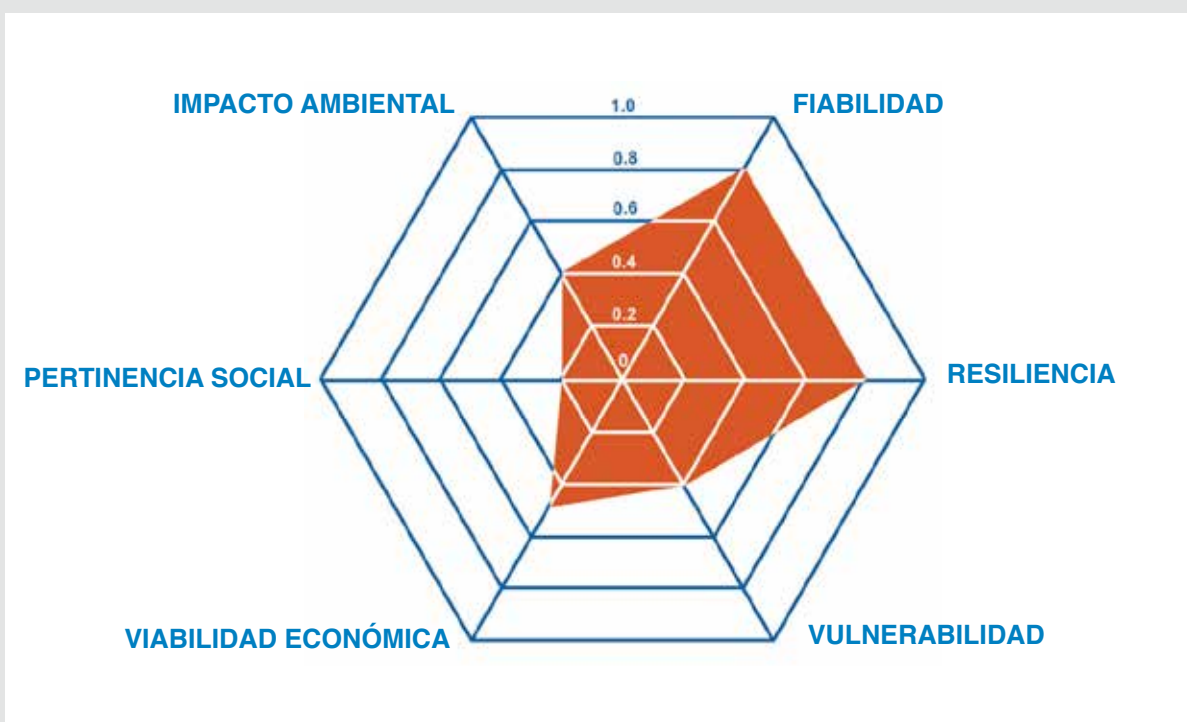
Fuente: Johnston et al. (2010)

oportunidades de adaptación local requiere medidas por parte de las autoridades a un nivel superior. Esto tiene sus implicaciones en el plan de adaptación a nivel nacional. Los planes del Gobierno que apoyan la construcción de sistemas de almacenamiento de agua o la puesta en marcha de sistemas de riego gestionados por las comunidades pueden facilitar la adaptación de

comunidades y núcleos familiares rurales. Por ejemplo, en Nepal, donde el sustento familiar y la economía dependen en gran medida de la agricultura, la planificación se centra en impulsar las prácticas agrícolas que comportan un menor consumo de agua, en rehabilitar la infraestructura del agua, en desarrollar sistemas de almacenamiento de agua y de riego y en hacer más equitativa la gestión del agua.

## Evaluar la necesidad de sistemas de almacenamiento de agua

Los científicos del IWMI desarrollaron una herramienta de análisis para evaluar la necesidad de sistemas de almacenamiento de agua y su probable eficacia bajo las condiciones climáticas actuales y las condiciones futuras posibles. Dicho análisis se ha aplicado a la cuenca del Volta del África subsahariana y al tramo etíope de la cuenca del Nilo Azul. El instrumento analítico toma en cuenta la fiabilidad, la resiliencia y la vulnerabilidad, así como los aspectos económicos, sociales y ambientales de las distintas opciones de almacenamiento de agua para diferentes áreas. Los resultados pueden representarse en forma tal que quede clara la interrelación entre las características clave de una opción de almacenamiento.



Su análisis evidenció que en toda el África subsahariana, la mayor necesidad de almacenamiento correspondía a la zona del Sahel, al Cuerno de África y al sur de África, con zonas de mayor necesidad en el sur de Angola, en Ruanda, Burundi y Uganda, así como en Malawi y Mozambique. En Etiopía y Ghana, la necesidad mayor no correspondía a las zonas con la menor tasa de precipitaciones como se podría haber previsto, sino más bien a las zonas con mayor densidad de población. Según las previsiones para un escenario con cambio climático de impacto medio, la eficacia del sistema de almacenamiento probablemente disminuirá tanto en la cuenca del Volta como en la del Nilo Azul. La herramienta de análisis constituye un paso inicial hacia unos enfoques más rigurosos para evaluar las inversiones en el almacenamiento de agua para la agricultura.

Fuentes: McCartney y Smakhtin (2010); McCartney et al. (2013b)

## Invertir de manera inteligente

Cuando se planea invertir, también hay que tener en cuenta el cambio climático. Las inversiones pueden variar desde inversiones en grandes represas y sistemas de riego, trasvases entre distintas cuencas hídricas y dentro de una misma cuenca o reforestaciones, hasta sistemas de tarificación y técnicas de gestión del agua. La introducción de infraestructuras o tecnologías nuevas podría aportar beneficios, que sin embargo podrían ser mucho más reducidos si se comparan con los que se tendrían si no se produjese el cambio climático. El hecho de introducir nuevas tecnologías o desarrollar nuevas infraestructuras puede afectar los ecosistemas o aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua. Sin embargo, el hecho de no hacerlo también puede tener implicaciones significativas. Un análisis riguroso de las infraestructuras o tecnologías propuestas ayudaría a los responsables de la toma de decisiones a invertir de manera inteligente y evitar consecuencias no previstas.

## Sopesar los costos y los beneficios

En África y, en menor medida, en Asia, la capacidad insuficiente para gestionar la variabilidad climática es en gran parte la causa determinante de la pobreza dominante y de la inseguridad alimentaria. Se prevé que estos continentes serán los que sufran las peores consecuencias del cambio climático. Nuevas estrategias pueden ayudar a manejar la variabilidad climática actual y futura, por ejemplo, almacenando agua en embalses que puedan utilizarse para el riego durante los periodos de sequía. Los enfoques de evaluación y modelización del IWMI permiten a los países con escasa capacidad de planificación prever los posibles resultados de las estrategias de adaptación en distintos escenarios y tener en cuenta las alternativas y las contrapartidas. Los modelos pueden ayudar a los planificadores a prever los efectos del riego y de los sistemas de energía hidroeléctrica, aguas arriba y aguas abajo, en la agricultura, la socioeconomía y el medio ambiente bajo diferentes escenarios del cambio climático.

## Evitar los umbrales críticos del cambio climático

Los umbrales críticos son los puntos cruciales en los que el cambio climático provocará un impacto negativo. Por ejemplo, el calentamiento global puede aumentar las temperaturas a un punto tal que la malaria aparezca en regiones no afectadas precedentemente. En este caso, los depósitos de almacenamiento de agua que anteriormente podrían haber sido adecuados ya no lo serían, a menos que no se los adaptase para que los mosquitos no pudieran reproducirse en ellos. La prisa por desarrollar sistemas de recogida y almacenamiento de agua para adaptarse al cambio climático podría incrementar los riesgos para la salud de las personas ya vulnerables. Estar conscientes de estos umbrales críticos resulta ser el primer paso para evitar consecuencias imprevistas.



Fotografía: Sanjini de Silva



## Sopesar los costos y los beneficios de los sistemas de riego y de los sistemas de energía hidroeléctrica en la cuenca del Volta durante el cambio climático

Para ayudar a los planificadores en la cuenca del Volta a prever de qué manera los sistemas de riego y de energía hidroeléctrica obrarían en un entorno con cambio climático de impacto medio, los investigadores del IWMI utilizaron un modelo climático regional dinámico (Simulación de Cambio Climático - CCLM), un modelo hidrológico (Herramienta de Evaluación del Suelo y del Agua - SWAT) y un modelo para recursos hídricos (Sistema de Evaluación y Planificación del Agua - WEAP). Así, se prevé que hacia el año 2050, en la cuenca del Volta disminuirá el promedio anual de precipitaciones, así como la media anual de escorrentía y la de recarga de acuíferos. Si, como predice el modelo, las precipitaciones anuales disminuyen en un 20%, el cauce del Volta podría menguar en un 24% en 2050. Esto significa que las centrales hidroeléctricas que se han planificado y se están construyendo generarían menos energía de lo previsto, sin tener en cuenta el cambio climático. Y puesto que la demanda de agua de riego aumentará, será difícil que los embalses cubran las necesidades.

Fuente: McCartney et al. (2012)

## Las represas y la malaria

Adaptarse al cambio requiere una mejor gestión del agua que, en los países menos desarrollados del mundo, incluye el desarrollo de un nuevo sistema de almacenamiento, tanto a pequeña como a gran escala. El incremento en la prevalencia de la malaria asociada al desarrollo y a la gestión de estas represas se debe a las complejas interacciones entre los individuos, su situación socioeconómica, los agentes patógenos y los mosquitos. La alta densidad de población en proximidad de las represas a menudo coincide con un elevadísimo número de mosquitos, a causa de los hábitats reproductivos ideales a orillas de los embalses. Un estudio reciente sobre la presa de Koka en Etiopía central, realizado por el IWMI y sus asociados, cuantificó el impacto de la presa sobre el fenómeno de la malaria. Aunque la zona es conocida por la transmisión estacional de la malaria, los científicos averiguaron que a lo largo del año se producía un número mayor de casos en las aldeas más cercanas a la presa que en los poblados más alejados. Sea las larvas que los mosquitos adultos de la especie *Anopheles* eran muchos más abundantes cerca de la presa. La presa de Koka, al proporcionar un hábitat apropiado a la reproducción de los mosquitos, sobre todo en las huellas de cascotes de ganado, aumenta el riesgo de que los habitantes de la zona contraigan la malaria.

En un futuro cercano, se construirán muchas represas en África, pequeñas y grandes. Además de reportar beneficios, estas represas implicarán costos, también en términos de impactos perjudiciales para la salud, de los cuales la malaria es el más grave. La malaria y otros problemas de salud relacionados con las represas deben tenerse en cuenta durante los procesos de planificación y gestión de presas. La evaluación del impacto sobre la salud y la evaluación del impacto sanitario representan unos métodos globales y sistemáticos que incluyen consideraciones sobre la salud en el desarrollo y funcionamiento de represas.

Fuente: IWMI (2010)



Fotografía: Nico Sepe

## Dar voz a los desoídos

Muchas prácticas de gestión del agua que parecen prometedoras para la adaptación se basan en la sabiduría local. Por ejemplo, el drenaje de arrozales en plena temporada de crecimiento, estrategia para un uso más eficiente del agua, tiene su origen en la cultura tradicional china y japonesa. Las comunidades rurales poseen un verdadero caudal de conocimientos indígenas. Este activo intangible los ha ayudado a adaptarse a la variabilidad climática en el pasado. Es primordial saber quiénes son parte activa y quiénes son desoídos en los diferentes contextos y dar voz a estos últimos en la gobernanza de los recursos hídricos.

## Las mujeres

Las mujeres conocen los recursos hídricos locales: los que son de buena calidad y los que no son seguros, los que resultan insuficientes en períodos de sequía y los que siguen fluyendo.

Las mujeres, ya que se hacen cargo de muchas tareas relacionadas con el agua, saben cómo utilizar los escasos recursos hídricos de manera eficiente. Estos conocimientos raras veces son reconocidos, pese a que los métodos de gestión del agua de las mujeres son a menudo localmente apropiados, flexibles y, por lo general, social y ambientalmente responsables. En las aldeas en las cuales los jefes y los ancianos toman en cuenta las voces de las mujeres y les atribuyen el control sobre los recursos, como en la comunidad marma en Bangladesh, los recursos son utilizados de manera más eficiente y productiva. Casos como éste demuestran que, si a las mujeres se les da la oportunidad de hablar y participar, tienen mucho que aportar en los programas de adaptación al cambio climático.

La costumbre arraigada de que los ancianos y los hombres son los que toman las decisiones no sólo excluye a las mujeres, sino que, incluso cuando ellas participan, las disuade de hacerlo plenamente. El sistema de cuotas para la

participación de las mujeres en los comités de riego a menudo equivale a una presencia simbólica y no representativa. Las mujeres están notablemente ausentes en los niveles más altos de la gestión del agua. Un estudio del IWMI sobre la actuación y el funcionamiento de las asociaciones de gestión del agua y de los comités encargados del control de las compuertas de las represas evidenció el predominio casi absoluto de los hombres, pese a la existencia de una disposición legal que obliga a la inclusión de mujeres. Sin embargo, incluso teniendo todo en su contra, en varias ocasiones las mujeres han demostrado que pueden y logran adaptarse a los cambios provocados directa o indirectamente por el cambio climático y otros factores. Algunas cooperativas pesqueras dirigidas por mujeres en Bihar, India, han conseguido romper las barreras de lo tradicional y asegurarse el derecho permanente de gestionar los recursos hídricos y terrestres. Estas mujeres han alcanzado poder suficiente para hacer presión y conseguir la renovación de sus contratos de arrendamiento.

El fortalecimiento de capacidades y otras actividades de organizaciones no gubernamentales para las mujeres han contribuido a su empoderamiento. Fortalecer las capacidades de gestión de los recursos hídricos de las mujeres constituye una clara oportunidad para que ellas puedan aumentar la resiliencia y adaptarse al cambio climático.

## Los grupos marginados

La estratificación económica y social, incluso aquella regida por la riqueza y la clase, y la discriminación basada en la casta o la religión, hacen que para los grupos marginados sea difícil dar a conocer sus problemas, participar en los procesos de planificación y de gestión, y contribuir con sus experiencias personales. La pobreza y la falta de voz impiden su participación.

## Las raíces

La falta de voz atañe también los gobiernos locales en muchas comunidades rurales y vulnerables. Con frecuencia, saben poco acerca de la adaptación al cambio climático o de los programas de preparación al cambio climático de las altas esferas del gobierno, o bien no tienen voz en la configuración de los mismos. A menudo, parece haber una extensa brecha entre los programas nacionales para el desarrollo de la resiliencia de las comunidades y lo que ocurre sobre el terreno.

## Acceso desigual a los fondos para la adaptación en Nepal

Un estudio del IWMI ha revelado que las mujeres en Nepal tienen menor acceso que los hombres a la tierra, a la educación, a la información y a las redes sociales, por lo que su resiliencia es inferior y cuentan con menos posibilidades de adaptación al cambio climático. Las mujeres indígenas y las dalits en Nepal son aún más vulnerables, ya que se enfrentan a la discriminación de género y de castas. A pesar de que Nepal posee una estrategia centrada en programas de adaptación para los vulnerables como los dalit, las mujeres y las personas con discapacidad, se trata de una estrategia de adaptación entre grupos. Sin embargo, un estudio sobre los “ciudadanos desiguales” evidenció que los hombres y las mujeres dalit no tienen tiempo para participar en actividades de grupo. Los grupos están dominados por hombres y mujeres de castas superiores. Esto significa que, pese a los esfuerzos de las políticas de adaptación al cambio climático a nivel nacional para destinar fondos a las mujeres y a los grupos marginados, los hombres y las mujeres dalit, así como las comunidades indígenas, no acceden a dichos fondos porque los miembros de las castas superiores controlan su distribución.

Fuente: Sugden et al. (próximamente)



Fotografía: Waterdotorg, Creative Commons

## Reconsiderar los antiguos sistemas de almacenamiento del agua



Fotografía: Ravinder Malik

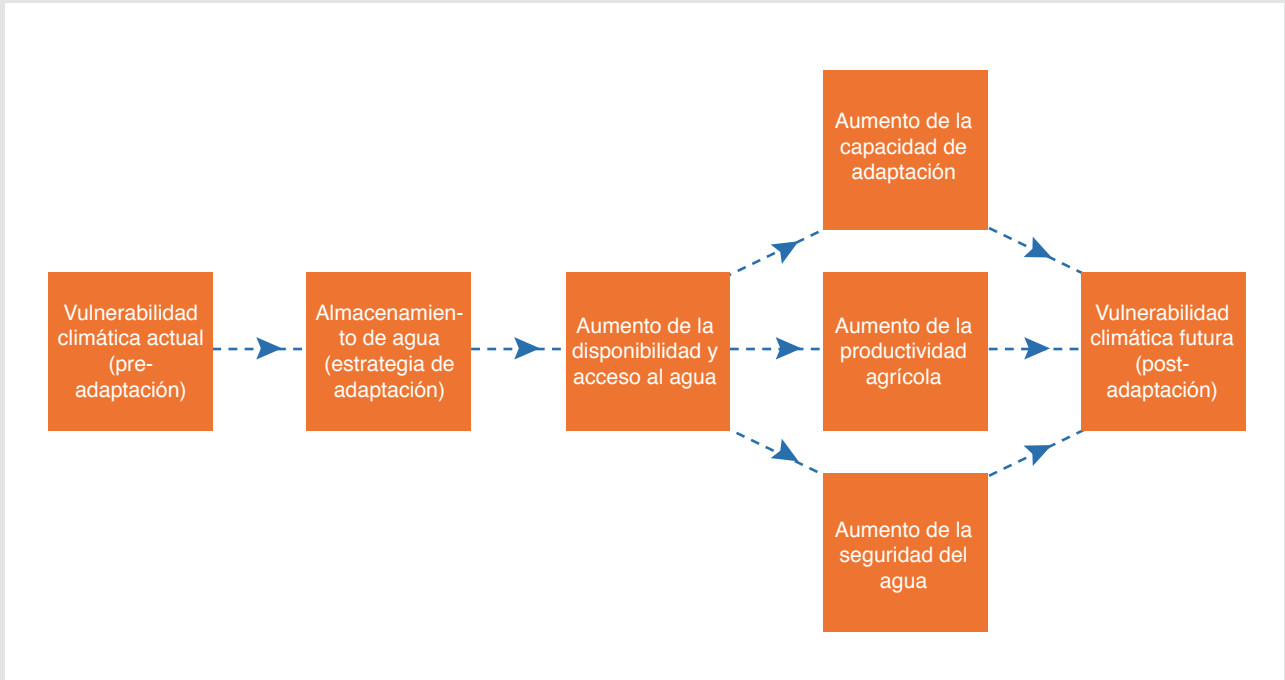
Algunos de los enfoques más prometedores sobre la adaptación implican rescatar prácticas antiguas, entre ellas las de almacenamiento de agua. Almacenar el agua para utilizarla en los normales periodos de sequía es una manera de adaptarse a la variabilidad de las precipitaciones, de aumentar significativamente la productividad agrícola y mejorar el bienestar de las personas. Los sistemas de almacenamiento y distribución de agua, consistentes en atesorar el agua durante los periodos de lluvia para utilizarla durante las sequías y en transferir el agua de las zonas en las que abunda a las zonas en las que escasea, ayudan a manejar el déficit hídrico debido a cambios en los patrones de las precipitaciones o de los caudales.

Se tiende a pensar que los embalses y las presas de gran tamaño sean los únicos métodos de almacenamiento del agua. No obstante, existe una amplia gama de opciones, tales como humedales naturales,

acuíferos subterráneos, estanques y depósitos pequeños. Las opciones flexibles de almacenamiento de agua son las más prácticas, inmediatas y rentables a la hora de hacer frente a la variabilidad existente y a la futura escasez de agua debida al cambio climático. Gran parte del proceso de adaptación se puede llevar a cabo a pequeña escala. Cubrir los depósitos de agua para reducir la evaporación cuando las temperaturas aumenten ayuda a ahorrar agua y a disponer de ella para regar un huerto o una parcela de pequeño tamaño. En el sistema del Canal Indira Gandhi en la India, el Gobierno de Rajastán otorga subvenciones a los agricultores para la construcción de estanques de granja. Éstos se llenan a través del canal una vez al mes y los agricultores pueden luego extraer agua del estanque cuando sea necesario. Este tipo de medidas se puede combinar con otras tecnologías para el ahorro del agua, como el microrriego.

## El almacenamiento de agua como estrategia de adaptación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático

El almacenamiento de agua puede desempeñar un papel clave en el desarrollo sostenible y en el proceso de adaptación al cambio climático. Puede mejorar tanto la seguridad del agua como la productividad agrícola. Sin embargo, todos los tipos de almacenamiento de agua también son potencialmente vulnerables a la variabilidad climática. Cuando la lluvia escasea, es posible que los estanques y los depósitos no se llenen o lo hagan con menor frecuencia, de modo que no pueden proporcionar suficiente agua para el riego.

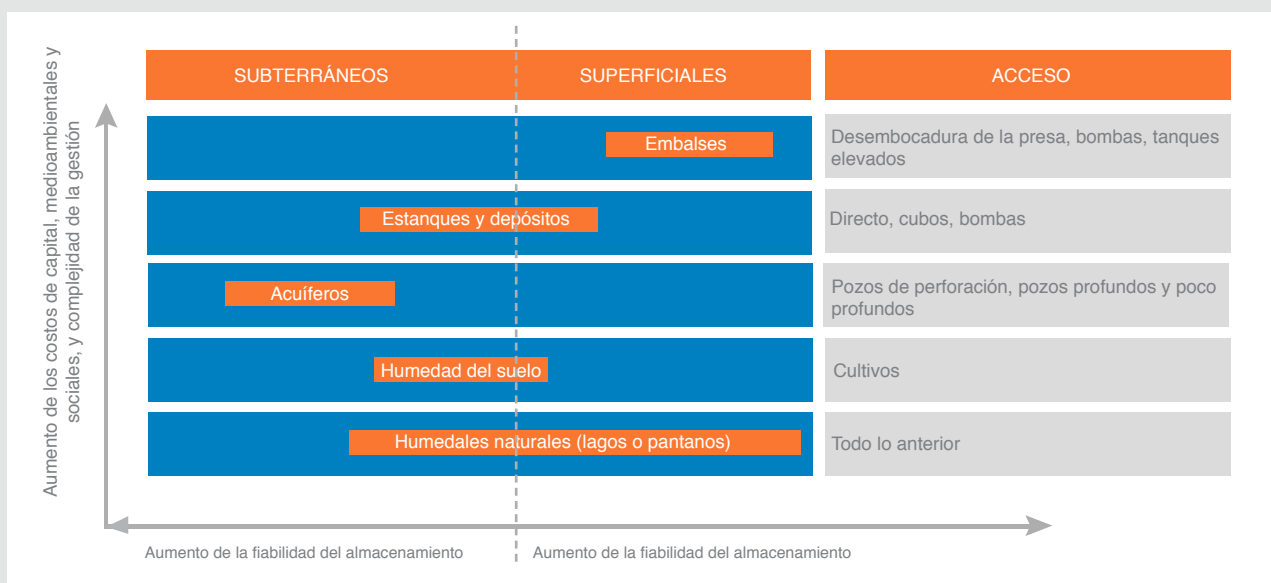


Fuente: McCartney Smakhtin (2010)



## Opciones para el almacenamiento de agua a varias escalas

Varios estudios del IWMI analizan una amplia gama de opciones para almacenar agua en diferentes circunstancias sociales y ecológicas y a varias escalas. Los científicos llevan a cabo estudios sobre la cantidad de agua que puede almacenar una cuenca en las actuales condiciones de variabilidad y en condiciones de variabilidad cada vez mayor, sobre sistemas de almacenamiento para situaciones diferentes, sobre los tipos de almacenamiento que garantizarán el suministro de agua cuando se necesite y las ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento de agua y sus varias combinaciones.



Todas las opciones de almacenamiento suponen un costo y unos beneficios, y dondequiera que se utilice una de ellas, su grado de seguridad en cuanto a abastecimiento de agua será diferente. Cualquier estructura de almacenamiento de agua, desde un depósito pequeño hasta una presa grande, tendrá un efecto sobre el sistema natural en el que se encuentra. Los procedimientos que combinan varios sistemas de almacenamiento de agua probablemente son más fiables que los que se basan en un único sistema. Raras veces se obtiene una combinación de sistemas infalible y, en la mayoría de los casos, habrá contrapartidas. Es importante buscar nuevas formas de almacenar el agua de manera permanente en distintas escalas y utilizar tecnologías y prácticas complementarias de ahorro de agua.

Fuente: McCartney y Smakhtin (2010)



## Regreso al método tradicional de almacenamiento de agua en Sri Lanka

Dada la importancia de los recursos hídricos y de la agricultura para la futura seguridad alimentaria de Sri Lanka, el Gobierno ha decidido reinstaurar el antiguo sistema de almacenamiento por tanque. En la antigüedad, en los reinos de Sri Lanka, se utilizaban grandes tanques sobre tierra para recoger y almacenar las aguas pluviales. Los agricultores usaban el agua así almacenada para regar sus cultivos durante los periodos de sequía. Esto significaba que podían extraer menos agua de los pozos y evitar de este modo que se secasen.

El restablecimiento de tal sistema de almacenamiento proporcionará agua para el riego durante las sequías y permitirá almacenar el exceso de agua durante los periodos lluviosos. Este sistema, junto con otras medidas, tales como la recolección de agua de lluvia, el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas, la reutilización de las aguas residuales y el apoyo a la adopción de tecnologías de microrriego, hará que los agricultores tengan mayores posibilidades de hacer frente a la variabilidad actual y futura de los suministros de agua.

Fuente: Eriyagama et al. (2010)

## Almacenar las aguas subterráneas

El sistema de almacenamiento de aguas subterráneas está infrautilizado. Ciertas estrategias de adaptación, como la de permitir que se llenen los depósitos poco profundos de aguas subterráneas durante la época de precipitaciones y utilizar el agua para el riego en la temporada de sequía, no necesitan infraestructuras a gran escala. Almacenar y trasvasar agua de esta forma puede permitir casi todos los años disponer de agua de riego para unas semanas más. La Junta Central de Aguas Subterráneas de la India estima que tan sólo el 10% de las precipitaciones anuales en el país recarga de manera natural las aguas subterráneas. Los estudios del IWMI muestran que animando a los millones de agricultores, hogares y comunidades con estanques artificiales y pozos a adaptarlos para que alimenten los sistemas de aguas subterráneas en la temporada de precipitaciones, se recogería una mayor cantidad de aguas pluviales y se evitaría la disminución del nivel de las aguas subterráneas. Un suministro fiable de aguas subterráneas permitiría a los agricultores afrontar mejor la variabilidad climática. Los agricultores están dispuestos a aplicar este sistema porque valoran el hecho de tener acceso directo a las aguas subterráneas cuando lo necesiten. El almacenamiento de aguas subterráneas contribuye a garantizar que los agricultores y los pastores dispongan de un suministro suficiente y fiable de agua en condiciones de creciente variabilidad y grandes sequías.



Fotografía: Joe Ronzio

## Gestionar la recarga de acuíferos

En muchos casos, las medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de las aguas subterráneas frente al cambio climático son las mismas que las que se necesitan para hacer frente a cuestiones como sobreasignaciones, explotación no sostenible de aguas subterráneas o inundaciones. La recarga artificial de acuíferos (RAA) limita las pérdidas por evaporación, almacena el agua para su uso en los años de sequía y puede contribuir a reducir las inundaciones en las zonas bajas. La RAA suele emplearse cada vez más en los entornos secos en los que a menudo abundan los acuíferos poco profundos y sus costos pueden ser relativamente bajos, aunque también tiene potencial en las regiones húmedas.

## El aprovechamiento potencial de las inundaciones para el riego en la cuenca del Chao Phraya en Tailandia

Los científicos del IWMI han investigado si capturando el exceso de escorrentía en los tramos superiores de la cuenca del Chao Phraya se podían evitar las inundaciones en los tramos inferiores. Han descubierto que el flujo máximo por encima de un cierto nivel podría recogerse una vez cada cuatro años y utilizarse para recargar los acuíferos aluviales poco profundos en una extensión de unos 200 kilómetros cuadrados aguas arriba de las zonas propensas a inundaciones. Capturando así dicho flujo, se reducirían la gravedad y las consecuencias socioeconómicas de las inundaciones, sin que esto afectara significativamente los embalses pequeños o medianos, ni el Golfo de Tailandia, ni los ecosistemas deltaicos. Los pequeños agricultores de las zonas de secano podrían utilizar el agua almacenada en los acuíferos para producir cultivos comerciales durante la temporada de sequía, sin comprometer indebidamente las demandas de los demás usuarios.

Dicho sistema sería una forma de adaptar la cuenca del Chao Phraya propensa a inundarse a la variabilidad climática presente y futura. Los científicos del IWMI estudian actualmente el potencial aprovechamiento de las inundaciones para el riego en otras grandes cuencas de Asia.

Fuente: Pavelic et al. (2012b)



Fotografía: Akiça Bahri





Fotografía: Joe Ronzio

## Preservar la humedad del suelo

Es fundamental, para el crecimiento de las plantas, que el suelo retenga el agua. Sin embargo, en algunas zonas, la humedad del suelo es limitada y se agota rápidamente por evapotranspiración. Diversas técnicas de probada eficacia (conocidas como conservación del suelo y del agua) pueden mejorar la infiltración y preservar la humedad del suelo, estabilizando y mejorando así el rendimiento de los cultivos y aprovechando el agua de lluvia de manera más eficaz. Entre las técnicas más eficaces se incluyen la labranza profunda, la labranza reducida, la labranza cero y varios tipos de cuencas de cultivo.

Las medidas para mejorar la humedad del

suelo a pequeña escala también pueden aumentar la producción o producir beneficios medioambientales. A nivel mundial, alrededor del 75% de los cultivos son de secano, por lo que las prácticas agrícolas que ayuden a preservar la humedad del suelo constituyen unas estrategias importantes de adaptación allá donde el riego no es técnica o económicamente viable. Por ejemplo, el riego a menudo no es factible en las tierras altas de Laos, en la cuenca del Mekong, en las que el crecimiento de la población está impulsando el cambio de los cultivos de rotación a unos más intensivos. En esa zona, la agricultura de conservación, la captura de las aguas pluviales y el almacenamiento de la escorrentía son técnicas de adaptación muy prácticas.

## Estrategias de conservación del suelo y del agua para la adaptación al cambio climático

En la cuenca occidental del Seti, en Nepal, es difícil prever las tendencias futuras en materia de precipitaciones y nivel de caudales derivadas del cambio climático. Un estudio reciente del IWMI ha analizado diferentes estrategias de gestión del agua: forestación de tierras degradadas, conservación del agua en fincas, estanques de infiltración y pequeños embalses. Combinando todas las estrategias se obtuvo la reducción eficaz de la escorrentía superficial y el aumento de la infiltración, logrando así una mayor cantidad de agua disponible en la temporada de sequía.

Combinar estrategias para la rehabilitación de tierras y recursos hídricos degradados es de igual modo una táctica de adaptación para las zonas secas. Por ejemplo, la aplicación del fosfoyeso, un suplemento del calcio, a los suelos dañados por el magnesio puede significar el ahorro de 200 litros de agua por cada kilogramo de algodón producido. Este ahorro, si adoptado a gran escala, podría representar una medida de adaptación importante en las regiones secas donde la degradación de la tierra y el deterioro de la calidad del agua se han generalizado.

Fuentes: Gurung et al. (2013); Qadir et al. (2013)

# Aumentar la producción de alimentos por unidad de agua



Fotografía: Neil Palmer

Dado que a nivel mundial la agricultura utiliza el 70-80% del agua dulce, la competencia por la obtención de agua entre agricultores y demás usuarios se revelará un problema en muchos países en los años venideros. El grado de competencia dependerá de la geografía y de la magnitud del uso de este recurso, así como de factores como urbanización, cambios en la demanda de alimentos, desarrollo industrial y relativa escasez de agua en una estación determinada. Durante los próximos 40 años, los agricultores tendrán que encontrar la forma de producir entre un 60-70% más para alimentar a la creciente población mundial; y se verán obligados a hacerlo al tiempo que decrece la parte de agua dulce con la que pueden contar y tengan que adaptarse a un cambio climático progresivo. Esto significa que cada unidad de agua deberá producir más.

La pobreza y la inseguridad alimentaria son generalmente mayores allá donde la productividad del agua es menor.

El aumento de la productividad del agua representa una manera eficaz de intensificar la producción agrícola, mejorar la resiliencia de las comunidades y reducir la degradación del medio ambiente. Existe un caudal considerable de conocimientos sobre los cambios en los sistemas agrícolas y la gestión del agua, conocimientos que serán de utilidad para preservar e incrementar la producción agrícola. En el sudeste de Asia y África, los agricultores que han adoptado el “sistema de intensificación del arroz”, no sólo utilizan menos agua porque riegan de forma intermitente en lugar de inundar los campos de arroz, sino que aumentan además el rendimiento y cuidan del medio ambiente. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías a menudo implica contrapartidas. En este caso, el cultivo intensivo de arroz requiere mayor mano de obra, mayor deshierbe y mayor atención a la gestión del agua. Existen muy pocas medidas que solo presenten ventajas.

## Posibilidades regionales para la seguridad alimentaria a prueba de futuro

Región	Posible efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria	Posibilidades de adaptación
Cuenca del Indo-Ganges	Aumento o reducción de la seguridad alimentaria en función del impacto del calentamiento global en la evapotranspiración. Cambios estacionales de las corrientes ya que la nieve se derrite antes	Almacenar agua en invierno y gestionar la recarga de las aguas subterráneas para abastecer el riego durante la temporada de sequía
Cuenca del Karkheh	Probable reducción de la seguridad alimentaria debido a un calentamiento significativo	Industrializar y diversificar los medios de subsistencia. Almacenar el agua para el riego donde el autoabastecimiento es crucial
Cuenca del Limpopo	Probable reducción de la seguridad alimentaria a causa de las escasas precipitaciones sumadas al calentamiento global. Dependerá del cambio de la variación estacional	Diversificar los medios de subsistencia, cosechar y almacenar agua de lluvia
Cuenca del Mekong	Probablemente impacto limitado en lo que se refiere al calentamiento global y a las lluvias; puede en cambio verse afectada por las inundaciones y la subida del nivel del mar	Gestionar el caudal de las tormentas, diversificar los medios de subsistencia y gestionar la calidad del agua
Cuenca del Níger	Posible mejora debido a la humedad, dependiendo del impacto del calentamiento y del cambio de la variación estacional	Reducir los impactos de los perjuicios causados por las precipitaciones y las variaciones estacionales cosechando la lluvia, almacenando el agua, explotando las aguas subterráneas y estableciendo sistemas de alerta temprana
Cuenca del Nilo	Variable de norte a sur, con una considerable incertidumbre	Reducir los impactos de los perjuicios causados por las precipitaciones y las variaciones estacionales cosechando el agua de lluvia y recurriendo a una migración estacional del ganado
Cuenca del río Amarillo	Posible mejora gracias a las altas temperaturas que prolongan la temporada de cultivo y también gracias al aumento de las precipitaciones, dependiendo sin embargo del cambio de la variedad estacional	Diversificar los medios de subsistencia. Gestionar la variabilidad estacional e interanual cosechando agua de lluvia, almacenándola y recargando los acuíferos

Fuente: Mulligan et al. (2011)

## Gestionar la variabilidad

Independientemente de los planes, de las políticas y estrategias nacionales, los agricultores intentan adaptarse a nivel local a pesar de que, muchas veces, reciban un escaso apoyo externo.

Los agricultores siempre han convivido con la variabilidad del clima y cuentan con estrategias para adaptarse al cambio climático. Ellos ya enfrentan variaciones estacionales y lluvias que se adelantan o se atrasan o duran menos o más de la cuenta.

Tras varios años de precipitaciones escasas, los agricultores del tramo superior de la cuenca del río Bhima, en el suroeste de la India, están pasando del cultivo de la caña de azúcar que requiere mucha agua al de la soja, medida ésta de adaptación a la escasez de agua que además les proporciona una mayor rentabilidad. Al diversificar su sistema de cultivo mediante la plantación de verduras y arroz para adaptarse a la urbanización y a los mercados en desarrollo, los productores de arroz en las afueras de los pueblos y de

agua y, al mismo tiempo, se hacen más resistentes al cambio climático.

El IWMI y otras instituciones han desarrollado una amplia gama de tecnologías que se basan en las estrategias y prácticas existentes de los agricultores para hacer frente a la variabilidad climática. La combinación de tácticas, tales como el cultivo de una gran variedad de productos, el cultivo de productos más resistentes a la sequía o que necesiten menos agua en momentos críticos, la instalación de sistemas de microrriego y la construcción de pequeños estanques o depósitos, hace que disminuya el riesgo de tener malas cosechas y aumente el rendimiento de la productividad y la resiliencia al cambio climático. En Madhya Pradesh, los ingresos de los agricultores que construyeron estanques de granja para el riego de legumbres y trigo han aumentado en más del 70%. En Tanzania, la mitad de los ingresos en efectivo de los pequeños productores en la estación seca provienen del cultivo de hortalizas de regadío. En Zambia, el 20% de los pequeños agricultores que cultivan hortalizas en la estación seca recurriendo al riego a pequeña escala ganan 35% más que los que no lo hacen.

## Reconsiderar la agricultura: ayudar a los agricultores a gestionar la variabilidad climática y reducir el riesgo

- Mejorar la productividad del agua
- Diversificar la producción (ej., cultivos mixtos, ganadería, acuicultura)
- Cambiar los sistemas de cultivo pasando a los que necesiten menos agua
- Mejorar la eficiencia del uso del agua (ej., por goteo o aspersores en vez de irrigación)
- Incitar al uso de tecnologías de riego asequibles y de prácticas de gestión del agua a pequeña escala
- Reconsiderar las prácticas tradicionales de gestión del agua
- Diversificar el almacenamiento de agua (ej., estanques, depósitos pequeños, embalses)
- Ofrecer asesoramiento sobre comercialización (ej., sobre acceso, transparencia) e infraestructuras (ej., carreteras, electricidad, telecomunicaciones)
- Promover el desarrollo de la agricultura extensiva que anime y oriente hacia oportunidades y empresas rurales no agrícolas para complementar los ingresos derivados de la agricultura
- Asegurar los derechos sobre la tenencia de la tierra y sobre el agua, así como los derechos de acceso a las propiedades comunes como bosques, humedales, ríos y lagos
- Determinar la manera de acceder a recursos y servicios (ej., servicios de divulgación, de información climática) en apoyo a la adaptación, teniendo en cuenta los factores sociales (ej., género, casta, clase) que afectan la vulnerabilidad
- Desarrollar sistemas de promoción de la cooperación en materia del agua
- Mejorar el rendimiento y la flexibilidad de los sistemas de riego públicos

Fuente: Johnston et al. (2010)

## Gestionar la demanda

Los agricultores pueden recibir ayuda de las autoridades locales para adaptarse a la variabilidad y al cambio climático, pero cuando se trate de planificar y aprobar proyectos a nivel de cuencas, como desviar el agua de riego para preservar el medio ambiente y sacar beneficios de los servicios del ecosistema, es probable que la autoridad corresponda a los políticos o a otras esferas. Los responsables de la toma de decisiones deben comprender bien las disyuntivas en juego, por ejemplo, los beneficios a los que haya que renunciar al redistribuir el agua de los canales de riego a los caudales ambientales según diferentes esquemas de asignación de agua y escenarios de cambio climático. Tal comprensión puede ayudarlos a gestionar la demanda.

La reforma de la gestión del riego es una manera viable para aumentar la productividad del agua en muchos países. A lo largo de la cuenca del Mekong, los países están planificando y construyendo grandes sistemas de riego. Entretanto, los sistemas de riego públicos a menudo son concebidos de manera inapropiada y su rendimiento está muy por debajo de su potencial debido a la forma en que se explotan y mantienen. En Tanzania, los sistemas de riego gestionados por la comunidad están incrementando los ingresos y el rendimiento en la misma medida que los sistemas administrados por el estado, pero a un costo inferior. Se puede producir más por unidad de agua modificando las prácticas de gestión en la agricultura de regadío para hacer frente a la incertidumbre



Fotografía: David Brazier

## Comprender los compromisos entre dotaciones para los caudales ambientales y dotaciones para el riego en la cuenca del Alto Gan

Un reciente estudio del IWMI ha analizado las disyuntivas entre dotaciones para caudales ambientales y dotaciones para canales de riego en la cuenca del Alto Ganges en condiciones climáticas cambiantes.

El estudio evaluó el incremento y la disminución marginales en el valor de la producción agrícola dentro y fuera de la cuenca del Alto Ganges en busca de cambios en el volumen de riego superficial. El estudio mostró que aunque los canales de riego se redujeran en un gran porcentaje, no habría mucha diferencia. Esto se debe a que las aguas subterráneas tienen una capacidad de irrigación seis veces mayor que los canales. En el Alto Ganges, la agricultura es la mayor consumidora de agua. La productividad de la tierra y del agua es muy baja. Mejorando la gestión del agua, reduciendo su uso gracias al cambio a cultivos que requieren poca agua e introduciendo sistemas de goteo o aspersión que irrigan de manera más eficiente, se podría compensar de manera efectiva el agua desviada de los canales para los caudales ambientales.

Fuente: Bharati et al. (2012)



Fotografía: Sanjini de Silva

energía solar, personas o animales - y las técnicas de microrriego, desde recipientes de arcilla hasta goteros, también pueden mejorar significativamente la resistencia a la variabilidad climática e incidir significativamente en la productividad agrícola. Durante la temporada de sequía, el riego del arroz podría mejorar su rendimiento entre un 70 y un 300% en el África subsahariana.

Estos métodos para impulsar la producción de secano a nivel local mejoran la resiliencia y reducen los riesgos para los agricultores y las comunidades. El Proyecto AgWater Solutions, iniciativa liderada por el IWMI, ha proporcionado recomendaciones y herramientas prácticas a los gobiernos, al sector privado, a los donantes y a las organizaciones para que apoyen las iniciativas de riego a pequeña escala llevadas a cabo por los agricultores en el África subsahariana.

## Impulsar la agricultura de secano

El 60% de los alimentos a nivel mundial se produce en tierras agrícolas de secano. El riego suplementario (irrigación utilizada sólo en las etapas críticas del cultivo), junto con un terreno más fértil, con nutrientes y una adecuada gestión del cultivo, puede aumentar a más del doble la productividad del agua y el rendimiento de los cultivos en los terrenos agrícolas de secano a pequeña escala. Los principales aumentos de la producción en el delta del Mekong, por ejemplo, se han logrado mediante el riego suplementario en la temporada de sequía.

Un simple sistema de extracción de agua - alimentado por combustibles fósiles, electricidad,

## Aprovechar el potencial de las mujeres

Las mujeres constituyen como promedio el 43% de la mano de obra agrícola en los países en desarrollo. Las mujeres agricultoras producen menos que los agricultores hombres, no porque sean menos eficientes, sino porque tienen menos acceso que los hombres a los recursos productivos y a las oportunidades. Los gobiernos son reacios a cambiar los derechos de propiedad, las leyes de ciudadanía y el acceso al crédito de manera que se brinden oportunidades a las mujeres. La estratificación económica a nivel familiar es de vital importancia a la hora de determinar las posibilidades de adaptación, en particular con respecto a la tenencia de la tierra.

El informe de la FAO, El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010-2011, *las mujeres en la agricultura: cerrar la brecha de género en áreas del desarrollo*, mostró que si las mujeres tuvieran el mismo acceso que los hombres a los recursos productivos, podrían aumentar el rendimiento de sus explotaciones agrícolas en un 20-30%. Esto a su vez podría incrementar la producción agrícola total en un 2.5-4% en los países en desarrollo.

En Bangladesh, Nepal y en la India las normas y reglamentos que privan a las mujeres de los derechos a la tierra y a otros recursos, así como las leyes formales y consuetudinarias que asignan bienes y responsabilidades a los hombres, evidencian que ellas tienen pocas posibilidades de adaptarse al cambio climático. La división sexista del trabajo, característica del purdah, impide a veces que las mujeres de Bangladesh se hagan cargo de los cultivos, incluso en tierras pertenecientes a la familia.

Educar en plan de igualdad tanto a los hombres como a las mujeres potenciará sus capacidades para aumentar la producción agrícola y la adaptación al cambio climático.

### Oportunidades para estrategias desde una perspectiva de género para responder al cambio climático

- Integrar perspectivas de género en las políticas, en los planes de acción y en otras medidas nacionales sobre desarrollo sostenible y cambio climático
- Llevar a cabo análisis sistemáticos de género. Recopilar y utilizar datos desglosados por sexo, establecer indicadores y puntos de referencia desde una perspectiva de género
- Desarrollar instrumentos prácticos para que se preste mayor atención a las cuestiones de género
- Asegurar que las mujeres sean consultadas y participen en las iniciativas relativas al cambio climático
- Fortalecer las asociaciones y redes de mujeres

Fuente: Sugden (2008)



Fotografía: Jim Holmes

Se ha comprobado que en la India, los distintos niveles de educación y alfabetización entre hombres y mujeres afectan su acceso a la información sobre el clima. Dado que las mujeres reciben generalmente menos educación y su acceso a la información y a las oportunidades es limitado, tienen menos probabilidades que los hombres de adquirir nuevas habilidades de producción agrícola. Los organizadores de los grupos de agricultores parten del presupuesto que las mujeres están menos preparadas y que, por lo tanto, no son candidatas apropiadas para los programas de formación. La mayoría de los contactos de las mujeres son con ONGs. Los programas de desarrollo para las mujeres, sean ellos gubernamentales o no, están a la zaga de la situación real en lo que se refiere al cambio y siguen centrándose en los sectores tradicionales de la mujer.

Las actitudes sociales y culturales tardan en cambiar. En algunos países, las tendencias favorables al cambio de actitud hacia el género, la casta y la clase, tienen aún mucho camino por recorrer. No obstante, aquí y allá están surgiendo cambios positivos. En las comunidades en que los cambios de condición, el cambio climático u otras razones, han impulsado a los hombres a emigrar en busca de trabajo, las mujeres se han visto obligadas a intervenir en ámbitos tradicionalmente masculinos. El éxodo de los hombres de las zonas rurales ha hecho que las mujeres se hagan cargo de las responsabilidades de los maridos, por ejemplo en lo que se refiere a los aspectos

## La migración obliga a las mujeres a adaptarse

Unos estudios realizados en los distritos de Khulna, Jamalpur y Bandarban de Bangladesh atribuyen el aumento de la participación de la mujer en la agricultura a la migración de los hombres inducida por el cambio climático. Las mujeres se han ido adaptando a la ausencia de los hombres pasando más horas en los campos. Al asumir la carga de un trabajo agrícola mayor, las mujeres han logrado además un mayor acceso y control sobre los cultivos y los insumos, aunque las compras de éstos siguen siendo en gran parte controladas por los hombres.

Fuente: Sugden et al. (próximamente)

técnicos del riego del acceso al canal y a las aguas subterráneas. Los cambios adicionales en este sentido serán de gran importancia para la adaptación al cambio climático. También ayudará el hecho de crear mayor conciencia acerca de los cambios que se están produciendo y del por qué, y de educar e informar a hombres y mujeres por igual. En la agricultura del futuro serán cada vez más las mujeres las que tengan el poder de decisión.



Fotografía: David Brazier

# Evaluar los recursos hídricos



En muchas partes del mundo no se dispone de datos climáticos a largo plazo o de registros de los caudales de los ríos. En algunos lugares es posible que los datos existan, pero están dispersos y son de difícil acceso. Esta falta de datos y de información no parece ser de pronta solución y aumenta las incertidumbres de los pronósticos del cambio climático. Los responsables de decisiones deben hacer frente a proyecciones que toman las tendencias históricas y las aplican a una amplia gama de futuros posibles. La incertidumbre a nivel mundial, sobre la amplitud de los cambios e incluso sobre la dirección de los mismos, es muy grande. Asimismo, los modelos son a una escala y de una resolución tales que para los encargados de la gestión de los recursos hídricos a nivel local, nacional o regional, resulta difícil servirse de ellos.

El IWMI se basa en los modelos elaborados por el Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático (IPCC), los aplica a nivel de parteaguas y cuencas, y elabora modelos de predicción de temperatura, precipitaciones y recursos hidrológicos e hídricos sirviéndose de los datos y de la información locales más fiables disponibles. Aun así, hay incertidumbres sobre las consecuencias del cambio climático, sobre todo cuando existen lagunas en los datos o cuando éstos no son fiables. Los modelos proporcionan una indicación de los posibles cambios en casos específicos en lugar de definir qué va a suceder en realidad. Pero, cuando diferentes modelos señalan aproximadamente las mismas tendencias, se cuenta con un pronóstico más certero sobre los posibles límites máximos y mínimos del cambio. Esto significa que los responsables de decisiones pueden centrarse en lo que es más probable que ocurra, en vez que en lo que aún está muy oscuro, a fin de conseguir que los sistemas agrícolas sean más resistentes al clima.



Las evaluaciones son el primer paso en el desarrollo de estrategias de adaptación equitativas y sostenibles. Los científicos del IWMI emplean una gama de modelos informáticos sobre temperatura, precipitaciones, recursos hidrológicos e hídricos, para evaluar cómo la variabilidad climática presente afecta los recursos hídrico y cómo podría afectarlos en el futuro. Un reciente estudio del IWMI sobre el arroz de secano en el bajo Mekong mostró que, incluso cuando los datos son limitados, se pueden conseguir evaluaciones razonables a nivel de cuenca o región utilizando modelos sencillos como AquaCrop.

Los instrumentos analíticos ayudan a los responsables de la toma de decisiones a entender los costos y beneficios de las medidas de adaptación propuestas. Presentan escenarios que permiten a las partes interesadas y a los responsables políticos hacerse una idea de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos. En la cuenca del Mekong, los análisis mostraron que no se apreciaba ni un aumento ni una disminución de las precipitaciones, pero sí un aumento de la temperatura. La construcción de grandes presas en los afluentes del Mekong para generar energía hidroeléctrica podría tener un impacto mucho mayor en los regímenes fluviales que el cambio climático, por lo menos en el futuro inmediato. El efecto más significativo del cambio climático sería causado por el aumento previsto del nivel del mar, ya que podría afectar la agricultura en la región del delta que es la parte más productiva de la cuenca del Mekong.

## Evaluar los riesgos

Los instrumentos de análisis también se pueden utilizar para identificar las comunidades y áreas (sobre todo las de mayor producción de alimentos) probablemente más vulnerables al cambio climático. Los gobiernos podrán entonces centrar los esfuerzos de adaptación en las zonas de mayor riesgo.

Las evaluaciones pueden concebirse para orientar los programas de adaptación hacia las áreas más amenazadas. Un estudio del IWMI clasificó las cuencas y vertientes en las bajas y altas montañas de Nepal dependiendo de su vulnerabilidad al cambio climático.

## Adaptación a la incertidumbre climática en Sri Lanka

Frente al alto grado de incertidumbre sobre el clima del futuro (algunas predicciones de modelos climáticos sugieren que las precipitaciones serán por encima de lo normal, otras en cambio que serán normales), el Gobierno de Sri Lanka ha decidido afrontar la variabilidad en lugar de guiarse por los pronósticos. Ha adoptado un enfoque amplio, teniendo en cuenta los modelos climáticos, así como las capacidades y vulnerabilidades de los agricultores. Para hacer que la agricultura sea más resistente al cambio climático, el Gobierno trabajará con los agricultores para rescatar las formas tradicionales de enfrentar la variabilidad climática. Este procedimiento ayudará a que los agricultores estén preparados a afrontar las condiciones de producción cambiantes en el futuro cercano y a largo plazo.

Fuente: Eriyagama et al. (2010)

Basándose en este estudio, el Banco Asiático de Desarrollo (BAsD) y el Departamento de Conservación y Gestión de Cuencas Hidrográficas están lanzando un programa piloto para aumentar la resistencia al cambio climático en las zonas más vulnerables. Las medidas incluyen la excavación de estanques de granja, bancales y diques de contención para el almacenamiento de agua. El IWMI está trabajando con el BAsD en el seguimiento del impacto de estas intervenciones.

La investigación del IWMI sobre la vulnerabilidad toma en cuenta, por ejemplo, los factores socioeconómicos, las infraestructuras y las tecnologías utilizadas, así como la variabilidad climática existente y prevista. La planificación de una intervención centrada en las zonas mayormente expuestas a la vulnerabilidad es más rentable que un modelo único para todas. Las nuevas tecnologías, la mejora de los servicios de información sobre el clima y los sistemas de protección pueden ayudar a las comunidades a adaptarse a los riesgos asociados al aumento de la variabilidad climática y a los fenómenos extremos.

## Nivel de riesgo por el cambio climático para los países de la cuenca del Ganges

Riesgo	India	Nepal	Bangladesh
Aumento de la temperatura	Alto	Muy alto	Alto
Retroceso de los glaciares	Alto	Alto	-
Inundaciones frecuentes	Alto	Alto	Muy alto
Sequías frecuentes	Alto	Alto en algunas zonas	Alto en algunas zonas
Aumento del nivel del mar	Moderado	-	Muy alto

Fuente: Hosterman et al. (2012)

### Identificación de áreas de riesgo en Sri Lanka

Los científicos del IWMI han desarrollado un índice que permite identificar los puntos mayormente expuestos a la vulnerabilidad al cambio climático en Sri Lanka. Han así descubierto que los distritos agrícolas típicos son más vulnerables que el resto del país debido a que se basan fundamentalmente en la agricultura primaria. Las infraestructuras deficientes, la escasez de bienes y la exposición a los fenómenos naturales hacen que las comunidades agrícolas sean menos capaces de adaptarse y, por tanto, más propensas a sufrir los efectos adversos del cambio climático. El Gobierno de Sri Lanka se ha servido de los resultados de este estudio para aplicarlos a nivel de distrito como parte del plan de acción nacional de adaptación.

Fuente: Eriyagama et al. (2010)



# Reforzar la resiliencia



Fotografía: Karen Conniff

Aceptar y enfrentar desde ya la variabilidad climática resulta la mejor forma de gestionar el cambio climático y otros cambios en el futuro. Es importante mejorar la gestión y la productividad del agua y conseguir la participación de agricultores, comunidades, responsables políticos, sector privado y sociedad civil para propiciar los cambios necesarios en los comportamientos individuales, en la tecnología, las instituciones y los sistemas agrícolas y socioeconómicos necesarios para la adaptación a un clima variable.

A corto plazo, es probable que la adaptación en muchas agroeconomías implique la adopción de mejores tecnologías para la agricultura y la gestión del agua. A largo plazo, en cambio, probablemente será la diversificación de las fuentes de ingresos la principal estrategia de adaptación. Las tendencias de la migración hacia los centros urbanos, los trabajos no agrícolas, las remesas desde el extranjero y las nuevas empresas que capitalizan los avances en la tecnología de la información y otras infraestructuras son prueba de que ya está en marcha el proceso de adaptación a los cambios del clima y a otros cambios. Los gobiernos podrían ayudar a hombres, mujeres y comunidades a adaptarse al cambio de circunstancias, incluyendo el clima más variable y extremo, ofreciendo servicios públicos, tales

como saneamiento, agua potable e información sobre agricultura, ganadería y pesca, más eficaces.

Adoptar un enfoque de desarrollo sostenible para la adaptación quiere decir ocuparse de la vulnerabilidad y no sólo del cambio climático. Promover un desarrollo agrícola de amplia base para sacar de la pobreza a las comunidades rurales de recursos escasos es probablemente la estrategia de adaptación más eficaz. El método de desarrollo sostenible aumenta la resiliencia y la capacidad de hacer frente a la variabilidad climática y a circunstancias imprevistas, tanto en el presente como en el futuro. Para muchas comunidades, la adaptación y el desarrollo sostenible serán una sola y única cosa. Al mejorar los ingresos, los medios de subsistencia y el bienestar, aumentará también la resiliencia.

## Posibilidades de desarrollo sostenible para fortalecer la resiliencia

- Proporcionar derechos seguros sobre la tenencia de la tierra y del agua, así como sobre el acceso a las propiedades comunes, como bosques, humedales, ríos y lagos
- Diversificar para reducir el riesgo
- Mejorar el acceso a los mercados, su transparencia y competitividad
- Proporcionar redes de seguridad financiera (crédito, seguros de cosechas e hipotecas de cultivos) para mitigar el riesgo
- Desarrollar programas de emergencia alimentaria y de nutrición
- Desarrollar planes para desastres debidos a inundaciones, ciclones y sequías

Fuente: Johnston et al. (2010)

# Bibliografía

- Bartlett, R.; Bharati, L.; Pant, D.; Hosterman, H.; McCornick, P. 2010. *Climate change impacts and adaptation in Nepal*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 35p. (IWMI Working Paper 139).
- Bharati, L.; Smakhtin, V.; Gurung, P.; Lacombe, G.; Amarasinghe, U.A.; Sapkota, P.; Hoanh, C.T. 2012. *Environmentally sustainable water resources management in the Upper Ganga Basin under changing climate conditions*. Project report prepared by IWMI for World Wide Fund for Nature, India, under the project 'Environmentally Sustainable Water Resources Management in the Upper Ganga Basin'. Kathmandu, Nepal: International Water Management Institute (IWMI). 51 p.
- Boelee, E.; Yohannes, M.; Poda, J-N.; McCartney, M.; Cecchi, P.; Kibret, S.; Hagos, F.; Laamrani, H. 2013. Options for water storage and rainwater harvesting to improve health and resilience against climate change in Africa. *Regional Environmental Change* 13(3): 509-519.
- de Fraiture, C.; Smakhtin, V.; Bossio, D.; McCornick, P.G.; Hoanh, C.T.; Noble, A.; Molden, D.; Gichuki, F.; Giordano, M.; Finlayson, M.; Turrall, H. 2007. Facing climate change by securing water for food, livelihoods and ecosystems. *Journal of SAT Agricultural Research* 4(1): 21.
- Eriyagama, N.; Smakhtin, V.; Chandrapala, L.; Fernando, K. 2010. *Impacts of climate change on water resources and agriculture in Sri Lanka: A review and preliminary vulnerability mapping*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 51 p. (IWMI Research Report 135).
- Giordano, M.; de Fraiture, C.; Weight, E.; van der Blik, J. (Eds.) 2012. *Water for wealth and food security: supporting farmer-driven investments in agricultural water management*. Synthesis report of the AgWater Solutions Project. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 48p.
- Gurung, P.; Bharati, L.; Karki, S. 2013. *The assessment and management of water resources under current and future climate conditions in the West Seti sub-basin, Nepal*. Consultancy report prepared for the Asian Development Bank (ADB). 71 p.
- Hosterman, H.R.; McCornick, P.G.; Kistin, E.J.; Pant, A.; Sharma, B.R.; Bharati, L. 2012. Freshwater, climate change, and adaptation in the Ganges River Basin. *Water Policy* 14(1): 67-79.
- IWMI (International Water Management Institute). 2010. *Dams and malaria in sub-Saharan Africa*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 8p. (IWMI Water Policy Brief 34).
- Johnston, R.M.; Hoanh, C.T.; Lacombe, G.; Noble, A.; Smakhtin, V.; Suhardiman, D.; Kam, S.P.; Choo, PS. 2010. *Rethinking agriculture in the Greater Mekong Subregion: How to sustainably meet food needs, enhance ecosystem services and cope with climate change. Summary report*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 26p.
- Mainuddin, M.; Kirby, M.; Hoanh, C.T. 2012. Water productivity responses and adaptation to climate change in the Lower Mekong Basin. *Water International* 37(1): 53-74.
- McCartney, M.; Smakhtin, V. 2010. *Water storage in an era of climate change: addressing the challenge of increasing rainfall variability. Blue Paper*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 14p.
- McCartney, M.; Forkuor, G.; Sood, A.; Amisigo, B.; Hattermann, F.; Muthuwatta, L. 2012. *The water resource implications of changing climate in the Volta River Basin*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 40p. (IWMI Research Report 146).
- McCartney, M.; Girma, M.M.; Demissie, S.S. 2013a. *Implications of climate change on existing and planned water resource development in the Blue Nile River Basin*. Africa 2013: Water Storage and Hydropower Development for Africa Conference, Addis Ababa, April 16-18, 2013. CD only.
- McCartney, M.; Rebelo, L-M.; Xenarios, S.; Smakhtin, V. 2013b. *Agricultural water storage in an era of climate change: Assessing need and effectiveness in Africa*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 37p. (IWMI Research Report 152).

- Mulligan, M.; Fisher, M.; Sharma, B.; Xu, Z.X.; Ringler, C.; Mahe, G.; Jarvis, A.; Ramirez, J.; Clanet, J-C.; Ogilvie, A.; Ahmad, M-D. 2011. The nature and impact of climate change in the Challenge Program on Water and Food (CPWF) basins. *Water International* 36(1): 96-124. (Special issue: Water, food and poverty in river basins, part 2: Cross-basin analysis and synthesis).
- Pavelic, P.; Patankar, U.; Acharya, S.; Jella, K.; Gumma, M.K. 2012a. Role of groundwater in buffering irrigation production against climate variability at the basin scale in South-West India. *Agricultural Water Management* 103(1): 78-87.
- Pavelic, P.; Srisuk, K.; Saraphirom, P.; Nadee, S.; Pholkern, K.; Chusanathas, S.; Munyou, S.; Tangsutthinon, T.; Intarasut, T.; Smakhtin, V. 2012b. Balancing-out floods and droughts: Opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand. *Journal of Hydrology* 470-471: 55-64.
- Qadir, M.; Noble, A.; Chartres, C. 2013. Adapting to climate change by improving water productivity of soils in dry areas. *Land Degradation and Development* 24(1): 12-21.
- Sapkota, P.; Bharati, L.; Gurung, P.; Kaushal, N.; Smakhtin, V. 2013. Environmentally sustainable management of water demands under changing climate conditions in the Upper Ganges Basin, India. *Hydrological Processes* 27(15): 2197-2208.
- Savoskul, O.S.; Smakhtin, V. 2013a. *Glacier systems and seasonal snow cover in six major Asian river basins: Water storage properties under changing climate*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. (IWMI). 69p. (IWMI Research Report 149).
- Savoskul, O.S.; Smakhtin, V. 2013b. *Glacier systems and seasonal snow cover in six major Asian river basins: Hydrological role under changing climate*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 53p. (IWMI Research Report 150).
- Shah, T. 2009. Climate change and groundwater: India's opportunities for mitigation and adaptation. *Environmental Research Letters* 4(3): 1-13.
- Siddiqui, S.; Bharati, L.; Pant, M.; Gurung, P.; Rakhal, B.; Mahajan, L. 2012. *Nepal: Building climate resilience of watersheds in mountain eco- regions - climate change and vulnerability mapping in watersheds in middle and high mountains of Nepal*. ADB Technical Assistance Consultant's Report for Department of Soil Conservation and Watershed Management (DSCWM), Government of Nepal. Kathmandu, Nepal: Asian Development Bank (ADB). 96p.
- Sugden, F. 2008. *Interactive expert panel. Emerging issues, trends and new approaches to issues affecting the situation of women or equality between women and men. Gender perspectives on climate change*. 52nd session of the Commission on the Status of Women. February 2008.
- Sugden, F.; de Silva, S.; Clement, F.; Maskey, N.; Philip, A.; Ramesh, V.; Bharati, L. Forthcoming. *A framework to understand gender and structural vulnerability to climate change in the Indo-Gangetic Basin: Lessons from Bangladesh, India and Nepal*. IWMI Working Paper. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).



Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos (IWMI)  
127 Sunil Mawatha, Pelawatte, Battaramulla, Colombo, Sri Lanka  
Telf: +94 11 288 0000 Fax: +94 11 278 6854  
Email: [iwmi@cgiar.org](mailto:iwmi@cgiar.org)  
Sitio Web: [www.iwmi.org](http://www.iwmi.org)

ISBN 978-92-9090-796-1