

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020

# AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO



## WWDR 2020

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020

# AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Publicado en 2020 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, Place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia

© UNESCO 2020

Este informe es publicado por la UNESCO en nombre de ONU-Agua. Se puede encontrar un listado de los miembros y socios de ONU-Agua en el sitio: [www.unwater.org](http://www.unwater.org).

ISBN 978-92-3-300136-7



Esta publicación está disponible en Acceso Abierto bajo la licencia de Atribución-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/deed.es>). Al hacer uso del contenido de esta publicación, los usuarios reconocen estar vinculados por los términos de uso dispuestos en el Repositorio de Acceso Abierto de la UNESCO ([www.unesco.org/open-access/termsuse-ccbysa-en](http://www.unesco.org/open-access/termsuse-ccbysa-en)).

La presente licencia se aplicará exclusivamente al contenido del texto de la publicación. Para el uso de cualquier material no identificado claramente como perteneciente a la UNESCO, se deberá solicitar autorización previa al propietario de los derechos de autor.

Las designaciones empleadas y la presentación de material a lo largo de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la UNESCO en relación con la situación legal de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o sobre la delimitación de sus fronteras o límites.

Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores; no son necesariamente las de la UNESCO y no comprometen a la Organización. El contenido fue proporcionado por los miembros y socios de ONU-Agua, y otros que figuran al inicio de cada uno de los capítulos. La UNESCO y el Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP, por sus siglas en inglés] no son responsables de los errores en el contenido proporcionado o de las discrepancias en datos y contenido entre los capítulos proporcionados. El WWAP brindó la oportunidad a las personas para que sean incluidos como autores y colaboradores, o para ser reconocidos en esta publicación. El WWAP no es responsable de ninguna omisión en este sentido.

Capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 11: Contribuciones de autores pertenecientes a UNU-FLORES © 2020 United Nations University. Las opiniones expresadas en estos capítulos son las del autor (es) y no reflejan necesariamente las opiniones de la Universidad de las Naciones Unidas. Publicado con la autorización de la Universidad de las Naciones Unidas.

Capítulo 5: Los autores son parte del personal de la Organización Mundial de la Salud. Los autores son los únicos responsables de las opiniones expresadas en dicho capítulo y no representan necesariamente las decisiones, políticas o puntos de vista de la Organización Mundial de la Salud.

Capítulo 10: Hanna Plotnykova, Sonja Koeppel, Francesca Bernardini y Sarah Tiefenauer-Linardon (como coautores) © 2020 United Nations. Contribuciones: Capítulo 2, Francesca Bernardini, Sonja Koeppel y Hanna Plotnykova; Capítulo 4, Sonja Koeppel y Hanna Plotnykova; Capítulo 9, Lucia de Strasser; Capítulo 11, Francesca Bernardini y Sonja Koeppel; y Capítulo 12, Francesca Bernardini, Sonja Koeppel y Hanna Plotnykova © 2020 United Nations

Capítulo 12: La traducción no fue creada por el Banco Mundial y no debe ser considerada una traducción oficial del Banco Mundial. El Banco Mundial no será responsable de cualquier contenido o error en esta traducción.

Cita sugerida:

UNESCO, ONU-Agua, 2020: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*, París, UNESCO.

Diseño original de la portada por Phoenix Design Aid

Impreso por Lucart Estudio S.A. de C.V., Ciudad de México

Esta publicación se imprime con tintas vegetales en papel FSC Mixed Sources, apoyando así el uso responsable de las reservas forestales, 100% reciclado, libre de ácido y libre de cloro.

# Índice

<b>Prólogo</b> Audrey Azoulay, <i>Directora General de la UNESCO</i> .....	<b>iv</b>
<b>Prólogo</b> Gilbert F. Houngbo, <i>Presidente de ONU-Agua y Presidente del FIDA</i> .....	<b>v</b>
<b>Prefacio</b> .....	<b>vi</b>
<b>Equipo del WWDR 2020</b> .....	<b>viii</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>ix</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>1</b>
<b>Prólogo Estatus de los recursos hídricos bajo el contexto del cambio climático</b> .....	<b>12</b>
Introducción .....	13
Cambio climático .....	14
Clima y agua .....	18
Estado de los impactos relacionados con los recursos hídricos derivados del cambio climático .....	20
Áreas sensibles en riesgo– PEID, regiones semiáridas, zonas interiores costeras y áreas montañosas .....	30
Limitaciones y desafíos .....	32
<b>Capítulo 1 Cambio climático, agua y desarrollo sustentable</b> .....	<b>34</b>
1.1 Objetivos y alcance .....	35
1.2 Un reto intersectorial y la necesidad de evaluaciones integradas .....	38
1.3 Los más vulnerables .....	40
<b>Capítulo 2 Marcos de política internacional</b> .....	<b>44</b>
2.1 Introducción .....	45
2.2 Visión general de los principales acuerdos .....	45
2.3 Agua como vínculo para apoyar la aplicación de acuerdos mundiales .....	51
<b>Capítulo 3 Disponibilidad de agua, infraestructura y ecosistemas</b> .....	<b>54</b>
3.1 Impactos en los recursos hídricos y la infraestructura .....	55
3.2 Alternativas para mejorar la seguridad del agua bajo un clima cambiante .....	57
3.3 Alternativas de mitigación para la gestión de los recursos hídricos .....	64
<b>Capítulo 4 Extremos relacionados con el agua y gestión de riesgos</b> .....	<b>68</b>
4.1 El clima y el agua extremos como desafíos para la gestión del agua .....	69
4.2 Medidas duras y blandas en la adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres .....	71
4.3 Métodos de planificación y evaluación para la reducción del riesgo de desastres .....	76
4.4 Oportunidades .....	77
<b>Capítulo 5 Impactos en la salud humana relacionados con el agua, saneamiento y cambio climático</b> .....	<b>78</b>
5.1 Introducción .....	79
5.2 Tendencias de morbilidad y mortalidad relacionadas con el agua .....	80
5.3 Riesgos para la salud asociados al cambio climático .....	82
5.4 Alternativas de respuesta para el abastecimiento de agua y saneamiento .....	86



<b>Capítulo 6</b>	<b>Agricultura y seguridad alimentaria.....</b>	<b>88</b>
	6.1 Introducción.....	89
	6.2 Impactos climáticos y la línea de base agrícola: diferencia entre shock y tendencias.....	92
	6.3 El papel de la gestión del agua agrícola en la adaptación.....	98
	6.4 Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra.....	101
	6.5 El papel de la gestión del agua agrícola en la mitigación.....	102
	6.6 Conclusiones.....	106
<b>Capítulo 7</b>	<b>Energía e industria.....</b>	<b>108</b>
	7.1 Contexto.....	109
	7.2 Desafíos y riesgos.....	110
	7.3 Reacciones y oportunidades.....	114
	7.4 Avanzando.....	122
<b>Capítulo 8</b>	<b>Asentamientos humanos.....</b>	<b>124</b>
	8.1 Introducción.....	125
	8.2 Agua, clima y desarrollo urbano.....	126
	8.3 La creciente necesidad de resiliencia del agua urbana.....	127
	8.4 Áreas críticas para la acción.....	127
	8.5 Conclusiones y recomendaciones.....	131
<b>Capítulo 9</b>	<b>Agua–Clima–Energía– Alimentación–Nexos con el medio ambiente.....</b>	<b>134</b>
	9.1 Contabilizando las interconexiones.....	135
	9.2 Co-beneficios.....	140
<b>Capítulo 10</b>	<b>Perspectivas regionales.....</b>	<b>142</b>
	10.1 Visión general.....	143
	10.2 Abordar los impactos del cambio climático relacionados con el agua entre de países y regiones.....	144
	10.3 África subsahariana– Perspectiva de la CEPA.....	148
	10.4 Europa, el Cáucaso y Asia Central - Perspectiva de la CEPE.....	152
	10.5 América Latina y el Caribe– Perspectiva de la CEPAL.....	155
	10.6 Asia y el Pacífico– Perspectiva de la CESPAP.....	158
	10.7 Asia occidental y el norte de África– Perspectiva de la CESPAP.....	161
	10.8 Conclusión: fomentar acciones hídricas y climáticas mediante el aprendizaje y la colaboración regionales.....	166

<b>Capítulo 11</b>	<b>Gobernanza del agua para una resiliencia ante el cambio climático.....</b>	<b>168</b>
11.1	Introducción.....	169
11.2	Integración de las preocupaciones relativas al cambio climático en la gestión del agua.....	169
11.3	Participación pública en el establecimiento de agendas, la toma de decisiones y monitoreo.....	173
11.4	Reduciendo la vulnerabilidad y mejorando la resiliencia mediante la lucha contra la pobreza y la desigualdad.....	177
<b>Capítulo 12</b>	<b>Financiación climática: consideraciones financieras y económicas.....</b>	<b>180</b>
12.1	Visión general.....	181
12.2	Por qué conectar la financiación de agua y el clima.....	181
12.3	Consideraciones económicas de los proyectos de agua y clima.....	184
12.4	Tipos de inversiones climáticas para proyectos hídricos.....	187
12.5	Uso de la financiación climática multilateral para el agua.....	187
12.6	Uso de la financiación climática nacional para el agua.....	189
12.7	Fuentes alternativas a la financiación.....	190
12.8	Conclusión.....	192
<b>Capítulo 13</b>	<b>Innovación tecnológica y conocimiento ciudadano.....</b>	<b>194</b>
13.1	Introducción.....	195
13.2	Innovación tecnológica.....	196
13.3	De los datos a la toma de decisiones: cerrando la brecha entre ciencia y política.....	198
<b>Capítulo 14</b>	<b>El camino a seguir.....</b>	<b>200</b>
14.1	De la adaptación a la mitigación.....	201
14.2	Fomentar un entorno propicio para el cambio.....	202
14.3	Coda.....	204
	<b>Referencias.....</b>	<b>206</b>
	<b>Abreviaturas y acrónimos.....</b>	<b>238</b>
	<b>Cuadros, figuras y tablas.....</b>	<b>240</b>
	<b>Créditos fotográficos.....</b>	<b>243</b>

# Prólogo

por Audrey Azoulay, *Directora General de la UNESCO*

El clima está cambiando, y nuestro mundo está en peligro.

Alrededor de un millón de especies animales y vegetales se enfrentan a la extinción. Las especies de agua dulce han sufrido el mayor declive, disminuyendo en un 84% desde 1970. Los seres humanos también se han visto afectados: alrededor de 4 mil millones de personas experimentan actualmente una grave escasez física de agua durante por lo menos un mes al año, situación que se ha visto agravada por la crisis climática.

A medida que el planeta se calienta, el agua se ha convertido en una de las principales formas como experimentamos el cambio climático.

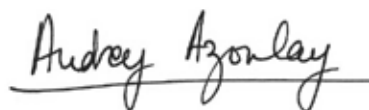
No obstante lo anterior, la palabra "agua" rara vez aparece en los acuerdos climáticos internacionales, a pesar de que desempeña un papel clave en cuestiones como la seguridad alimentaria, la producción de energía, el desarrollo económico y reducción de la pobreza.

Dichas potencialidades del agua deben ser exploradas, pues nuestras acciones para reducir el calentamiento global van rezagadas en relación con nuestras ambiciones, a pesar de la amplia adhesión al Acuerdo de París.

Ese es el objetivo del *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020* sobre el agua y el cambio climático [WWDR, por sus siglas en inglés]. El informe muestra que el agua no tiene que ser un problema— puede ser parte de la solución. El agua puede apoyar los esfuerzos tanto para mitigar, como para adaptarse al cambio climático. La protección de humedales, agricultura de conservación y otras soluciones naturales pueden ayudar a secuestrar carbono en la biomasa y suelos. El tratamiento mejorado de aguas residuales puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y producir biogás como fuente de energía renovable.

Coordinado y producido por la UNESCO, este informe es el resultado de una estrecha y continua colaboración dentro de la familia ONU-Agua. Fue posible gracias al Gobierno de Italia y la Región Umbría, quienes desde hace tiempo han apoyado al Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Deseo agradecer a todos los que participaron en este esfuerzo común.

El agua no se trata sólo de desarrollo— es un derecho humano básico. Es esencial para la paz y seguridad en todo el mundo. Abordar la cuestión del agua no es una tarea que se deba tomar a la ligera. Debemos crecer ante el desafío, si queremos dejar atrás un mundo en el que puedan vivir las futuras generaciones.



Audrey Azoulay

# Prólogo

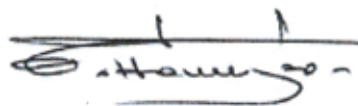
por Gilbert F. Hougbo, *Presidente de ONU-Agua y Presidente del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola*

El cambio climático afecta– y se ve afectado por– los recursos hídricos mundiales. Se reduce la predictibilidad de la disponibilidad de agua y afecta a la calidad del agua. El cambio climático también aumenta la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, amenazando el desarrollo socioeconómico sostenible y la biodiversidad en todo el mundo. Esto, a su vez, tiene profundas implicaciones para los recursos hídricos. Como tal, el cambio climático exacerba los siempre crecientes desafíos asociados con la gestión sustentable del agua. Por el otro lado, la forma en que se gestiona el agua influye en los factores del cambio climático.

El agua, por lo tanto, es el conector por excelencia en los compromisos globales para proteger un futuro sostenible: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dependen en gran medida de la gestión del agua mejorada. Dentro del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, adoptado por los Estados miembros de la ONU en marzo de 2015, la gestión del agua es esencial para reducir la ocurrencia y los impactos de los desastres relacionados con el agua, pues éstos tienen una gran efecto en la sociedad y los medios de sustento de las personas. Asimismo, la aplicación del Acuerdo de París depende de una gestión mejorada de los recursos hídricos. Esto se reconoce, claramente, en muchos Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN) para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y adaptarse a los impactos del cambio climático según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Algunas iniciativas de adaptación, por ejemplo, relacionadas con los recursos hídricos han sido incluidas como primera prioridad en varias CDN.

La edición 2020 del *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* aborda los vínculos fundamentales entre el agua y el cambio climático, en el contexto de un desarrollo sostenible. Asimismo, sirve de guía para acciones concretas para enfrentar dichos desafíos. Con base en ejemplos de todas partes del mundo, describe acciones en tres áreas: primera, permitiendo que las personas se adapten a los impactos del cambio climático; en segundo lugar, mejorando la resiliencia de los medios de subsistencia de las personas; y, en tercer lugar, reduciendo los factores que inciden en el cambio climático. Esencialmente, las medidas para mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura –en tanto que al mismo tiempo se asegura el acceso al agua para grupos vulnerables, tales como los agricultores en pequeña escala– se encuentran relacionadas con varios ODS de forma inextricable. Estos incluyen los relacionados con el hambre cero (ODS 2), disponibilidad y acceso al agua (ODS 6), acciones para el cambio climático (ODS 13), y la promoción del uso sostenible de servicios en ecosistemas (ODS 15).

En conclusión, según el informe, se requieren cambios sustanciales en la forma en que usamos y reutilizamos los recursos hídricos limitados de la Tierra para la reducción, tanto de los impactos, como de los factores del cambio climático. La experiencia y conocimientos necesarios para lograr estos objetivos se reúnen en el Informe a través de los miembros y socios de ONU-Agua. Me gustaría agradecerles a todos por el desarrollo de esta publicación emblemática. Estoy agradecido con la UNESCO y su Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos por haber coordinado la producción de este informe. Confío en que ayudará a los tomadores de decisiones a abordar los desafíos del cambio climático aprovechando la amplia gama de oportunidades que ofrece una mejor gestión del agua para la adaptación, mitigación y resiliencia en un mundo que cambia de manera acelerada.



Gilbert F. Hougbo

# Prefacio

por **Michela Miletto**, *Coordinadora Adjunta de la UNESCO WWAP*  
y **Richard Connor**, *Jefe de Redacción*

El cambio climático afecta a ecosistemas, sociedades humanas y economías de diversas formas, y el agua es el medio primario a través del cual se sienten estos impactos. En algunos casos, estos impactos son claramente obvios— por ejemplo, por la creciente frecuencia e intensidad de las tormentas, inundaciones y sequías. El aumento en la variabilidad en el ciclo mundial del agua implica un mayor estrés hídrico, en diferentes momentos y en diferentes áreas. Los impactos del cambio climático relacionados con el agua también incluyen efectos negativos en la seguridad alimentaria, salud humana, producción de energía y biodiversidad, sin mencionar los medios de subsistencia diarios de las mujeres, hombres y niños más vulnerables del mundo. Estos, a su vez pueden conducir (y han llevado) al aumento de las desigualdades sociales, el malestar social, la migración masiva y los conflictos.

Se han adoptado una serie de marcos mundiales para hacer frente a estos desafíos a nivel internacional. Sin embargo, aún cuando se han establecido ambiciosas metas y objetivos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (con sus 17 ODS, incluyendo metas específicas para el agua y para combatir el cambio climático), en el Acuerdo de París de 2015 y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, se ha rezagado el progreso real hacia el cumplimiento de dichos compromisos mundiales, especialmente en lo que concierne al agua y al cambio climático.

La edición 2020 del *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* [WWDR, por sus siglas en inglés] aborda los vínculos fundamentales entre el agua y el cambio climático, en el contexto de una agenda más amplia de desarrollo sustentable. No se pretende que este informe sea una mera examinación técnica de los impactos del cambio climático en el ciclo hidrológico. Más bien, el informe se centra en los desafíos, oportunidades y las potenciales respuestas al cambio climático— en términos de adaptación, mitigación y aumento de resiliencia — que pueden ser atendidos mediante la mejora en la gestión y uso de los recursos hídricos, en tanto que se suministren agua y servicios de saneamiento para todos, de forma sostenible. Al hacer lo anterior, el reporte aborda dos de las crisis más críticas que el mundo continuará enfrentando durante varias décadas: la (in)seguridad del agua y el cambio climático.

En lo referente al cambio climático, durante un largo tiempo se ha creído que la mitigación se refiere principalmente a energía, y la adaptación se refiere al agua principalmente. Dicha perspectiva simplifica en exceso las cosas. Es evidente que el sector del agua necesita adaptarse al cambio climático — desde contrarrestar los efectos de las inundaciones, hasta abordar el creciente estrés hídrico para la agricultura y la industria. Sin embargo, la gestión del agua también puede jugar un papel muy importante en la mitigación del cambio climático. Las intervenciones específicas de gestión del agua, como la protección de los humedales, agricultura de conservación y otras soluciones basadas en la naturaleza pueden ayudar a secuestrar carbono en la biomasa y suelos, al tiempo que el tratamiento de aguas residuales mejorado puede ayudar a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, mientras proporciona biogás, como fuente de energía renovable.

El mejorar la adaptación en la gestión del agua, por sí misma, no resolverá la crisis del clima, tampoco la mitigación aislada resolverá la crisis del agua o cumplirá con los ODS relativos al suministro de agua y saneamiento. Pero, ignorar el papel del agua en la adaptación y mitigación del cambio climático, y no aprovechar las oportunidades que los marcos de cambio climático ofrecen para mejorar la gestión del agua seguramente desviará cualquier progreso significativo que se pueda tener hacia la solución de la crisis.

Nos hemos esforzado por producir una descripción equilibrada, neutral y basada en hechos del estado actual del conocimiento, abarcado los más recientes desarrollos y resaltando los desafíos y oportunidades proporcionados por la gestión mejorada del agua, en el contexto del cambio climático. No obstante que el presente esté dirigido principalmente a los tomadores de decisiones y administradores de los recursos hídricos, así como académicos y a la amplia comunidad de desarrollo, también esperamos que sea especialmente bien recibido por científicos, profesionales y negociadores de la comunidad del cambio climático.

Como la séptima entrega en una serie de informes anuales temáticos, ésta última edición del WWDR es el resultado de un esfuerzo coordinado entre las Agencias Líderes Capítulo: FAO, SIWI, PNUD, UNESCO-PHI, UNESCO WWAP, ONU-Hábitat, UNU-INWEH, OMS, OMM y el Banco Mundial; con perspectivas regionales proporcionadas por GWP, ODI, CEPA, CEPE, CEPAL, CESPAD, la oficina de UNESCO en Nairobi y CESPAAO. El Informe también se benefició en gran medida de las aportaciones y contribuciones de otros varios miembros y socios de ONU-Agua, así como de numerosos científicos, profesionales y ONG, quienes proporcionaron una amplia gama de material relevante. De forma similar a las demás ediciones, el informe incorpora la perspectiva de género y la dimensión transversal de género.

En nombre de la Secretaría del WWAP, quisiéramos extender nuestro profundo agradecimiento a las agencias antes mencionadas, miembros y socios de ONU-Agua, así como a sus escritores y demás contribuyentes en la elaboración conjunta del presente informe, único e imperativo, el cuál, esperamos, tendrá múltiples impactos en todo el mundo.

Estamos profundamente agradecidos con el Gobierno italiano por patrocinar el Programa y a la Región de Umbría como generosos anfitriones de la Secretaría del WWAP en la Villa La Colombella en Perugia. Sus contribuciones han sido fundamentales para la producción del WWDR.

Nuestro agradecimiento especial a la Sra. Audrey Azoulay, Directora General de la UNESCO, por su vital apoyo al WWAP y a la producción del WWDR. La orientación del Sr. Gilbert F. Houngbo, Presidente del Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA), como Presidente de ONU-Agua hizo posible esta publicación.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todos nuestros colegas de la Secretaría del WWAP, cuyos nombres se enumeran en los agradecimientos. El informe no podría haberse completado sin su profesionalismo y dedicación. Esto incluye nuestro sincero agradecimiento a Stefan Uhlenbrook quien fungió como coordinador de la UNESCO WWAP desde noviembre de 2015 hasta septiembre de 2019, y desempeñando un papel clave en el diseño y desarrollo del informe.

Por último, pero no menos importante, dedicamos este informe a los jóvenes del mundo, sus solicitudes inspiradoras para tomar acción sobre el cambio climático fueron escuchadas fuerte y claro.



**Michela Miletto**



**Richard Connor**



# Equipo del WWDR 2020

**Director de la Publicación**

Stefan Uhlenbrook (hasta septiembre de 2019) y Michela Miletto

**Jefe de Redacción**

Richard Connor

**Coordinador de Procesos**

Engin Koncagül

**Asistente de Publicaciones**

Valentina Abete

**Diseñador gráfico**

Marco Tonsini

**Secretaría del Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)  
(2019–2020)**

*Coordinador a.i.:* Abou Amani

*Coordinador Adjunto:* Michela Miletto

*Programas:* Richard Connor, Angela Renata Cordeiro Ortigara, Engin Koncagül, Natalia Uribe Pando, Paola Piccione y Laurens Thuy

*Publicaciones:* Valentina Abete y Marco Tonsini

*Comunicaciones:* Simona Gallese

*Administración y apoyo:* Barbara Bracaglia, Lucia Chiodini y Arturo Frascani

*TI y Seguridad:* Fabio Bianchi, Michele Brensacchi, Francesco Gioffredi y Tommaso Brugnami

*Becarios:* Marianna Alcini, Daria Boldrin, Han Chen, Cora Craigmile Boguna, Maria de Lourdes Corona, Charlotte Moutafian, Bianca Maria Rizzo y Yani Wang

**Coordinación de la edición en español:**

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS):

Arturo Jesús Palma Carro, Hugo Rojas Silva y Cecilia Campos Delgadillo

# Agradecimientos

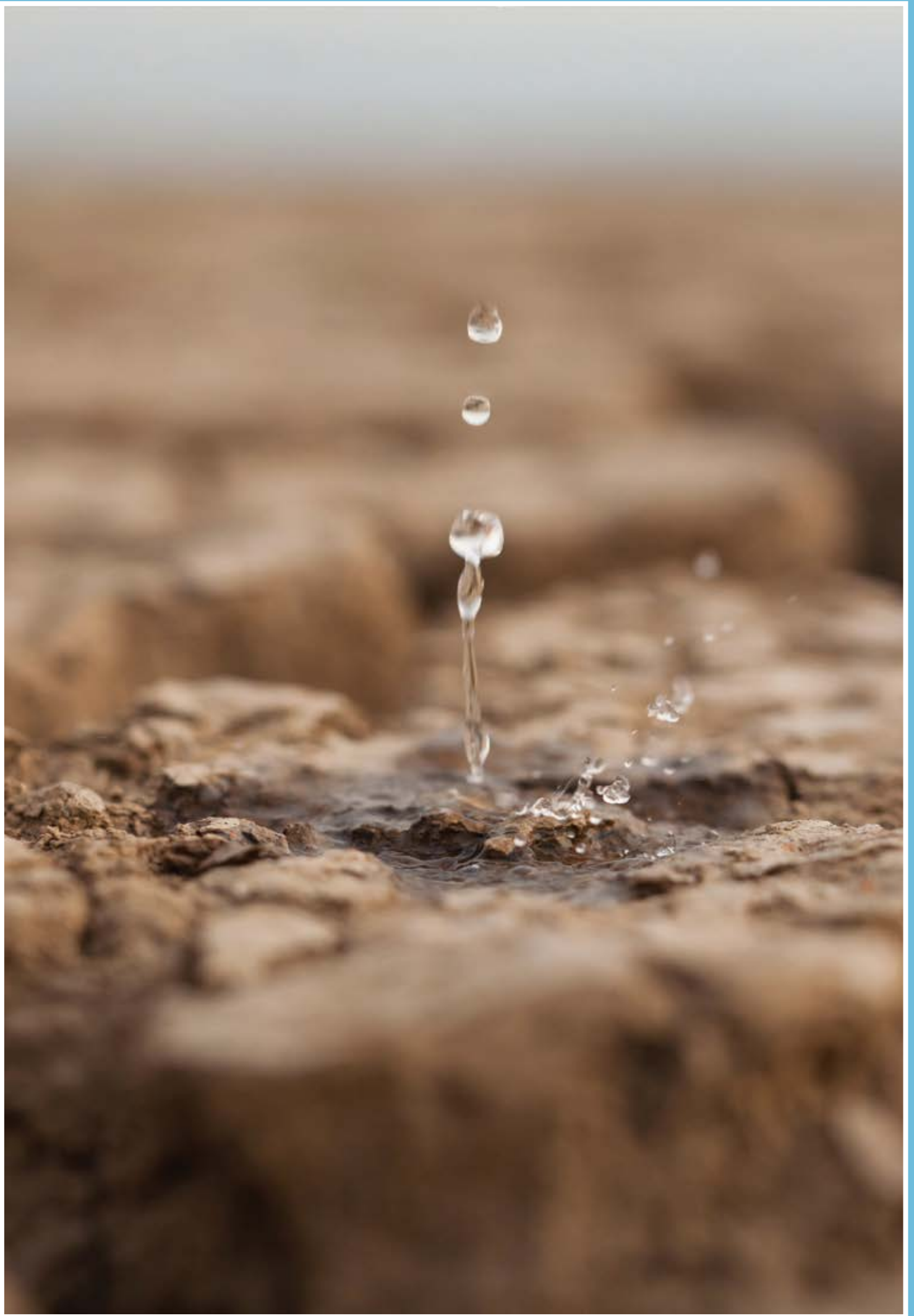
El Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) reconoce las valiosas aportaciones de FAO, SIWI, PNUD, UNESCO-PHI, ONU-Hábitat, ONUDI, UNU-INWEH, el Banco Mundial, OMS y OMM cuyas contribuciones como agencias coordinadoras de los capítulos, hicieron posible la elaboración del contenido de este informe.

Expresamos nuestro agradecimiento sincero a GWP, ODI, las comisiones regionales de la ONU (CEPA, CEPE, CEPAL, CESPAD y CESPAAO) y a la oficina de la UNESCO en Nairobi, por dirigir conjuntamente el Capítulo 10 sobre perspectivas regionales. También nos gustaría dar las gracias a los miembros y socios de ONU-Agua y todas las demás organizaciones e individuos, quienes proporcionaron útiles contribuciones y comentarios a lo largo del proceso de producción del mismo.

El WWAP agradece la generosa contribución financiera del Gobierno italiano, que permite el funcionamiento de la Secretaría del WWAP y la producción de la serie de WWDR, y para las instalaciones proporcionadas por Región Umbría.

La versión del Informe en español está disponible gracias a ANEAS (Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento) de México y a sus miembros, así como al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la impresión y distribución regional de la versión en español.

Nos gustaría agradecer a las oficinas locales de la UNESCO en Almaty y Nueva Deli por la traducción del Resumen Ejecutivo del WWDR 2020 en ruso e hindi. Ediciones en chino y portugués del Resumen Ejecutivo fueron posibles gracias a la valiosa colaboración entre China Water and Water and Power Publishing & Media Group y la oficina de UNESCO en Beijing, la Agencia Nacional del Agua, la Agencia Brasileña de Cooperación y la oficina de la UNESCO en Brasil, respectivamente. Las traducciones en alemán y coreano del Resumen Ejecutivo fueron generosamente proporcionadas por la Comisión Alemana para la UNESCO y el Centro Internacional para la Seguridad y la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos [International Centre for Water Security and Sustainable Management] (i-WSSM, por sus siglas en inglés) y el Centro de Categoría II de la UNESCO en la República de Corea, respectivamente.



# Resumen ejecutivo

El cambio climático afectará la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para las necesidades humanas básicas, poniendo en peligro el disfrute efectivo del derecho humano al agua y saneamiento de, potencialmente, miles de millones de personas. Los cambios hidrológicos inducidos por el cambio climático dificultarán aún más la gestión sostenible de los recursos hídricos, que ya se encuentran bajo presión en muchas partes del mundo.

La seguridad alimentaria, la salud humana, los asentamientos urbanos y rurales, la producción de energía, el desarrollo industrial, el crecimiento económico y los ecosistemas dependen del agua y, por consiguiente, son vulnerables a las consecuencias del cambio climático. Adaptarse y mitigar el cambio climático por medio de una gestión hídrica es fundamental para el desarrollo sostenible y esencial para cumplir con la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres.

## Repercusiones en los recursos hídricos

El uso global de agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años y sigue aumentando a un ritmo constante de 1% anual debido al crecimiento demográfico, al desarrollo económico y al cambio en los patrones de consumo. El cambio climático y un suministro más errático e incierto agravarán la situación de las regiones en las que más escasea el agua y crearán escasez en las regiones en las que todavía abunda el agua hoy. La escasez material de agua suele ser un fenómeno más estacional que crónico y es probable que el cambio climático altere la disponibilidad estacional de agua a lo largo del año en varios lugares.

El cambio climático se manifiesta, entre otros aspectos, en el aumento de la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos, como las olas de calor, las precipitaciones sin precedentes, las tormentas y las marejadas ciclónicas.

La calidad del agua se verá afectada negativamente por el aumento de sus temperaturas, la menor cantidad de oxígeno disuelto y por consiguiente, la menor capacidad de autodepuración de los depósitos de agua dulce. Las inundaciones y una mayor concentración de contaminantes durante las sequías aumentarán el riesgo de polución del agua y de contaminación patogénica.

También corren peligro muchos ecosistemas, en especial los bosques y los humedales. La degradación de los ecosistemas no solo producirá una pérdida de biodiversidad, también afectará la disponibilidad de servicios de ecosistema que dependen del agua, como su purificación, la captación y almacenamiento del carbono, la protección natural contra las inundaciones, así como el suministro de agua para la agricultura, la pesca y el ocio.

Las consecuencias del cambio climático se producirán en gran parte en las zonas tropicales, donde se halla la mayor parte de los países en vías de desarrollo. Los pequeños estados insulares en vía de desarrollo suelen ser más vulnerables a los desastres y al cambio climático desde el punto de vista medioambiental y socio-económico y muchos de ellos sufrirán más estrés hídrico. Se prevé que las tierras áridas se extenderán significativamente por todo el planeta. Se pronostica que la aceleración del deshielo de los glaciares afectará negativamente a los recursos hídricos de las regiones montañosas y las llanuras adyacentes.

Pese a que hay una creciente evidencia de que el cambio climático afectará la disponibilidad y distribución de los recursos hídricos, sigue habiendo algunas incertidumbres, especialmente a escala

local y de cuenca. Si bien no hay mucha discrepancia acerca del incremento de las temperaturas, que han sido simuladas con diferentes Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) en escenarios con distintas condiciones, las previsiones sobre las tendencias de las precipitaciones son más variables y ambiguas. A menudo, las tendencias en los eventos extremos (precipitaciones más fuertes, calor, sequías prolongadas) muestran una dirección más clara que las tendencias de las precipitaciones totales anuales y que los patrones estacionales.

## Adaptación y mitigación

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para gestionar y reducir los riesgos del cambio climático.

La adaptación incluye una combinación de opciones naturales, tecnológicas y de ingeniería, así como medidas sociales e institucionales para contener el daño o explotar las oportunidades beneficiosas del cambio climático. Existen opciones de adaptación en todos los sectores relacionados con el agua y deberían estudiarse y aplicarse siempre que sea posible.

La mitigación incluye actuaciones humanas para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (GHGs). Pese a que también existen opciones de mitigación en cada uno de los sectores relacionados con el agua, la mayoría no se reconocen.

## Marcos de política internacional

La Agenda 2030 contempla el agua como un factor de enlace esencial pero (a menudo) no reconocido para la consecución de los distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por consiguiente, no adaptarse al cambio climático no solo pone en peligro la realización del ODS 6 (el 'objetivo del agua'), sino que también pone en riesgo la consecución de casi todos los demás ODS. Mientras el ODS 13 *"Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos"* incluye objetivos e indicadores específicos, no hay mecanismos formales que enlacen el ODS 13 con los objetivos del Acuerdo de París, lo que resulta en procesos paralelos.

Aunque el agua no aparezca mencionada expresamente en el Acuerdo de París, es un componente esencial de casi todas las estrategias de mitigación y adaptación. En cambio, el agua sí se identifica como la prioridad número uno de las acciones de adaptación de la mayoría de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC) y está directa o indirectamente relacionada con otras áreas prioritarias. De igual manera, el agua se menciona poco en el Marco de Sendai, pese a que fluye por cada una de las prioridades de acción y es fundamental para sus siete objetivos.

Los retos de desarrollo, erradicación de la pobreza y sostenibilidad están intrincadamente entrelazados con los de mitigación y adaptación al cambio climático, sobre todo gracias al agua. Habida cuenta del papel que juega el agua en la mitigación y adaptación al cambio climático, el agua podría ser el eslabón que une los ODS y los marcos de políticas como el Acuerdo de París.

## Gestión de los recursos hídricos, infraestructura y ecosistemas

El cambio climático genera más riesgos para la infraestructura hídrica, por lo que se precisa cada vez más medidas de adaptación.

Al verse exacerbados por el cambio climático, los fenómenos extremos relacionados con el agua constituyen una amenaza aún mayor para la infraestructura hídrica, de saneamiento e higiene (WASH),

como los daños de los sistemas de saneamiento, o el anegamiento de las estaciones de bombeo de aguas residuales. La consiguiente expansión de las heces y de los protozoos y virus de estas puede constituir un grave riesgo sanitario y de contaminación cruzada.

En lo que atañe a la infraestructura de almacenamiento de agua, se ha de volver a evaluar la seguridad y la sostenibilidad de los embalses y estudiar las posibles obras de transformación o desmantelamiento para minimizar su impacto medioambiental y social y para optimizar sus servicios.

En muchas regiones del mundo, los acuíferos constituyen la mayor reserva de almacenamiento, generalmente mayores en varias órdenes de magnitud que la capacidad de almacenamiento en superficie. Las aguas subterráneas también están más protegidas frente a la variabilidad estacional y climática a lo largo de los años y presentan menos vulnerabilidad inmediata que el agua de superficie.

Cada vez resulta más necesario valorar los recursos hídricos 'no convencionales' en la planificación futura. La reutilización del agua (o agua regenerada) es una alternativa fiable a los recursos hídricos convencionales para una serie de fines, siempre que esté tratada y/o se utilice con seguridad. La desalinización puede aumentar el suministro de agua dulce, pero generalmente requiere un elevado consumo energético y por consiguiente, puede contribuir a aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero si la fuente de energía empleada no es renovable. La captación de la humedad atmosférica, como la siembra de nubes, o la recolección del agua de la niebla son alternativas de bajo coste y con poco mantenimiento para zonas localizadas en las que abunda la niebla advectiva.

El grueso de las emisiones de gases de efecto invernadero debidos a la gestión hídrica y al saneamiento proviene de la energía utilizada para hacer funcionar los sistemas o los procesos bioquímicos del agua o del tratamiento de las aguas residuales. Incrementar la eficiencia del uso del agua y reducir el consumo innecesario y las pérdidas redundan en un menor uso de energía y por consiguiente, en menos emisiones de gases de efecto invernadero.

De entre los ecosistemas terrestres, los humedales son los que albergan las mayores reservas de carbono, ya que almacenan el doble de carbono que los bosques. Si se tiene en cuenta que los humedales brindan múltiples beneficios colaterales – como atenuación de inundaciones y de sequías, depuración del agua y biodiversidad – su restauración y conservación son de suma importancia.

## Reducción del riesgo de catástrofe

Los efectos actuales y el pronóstico de riesgos futuros asociados a los fenómenos extremos requieren soluciones sostenibles para la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de catástrofe.

El abanico de estrategias disponibles de adaptación al cambio climático y de reducción del riesgo de catástrofe contiene enfoques duros (estructurales) y blandos (instrumentos de políticas). Las medidas duras incluyen mejorar el almacenamiento de agua, infraestructura a prueba de clima y mejorar la resiliencia de los cultivos introduciendo variedades resistentes a las inundaciones y a la sequía. Las medidas blandas incluyen seguros frente a las inundaciones y la sequía, sistemas de pronóstico y de alerta temprana, planificar el uso de la tierra y la capacitación (educación y concienciación).

Las medidas duras y blandas suelen ir parejas. Por ejemplo, la planificación urbana puede contribuir a mejorar la resiliencia a las inundaciones al incluir sistemas de drenaje que creen espacios en los que se puedan recoger y almacenar las aguas de las inundaciones. Por tanto, la ciudad actúa como una "esponja", limitando la subida de los niveles del agua y liberando el agua de lluvia como un recurso.

Los métodos modernos de comunicación, como las redes sociales y los servicios de telefonía móvil, brindan importantes oportunidades para ayudar a mejorar la eficacia de la comunicación y de la alerta temprana. Los sistemas de monitorización de las inundaciones y las sequías también son un componente importante de la reducción del riesgo. Abrir el proceso de toma de decisiones a la participación de los



géneros y la comunidad es un elemento fundamental de las estrategias de reducción del riesgo. Es necesario mejorar la coordinación entre los organismos responsables de los recursos hídricos y de la gestión del riesgo de desastre, sobre todo en las cuencas transfronterizas, donde en casi todas partes del mundo siguen estando fragmentadas.

## Salud humana

Las consecuencias que el cambio climático puede acarrear sobre la salud humana por medio del agua son, en primer lugar, las enfermedades transmitidas por vectores o a través de los alimentos y el agua, muertes y lesiones debidas a eventos climáticos extremos, como las inundaciones de las costas o de las tierras de interior, así como la desnutrición como resultado de la escasez de alimentos originada por las sequías y las inundaciones. Los problemas de salud mental asociados a la enfermedad, las lesiones, las pérdidas económicas y el desplazamiento también pueden ser importantes, aunque resulten difíciles de cuantificar.

Al final del período de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000–2015), el 91% de la población mundial utilizaba fuentes de agua potable mejorada y el 68% contaba con instalaciones de saneamiento mejoradas. Todavía queda mucho para alcanzar los nuevos niveles mejorados de suministro de agua y de servicios sanitarios gestionados de forma segura que se recogen en los ODS para los 2.200 millones y 4.200 millones de personas, respectivamente, que carecen de estos servicios de nivel superior.

Es probable que el cambio climático ralentice o mine el progreso del acceso al agua y al saneamiento gestionados de forma segura y genere un uso ineficaz de los recursos si el diseño y la gestión de los sistemas no son resilientes al clima. Por ende, el cambio climático ralentizará o minará el progreso en la eliminación y el control de las enfermedades relacionadas al agua y al saneamiento.

## Alimentos y agricultura

Los retos específicos de la gestión agrícola son dobles. El primero, es la necesidad de adaptar las formas de producción existentes para hacer frente a la mayor incidencia de la escasez o del exceso de agua (protección frente a inundaciones y drenaje). El segundo, es “descarbonizar” la agricultura por medio de medidas de mitigación que reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero y mejoren la disponibilidad de agua.

El alcance de la adaptación de la agricultura de secano estará condicionado en gran medida por la capacidad que presenten las variedades cultivadas de soportar los cambios de temperatura y gestionar los déficits de agua en el suelo. Con el regadío se pueden volver a planificar e intensificar los calendarios de cultivo, por lo que se convierte en un mecanismo de adaptación fundamental para las tierras que antes dependían exclusivamente de las precipitaciones.

En términos de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, la mayor contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura proviene del metano que libera el ganado por medio de la fermentación entérica y del estiércol depositado en los pastizales. Para la silvicultura forestal, la mayor oportunidad de mitigación consiste en reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques.

La agricultura cuenta con dos grandes vías para reducir los gases de efecto invernadero: secuestrar el carbono con la acumulación de materia orgánica por encima y por debajo del suelo y reducir las emisiones mediante la gestión de las tierras y el agua, lo cual incluye incorporar energías renovables, como el bombeo solar.

La agricultura climáticamente inteligente (CSA) es un conjunto de enfoques bien documentados de gestión de la tierra y el agua, conservación del suelo y práctica agronómica que sirven para secuestrar

el carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las prácticas de la CSA ayudan a mantener la estructura del terreno, la materia orgánica y la humedad en condiciones de mayor sequía e incluyen técnicas agronómicas (como el riego y el drenaje) que ajustan o extienden los calendarios de cultivo para adaptarse a los cambios climáticos estacionales o interanuales.

## Energía e industria

Los efectos hídricos del cambio climático suponen un riesgo para las empresas y para la generación de electricidad. La escasez de agua puede provocar un parón en la industria o en la generación de energía. Las consecuencias pueden extenderse también a los aspectos operativos y afectar al aprovisionamiento de materias primas, cortar las cadenas de suministro y causar daños a instalaciones y equipo.

Las iniciativas sobre el cambio climático se centran en gran medida en la energía, ya que aproximadamente dos tercios de los gases de efecto invernadero antropogénicos se deben a la producción y al uso de energía. Existen una serie de posibilidades para reducir los gases de efecto invernadero y el consumo de agua al mismo tiempo. Reducir la demanda de energía y aumentar la eficiencia energética son los puntos de partida. Una dirección prometedora es el creciente uso de tecnología para la producción de energía renovable con baja emisión de carbono y que precisa poca agua, como la energía solar fotovoltaica (PV) y la eólica, cuyos precios están empezando a competir cada vez más con los de la generación de energía a partir de combustibles fósiles. Si bien la energía hidráulica seguirá desempeñando un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático y la adaptación del sector energético, la sostenibilidad general de los proyectos individuales deberá evaluarse teniendo en cuenta el consumo potencial de agua a través de la evaporación, así como las emisiones de gases de efecto invernadero de los embalses, por no hablar del impacto ecológico y socio-económico.

Para las empresas la escasez de agua es un acicate para reciclarla y mejorar su eficiencia. De acuerdo con la tecnología, una planta industrial puede revisar sus operaciones diarias, como el uso del agua de lavado, o monitorizar y detectar mejor las pérdidas. Trasladándolo a una escala mayor, una empresa podría evaluar su huella hídrica e incluir la de sus proveedores, lo cual podría tener efectos de gran alcance, si son grandes consumidores de agua.

## Los asentamientos humanos

Las consecuencias del cambio climático en los sistemas hídricos urbanos incluyen, por una parte, temperaturas más altas, menos precipitaciones y sequías más graves; por otra, una mayor frecuencia de las lluvias torrenciales y de los episodios de inundaciones. Precisamente estos extremos hacen que la planificación del espacio urbano y la creación de infraestructura resulten tan complicadas.

La infraestructura física para la provisión de agua y de servicios de saneamiento puede sufrir daños, lo cual puede provocar la contaminación del suministro de agua o el vertido de agua no tratada y de agua torrencial en los entornos residenciales. Tras los episodios de inundaciones se suelen observar enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, la fiebre amarilla, la leptospirosis y otras.

La resiliencia del agua urbana trasciende las barreras tradicionales de la ciudad. En los casos en los que el suministro de agua procede de las cuencas fluviales lejanas, la planificación debe abarcar mucho más que los límites de la ciudad y tener en cuenta el impacto a largo plazo de la expansión urbana sobre los ecosistemas de agua dulce y las comunidades locales que también dependen de ellos.

En los pequeños asentamientos urbanos y rurales el uso del agua para la agricultura y en algunos casos para las aplicaciones industriales hace que el agua esté menos disponible para el uso doméstico. El suministro doméstico ha de gozar de prioridad, en cumplimiento de los derechos humanos al agua y al saneamiento.

## Nexo: explicar las interrelaciones

Las acciones de adaptación y mitigación de un sector pueden influir directamente en su demanda de agua, lo cual puede, a su vez, aumentar o reducir la disponibilidad local/regional de agua (incluida su calidad) para otros sectores. En los casos en que se reduzca la demanda, dichas acciones pueden conllevar múltiples beneficios intersectoriales y transfronterizos, mientras que un aumento de la demanda de agua puede provocar la necesidad de negociar compensaciones para adjudicar las reservas limitadas.

El uso de agua requiere energía. Por consiguiente, toda reducción en el uso de agua tiene el potencial de reducir la demanda energética del sector hídrico y por tanto, ayuda a combatir el cambio climático (si la fuente energética empleada procede de los combustibles fósiles). A la inversa, la producción de energía también requiere agua. Por el hecho de necesitar muy poca agua, las energías renovables, como la eólica o la solar fotovoltaica (PV) y determinados tipos de producción de energía geotérmica son, con creces, las mejores alternativas energéticas desde el punto de vista del consumo de agua.

Las medidas de eficiencia hídrica en agricultura pueden incrementar la disponibilidad de agua y reducir la energía necesaria para el bombeo, y por ende, reducir la cantidad de agua necesaria para la producción de energía. Un mayor uso de la energía renovable en agricultura (por ejemplo, bombas solares fotovoltaicas) reduce en más posibilidades de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y reforzar las rentas de los pequeños propietarios. Puesto que el 69% del agua que se extrae a nivel global es para la agricultura, reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos también podría repercutir de forma considerable en la demanda de agua y de energía y por consiguiente, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

La agricultura de conservación permite que el suelo retenga más agua, carbono y nutrientes y conlleva más ventajas ecológicas. Las biomasas y los suelos de bosques, los humedales y los pastizales bien gestionados nos dan la oportunidad de combatir el cambio climático al secuestrar carbono y nos proporcionan beneficios adicionales en el ciclo de nutrientes y de biodiversidad.

Mejorar las modalidades de tratamiento del agua, y especialmente de las aguas residuales, nos brinda un abanico de oportunidades para luchar contra el cambio climático. El agua no tratada es una importante fuente de gases de efecto invernadero. Puesto que más del 80% del agua residual (global) se vierte en el medioambiente sin ser tratada, tratar su materia orgánica antes de verterla podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La reutilización del agua residual no tratada o parcialmente tratada puede reducir la cantidad de energía que se consume en la extracción del agua, en el tratamiento avanzado y, en los casos en los que se reutilice el agua residual en el propio vertedero o cerca, el transporte. El biogás producido durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales se puede recuperar para alimentar la propia planta de tratamiento, de modo que su balance energético sea neutro, contribuyendo así a ahorrar más energía.

## Gobernanza

Tanto la gestión climática como hídrica requieren mecanismos de supervisión y de coordinación. La fragmentación sectorial y la competencia entre las administraciones pueden plantear graves amenazas a la integración entre escalas. Por ello se necesita: 1) mayor participación pública para debatir y gestionar el riesgo climático, 2) construir capacidad de adaptación a múltiples niveles, y 3) dar prioridad a la reducción del riesgo y a los grupos vulnerables.

'Buena gobernanza' significa cumplir los principios de los derechos humanos, incluida la eficacia, la sensibilidad y la responsabilidad; apertura y transparencia; participación en la realización de las funciones clave de la gobernanza relacionadas con el diseño político e institucional; planificación y coordinación; regulación y licencias. Para realizar la integración, la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) pone

a disposición un proceso que involucra a las partes interesadas de la sociedad, de la economía y del medioambiente.

Una mayor participación pública en la gestión del riesgo climático puede resultar indicada para construir capacidad de adaptación a múltiples niveles, evitar las trampas institucionales y dar prioridad a la reducción del riesgo para los grupos socialmente vulnerables. Al mismo tiempo, la información y los datos científicos deben estar al alcance del nivel local y han de incluirse como información en los procesos locales de toma de decisiones con múltiples actores.

Mientras los gobiernos siguen siendo responsables de dirigir las medidas nacionales de adaptación y mitigación del cambio climático, así como de la gobernanza del agua, el proceso de cambio siempre se llevará a cabo desde la colaboración. Hay muchas señales de que la gente joven está cada vez más preocupada por el cambio climático. Las ciudades también están encabezando la acción por el clima en muchos países, y algunas de las mayores empresas se han comprometido a reducir su huella hídrica y sus emisiones de gases de efecto invernadero para enfrentar sus contribuciones a la escasez de agua y el cambio climático.

La pobreza, la discriminación y la vulnerabilidad están íntimamente ligadas y confluyen. Las mujeres y las niñas de grupos étnicos minoritarios o de áreas remotas y desfavorecidas pueden sufrir múltiples formas de exclusión y opresión. Cuando se producen los desastres, se exacerban estas desigualdades, por lo que es más probable que los pobres se vean afectados. Los pobres también tienen más probabilidad de perder relativamente más que los no pobres.

## Financiación

Los niveles actuales de financiación resultan inadecuados para alcanzar el objetivo de disponibilidad universal y gestión sostenible del agua y del saneamiento, como establecido por la comunidad internacional. Los desarrolladores de los proyectos hídricos podrían apuntar a incrementar la porción de fondos que recibe el sector del agua en el marco de la financiación del clima y resaltar la relación del agua con otros sectores ligados al clima para así conseguir más financiación para la gestión hídrica.

Dos tendencias prometedoras están creando oportunidades para que los proyectos hídricos accedan a la financiación climática. La primera es el creciente reconocimiento del potencial valor que encierran el agua y los servicios de saneamiento para contrarrestar el cambio climático. Esta tendencia podría ser especialmente ventajosa, ya que la mitigación aglutinó el 93,8% de la financiación climática en 2016, pero los proyectos hídricos tan sólo recibieron una parte del uno por ciento de dicha cantidad. La segunda tendencia es el creciente énfasis que se hace en financiar la adaptación al cambio climático.

Acceder a la financiación climática puede resultar competitivo y difícil, especialmente para los proyectos hídricos complejos que trascienden las fronteras nacionales. Los proyectos sobre el clima financiados son los que guardan una relación claramente expuesta con las consecuencias del cambio climático, están familiarizados con los procesos de financiación y los cumplen estrictamente, y a veces también hace falta que cuenten con fuentes de financiación adicionales. Para ser considerado financiable, un proyecto que cuente con utilizar la financiación climática ha de abordar explícitamente las causas y/o consecuencias del cambio climático. Los proyectos que comunican y abordan riesgos y aportan beneficios adicionales en otras áreas como la salud, también se consideran más financiados.

Las estrategias diferenciadas que tienen especialmente en cuenta las necesidades de resiliencia de los grupos marginados también deberían incorporarse en los planes y proyectos más amplios sobre el nexo agua-clima.

## Innovación tecnológica

En términos de innovación tecnológica, gestión del conocimiento, investigación y desarrollo de capacidad los retos son promover la creación de nuevas herramientas y enfoques por medio de la investigación avanzada y el desarrollo, y en el mismo orden de importancia, acelerar la implantación del conocimiento y la tecnología existentes en todos los países y regiones. Sin embargo, estas acciones solo producirán el resultado deseado si van acompañadas de concienciación, así como de programas de desarrollo educativo y de capacitación, con el objetivo de difundir ampliamente el conocimiento disponible e incentivar la adopción de las tecnologías nuevas y existentes.

La observación de la Tierra mediante satélite puede ayudar a identificar las tendencias de las precipitaciones, la evapotranspiración, la nieve y de la capa de hielo/deshielo, la escorrentía y el almacenamiento de agua, incluidos los niveles freáticos. Si bien es cierto que la teledetección puede revelar procesos a gran escala y características que no se pueden observar fácilmente por métodos tradicionales, la resolución temporal y espacial puede no resultar plenamente adecuada para las aplicaciones a escala inferior y para analizar los datos. Sin embargo, si está respaldada por estadísticas nacionales, observaciones sobre el terreno y modelos de simulación numérica, la teledetección puede facilitar una evaluación general de los impactos hídricos del cambio climático.

Los avances en el campo de la adquisición de datos han sido facilitados por la alta velocidad y la cobertura global de las redes de internet, así como por la computación en nube y la mejora de capacidad de almacenamiento virtual. Se han desarrollado sensores inalámbricos para monitorizar el consumo de agua y se están utilizando cada vez más para la medición hídrica a distancia. Las aplicaciones de análisis de big data pueden ayudar a recabar información, ya que procesan la recopilación de flujos continuos de información y datos acerca del agua con el fin de elaborar información práctica que posibilite una mejor gestión hídrica. La ciencia cívica y el crowdsourcing tienen el potencial de contribuir a los sistemas de detección temprana y suministrar datos para validar los modelos de previsión de inundaciones.

## Perspectivas regionales

La legislación nacional sobre el desarrollo de los recursos hídricos, su uso, conservación y protección constituye el cimiento de la gobernanza del agua y es un instrumento primordial para la implementación de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC) contempladas en el Acuerdo de París.

Pese a que dos tercios de los países han presentado una cartera general de proyectos hídricos en sus INDC, tan solo uno de cada diez cita lo que se puede definir como una propuesta detallada de proyecto, y estas propuestas nacen bien de los procesos nacionales de planificación hídrica o de propuestas anteriores de financiación climática. Sin embargo, la necesidad de realizar reformas institucionales queda bien reconocida en las INDC y a menudo suele ser una prioridad aparejada a las inversiones en infraestructura.

Los enfoques regionales para respaldar los cambios transformadores pueden jugar un papel fundamental en la aplicación a nivel nacional, mejorando la colaboración y la coordinación entre las instituciones competentes, garantizando que las acciones se basen en información comprobada y en evidencia, y ampliando el acceso tanto a la financiación pública como privada para las inversiones de resiliencia al clima.

### África Subsahariana

El impacto de la variabilidad climática sobre los recursos hídricos africanos ya es grave, como se pudo comprobar en el reciente descenso de las precipitaciones en el Sur de África. Se prevé que las consecuencias hídricas del cambio climático repercutirán en la salud humana, bien a causa de enfermedades transmitidas por el agua o por vectores (incluida la mayor dificultad de acceso al agua potable segura, a los servicios de saneamiento y de higiene), o a causa de la malnutrición, dadas las

repercusiones que todo ello tendrá en la seguridad alimentaria. En los sistemas agrícolas, especialmente en las áreas semiáridas, los enfoques convencionales basados en la subsistencia no parecen ser suficientemente robustos como para soportar los efectos del cambio climático a largo plazo.

Las políticas y acciones para la adaptación y mitigación del cambio climático incluyen: reforzar la resiliencia a las sequías y las inundaciones invirtiendo y mejorando la resiliencia climática del abastecimiento de agua, los servicios de saneamiento y de higiene (WASH); extender la protección social e introducir productos financieros como seguros; promover la igualdad entre los géneros en el uso y la gestión de los recursos hídricos; y mejorar la disponibilidad de agua para la agricultura mediante la captación de aguas, la cobertura con mantillo y una menor labranza del suelo en los sistemas de secano.

Desde un punto de vista político, la energía es importante para cumplir las aspiraciones de transformación económica de muchos países africanos. Podría convertirse en un catalizador que impulse la cooperación regional para hacer frente a los desafíos del nexo agua-energía-clima, y si es posible, abrir la inversión en los pools de energía regionales y los mecanismos institucionales de comercio de energía.

### Europa, Cáucaso y Asia Central

Las previsiones sobre el clima indican que aumentarán las precipitaciones en el Norte de Europa y disminuirán en el Sur de Europa. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) pone de relieve los crecientes retos para el regadío, la energía hidroeléctrica, los ecosistemas y los asentamientos humanos en la región.

Las acciones clave para conseguir una adaptación más eficaz y más resiliencia a los eventos extremos en la región incluyen: mejorar la eficiencia hídrica y aplicar estrategias para el ahorro de agua; monitorizar y compartir datos sobre la cantidad y la calidad del agua; mejorar la coherencia de la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastre hidrológico; y atraer financiación de múltiples fuentes (por ejemplo, internacional, nacional y privada).

En las cuencas transfronterizas los países ribereños más ricos pueden compartir o ceder asistencia técnica y financiera a los más pobres. Sin embargo, incluso si hay fondos disponibles, la gestión transfronteriza del agua puede resultar difícil desde el punto de vista político. Esto apunta a la necesidad de encontrar un punto de partida políticamente importante en torno al cual edificar la cooperación. En algunos casos, el cambio climático puede ser el factor que encauce la cooperación.

### América Latina y el Caribe

La variabilidad climática y los eventos extremos ya están afectando gravemente a la región. Se prevé que en América Central y del Sur continuarán produciéndose los cambios observados en el flujo fluvial y la disponibilidad de agua, los que afectarán a las regiones vulnerables.

La rápida urbanización, el desarrollo económico y la desigualdad son algunas de las principales causas socio-económicas de la presión que soportan los sistemas hídricos, a las que se suman las repercusiones del cambio climático. La pobreza es una constante en la mayoría de los países y acrecienta la vulnerabilidad al cambio climático. La desigualdad económica también se traduce en desigualdad de acceso al agua y al saneamiento y viceversa. El riesgo creciente de contraer enfermedades transmitidas por el agua afecta más a los pobres. La vulnerabilidad también es alta en las zonas rurales, los factores climáticos limitan las opciones económicas y provocan el éxodo rural. Para muchos países de la región, el cambio climático tiene como telón de fondo la gran competición intersectorial por el agua, en la que compiten las zonas urbanas, los sectores energético y agrícola y las necesidades de los ecosistemas.

El hecho de que las estrategias de desarrollo casi no mencionen explícitamente los problemas transfronterizos del agua-clima nos indica que todavía existen grandes barreras para la cooperación en torno a las aguas transfronterizas en América Latina y el Caribe.



## Asia y Pacífico

Los pronósticos sobre el impacto hídrico del cambio climático a escala subregional en Asia y el Pacífico muestran una gran variación y poca confianza. La región es muy vulnerable a los desastres climáticos y a los fenómenos meteorológicos extremos, que afectan desproporcionadamente a los grupos pobres y vulnerables. Los efectos hídricos del cambio climático confluyen con otras tendencias socio-económicas que afectan a la calidad y cantidad del agua, como la industrialización (que está reorganizando la demanda sectorial de agua y aumentando la contaminación), el crecimiento demográfico y la rápida urbanización. Ésta última también ha incrementado la exposición a riesgos hídricos naturales, como las inundaciones.

El cambio climático y la creciente demanda de agua ejercerán aún más presión sobre los recursos hídricos subterráneos de la región, que ya están de por sí muy explotados en algunas zonas debido a la creciente demanda de agua para el regadío.

A nivel nacional, las prioridades que se han identificado para acelerar la acción agua-clima incluyen: mejorar la gobernanza hídrica y la productividad del agua para gestionar la competencia entre las necesidades de la agricultura, la energía, la industria, las ciudades y los ecosistemas; promover soluciones naturales que puedan reducir las emisiones y mejorar la resiliencia; integrar la lucha contra el cambio climático y la reducción del desastre en todo el ciclo de proyectos y políticas.

Las cuencas transfronterizas de Asia necesitan urgentemente una cooperación regional en torno a la inversión y la información, así como en áreas institucionales como la gobernanza, la capacidad y las alianzas.

## Asia Occidental y Norte de África

La vulnerabilidad al cambio climático es de moderada a alta en toda la región, con un gradiente generalmente creciente de Norte a Sur. La escorrentía y la evapotranspiración generalmente siguen las mismas tendencias que la precipitación, aunque la evapotranspiración es limitada debido a la escasez de agua.

Las áreas con la mayor vulnerabilidad al cambio climático son el Cuerno de África, el Sahel y la parte suroccidental de la Península Arábiga, que albergan algunos de los Países Menos Desarrollados de la región. Pese a que su exposición al cambio climático varía, todos ellos tienen poca capacidad de adaptación.

A los amplios problemas que plantea el cambio climático y a la limitada capacidad de adaptación se suman las complejas dinámicas socio-económicas y políticas que afectan al agua en los niveles regional, nacional y supranacional. La politización y la militarización de los recursos hídricos, la dislocación y la degradación de la infraestructura hídrica han constituido un grave problema para los países sacudidos por conflictos. Siguen persistiendo desigualdades en el acceso y el control de los recursos hídricos, especialmente entre los entornos urbano-rural y entre géneros.

Los actores regionales identificaron muchas prioridades y oportunidades relacionadas con el agua que incluían: hacer que el desarrollo urbano sea más sostenible; mejorar los datos, la investigación y la innovación; incrementar la resiliencia de las comunidades vulnerables expuestas a las inundaciones y a las sequías y amenazadas por la inseguridad alimentaria; promover una mayor integración de las políticas en los ámbitos de mitigación, adaptación y desarrollo sostenible; y mejorar el acceso a la financiación, incluso a través de fondos internacionales para el clima y mediante el desarrollo de mercados locales y productos de inversión.

## El camino a seguir

Dada la naturaleza transversal del agua y del clima, que afectan a diferentes sectores económicos y de la sociedad, se han de resolver conflictos de intereses a todos los niveles y prever mecanismos compensatorios para negociar soluciones integradas y coordinadas. Esto requiere un enfoque justo, participativo y multilateral sobre la gobernanza del agua en el marco del cambio climático.

Cada vez hay más oportunidades de integrar de forma genuina y sistemática la planificación de la mitigación y la adaptación en las inversiones hídricas, haciendo que estas inversiones y las actividades asociadas a ellas resulten más atractivas para los financiadores del clima. Además, algunas iniciativas sobre el cambio climático relacionadas con el agua también pueden tener repercusiones secundarias positivas, como creación de empleo, mejora de la salud pública, reducción de la pobreza, la promoción de la igualdad de género y mejores condiciones de vida, entre otras.

Pese a que la evidencia que demuestra que el cambio climático está afectando al ciclo hidrológico global es cada vez mayor, sigue habiendo mucha incertidumbre a la hora de pronosticar su impacto a una escala geográfica y temporal menor. Sin embargo, esta incertidumbre no tiene que considerarse como una excusa para no actuar. Al revés, debería convertirse en un estímulo para ampliar la investigación, para promover el desarrollo de herramientas prácticas y analíticas y tecnologías innovadoras, para adoptar enfoques en los que no haya nada que lamentar y para construir la capacidad institucional y humana necesaria para favorecer una toma de decisiones informada y fundada en la ciencia.

La necesidad de entablar una mayor cooperación entre las comunidades del agua y del clima va mucho más allá del ámbito de la investigación científica. Por una parte, es necesario que la comunidad del cambio climático y los negociadores del clima en concreto, presten más atención al papel del agua y reconozcan su crucial importancia a la hora de abordar la crisis climática. Por otra parte, es igual de importante (si no más) que la comunidad del agua centre sus esfuerzos en promover la importancia del agua, tanto en términos de adaptación como de mitigación, que desarrolle propuestas de proyectos hídricos para que se incluyan en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), y se refuercen los medios y la capacidad de planificar, ejecutar y monitorizar las actividades de las NDC relacionadas con el agua.

Conjugar la adaptación y la mitigación del cambio climático a través del agua es una propuesta que beneficia a todos. En primer lugar, facilita la gestión de los recursos hídricos y mejora el suministro de agua y la prestación de servicios sanitarios. En segundo lugar, contribuye directamente a combatir tanto las causas como las consecuencias del cambio climático, incluida la reducción del riesgo. En tercer lugar, contribuye directa o indirectamente a cumplir varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (hambre, pobreza, salud, energía, industria, acción por el clima y por supuesto, el ODS 6 del agua), además de otros objetivos globales.

En una época en la que abundan los estudios y artículos pesimistas y catastróficos sobre el cambio climático y otras crisis medioambientales globales, este informe propone una serie de respuestas

# Prólogo

## Estatus de los recursos hídricos bajo el contexto del cambio climático



OMM | Bruce Stewart

UNESCO-PHI | Wouter Buytaert, Anil Mishra y Sarantuyaa Zandaryaa

WWAP | Richard Connor, Jos Timmerman y Stefan Uhlenbrook

Con contribuciones de: Rio Hada (ACNUDH)

prácticas en términos de política, financiación y acción sobre el terreno, con el fin de respaldar nuestros objetivos colectivos y las aspiraciones individuales de alcanzar un mundo sostenible y próspero para todos.

*El Prólogo ofrece una visión general del estado que guardan los recursos hídricos mundiales y los impactos potenciales que el cambio climático puede tener sobre el ciclo hidrológico, incluyendo la disponibilidad y la calidad del agua, demanda de agua, desastres y eventos extremos relacionados con el agua, y ecosistemas. También se aborda las brechas de conocimiento, limitaciones e incertidumbres.*

## Introducción

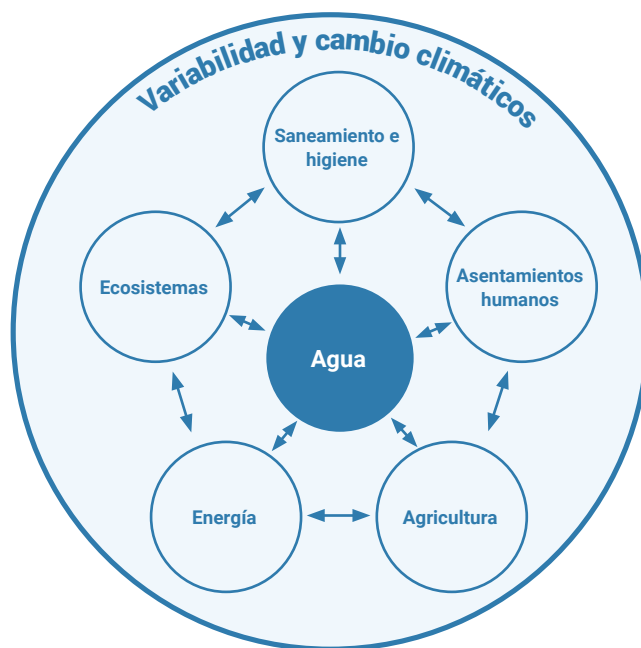
En la actualidad existe un fuerte consenso científico con respecto a la influencia humana en el sistema climatológico y el papel de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en el calentamiento global (IPCC, 2014a; 2018a). La tasa de emisiones de GEI está en un máximo histórico (OMM, 2019). Aún en el caso que dichas emisiones se logren alinear con los compromisos políticos actuales de contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN), de conformidad con el Acuerdo de París, la comunidad científica está altamente convencida que para después del 2030, la temperatura promedio mundial superará niveles preindustriales en por lo menos 1.5°C (IPCC, 2018a).

El cambio climático afecta los recursos hídricos globales de múltiples formas, con patrones espacio temporales, efectos de retroalimentación e interacciones entre los procesos físicos y humanos (Bates et al., 2008). Dichos efectos añadirán desafíos a la gestión sustentable de los recursos hídricos, los cuales están ya bajo una fuerte presión en muchas regiones del mundo (WWAP, 2012), y sujetos a una elevada variabilidad climática y eventos de clima extremos. Notoriamente, afectan la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para cubrir las necesidades humanas básicas, amenazando así el disfrute real del derecho humano al agua y saneamiento para potencialmente miles de millones de personas. No obstante, los efectos del cambio climático pueden ser altamente idiosincráticos en la escala local, (IPCC, 2019a), las tendencias actuales y proyecciones futuras estiman mayores cambios en el clima, y más eventos climáticos extremos en muchas partes del mundo (IPCC, 2014a). Por tanto, es de suma importancia que los administradores de los recursos hídricos consideren al gestionar el agua los potenciales impactos del cambio climático, pues el agua como un recurso de la sociedad, es fundamental para el desarrollo sostenible.

Los cambios hidrológicos, inducidos por el cambio climático, implican mayores riesgos para la sociedad, no solo directamente a través de alteraciones en los procesos hidrometeorológicos que rigen el ciclo hídrico, sino también indirectamente, por riesgos para la producción de energía, seguridad alimentaria, desarrollo económico y desigualdad social, entre otros (Figura 1). Por tanto, la adaptación al cambio climático y mitigación a través de la gestión del agua es crítica para el desarrollo sostenible, y necesaria para alcanzar la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, el Acuerdo de París y el Marco de Sendai para



**Figura 1** Interacción que guarda el agua con otros de los principales sectores socio-económicos afectados por variabilidad climática y el cambio



la Reducción de Riesgo de Desastres.

## Cambio climático

Hoy en día, es inequívoca la evidencia científica de que el sistema climatológico se está calentando, con consenso científico respecto al papel de las actividades humanas en el mismo. Las emisiones antropogénicas de GEI han aumentado en escalada desde la era preindustrial (Figura 2), y las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico (Figura 3) se encuentran en niveles sin precedentes de los últimos 800,000 años (IPCC, 2014a; 2018a; OMM 2019).

Los efectos de las GEI, en conjunto con los de otros impulsores antropogénicos, han sido detectados a lo largo del sistema climatológico y es extremadamente posible que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2014a). A nivel global, la temperatura promedio de las superficies del planeta ha aumentado alrededor de 0.9 °C desde el siglo XIX (Figura 4). La mayor parte de este calentamiento ocurrió en los últimos 35 años, cinco de los años más cálidos fueron registrados después del año 2010. Según la información más reciente de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Cambio Climático de Copérnico, en el mes de julio de 2019 se igualó, y posiblemente se rompió el record para el mes más cálido desde que se empezó a analizar (OMM, 2019). Las temperaturas del agua oceánica también muestran una tendencia a la alza (Cheng et al., 2019).

Desde mediados del siglo XX, se han observado cambios en la intensidad y frecuencia del clima extremo y eventos climáticos. Muchos de estos cambios han sido ligados con la influencia humana, incluyendo un descenso en los extremos de temperaturas frías, un aumento en los extremos de las temperaturas cálidas, un aumento extremadamente alto del nivel del mar, y un aumento en el número de tormentas en varias regiones (Min et al., 2011).

Las continuas emisiones de GEI causarán un mayor calentamiento y cambios de larga duración en todos los componentes del sistema climatológico, aumentando la posibilidad de impactos severos, generalizados e irreversibles, tanto para las personas como para los ecosistemas (UNCTAD, 2016).

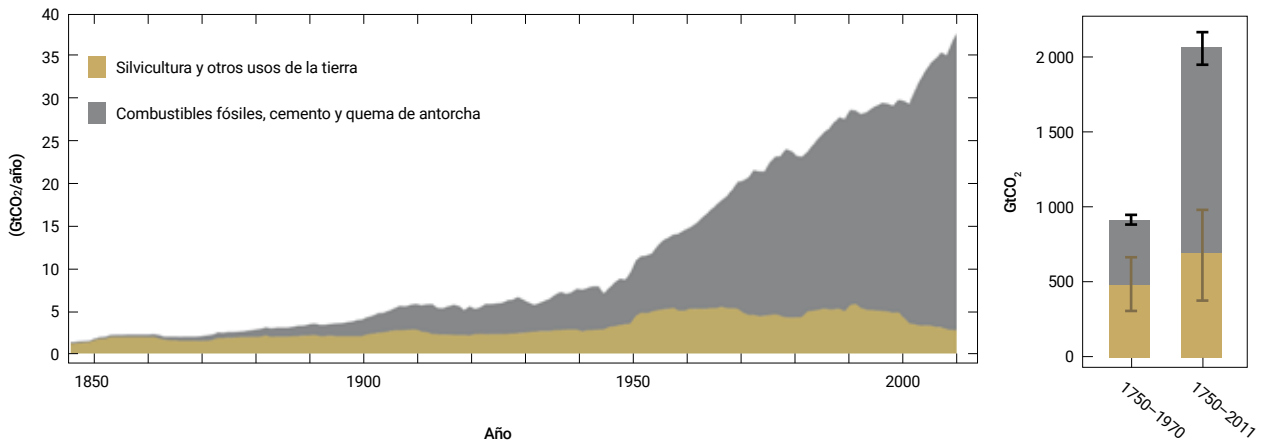
En tanto que hay una tendencia clara en la temperatura (Figura 5), en varias regiones las tendencias

**Figura 2** Emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> Mundiales (1850–2011)

**Emisiones Globales antropogénicas de CO<sub>2</sub>**

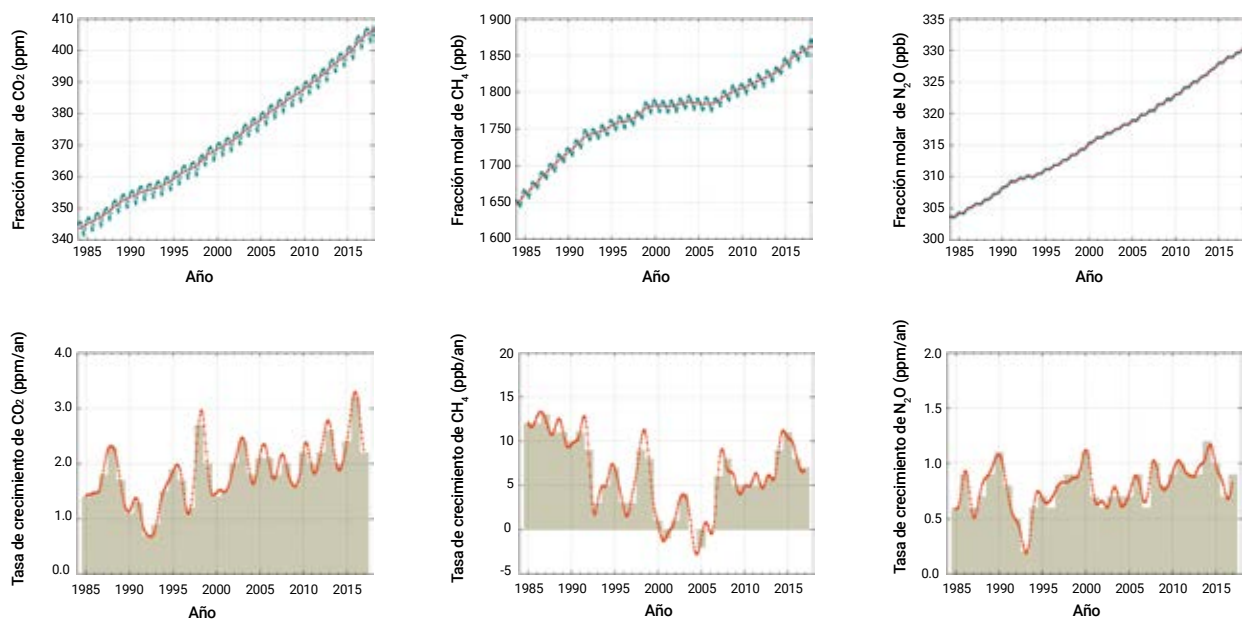
La información cuantitativa de series temporales de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de 1850 a 1970 es limitada

**Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>**



Fuente: IPCC (2014a, fig. 1.5, pág. 45).

**Figura 3** Crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera



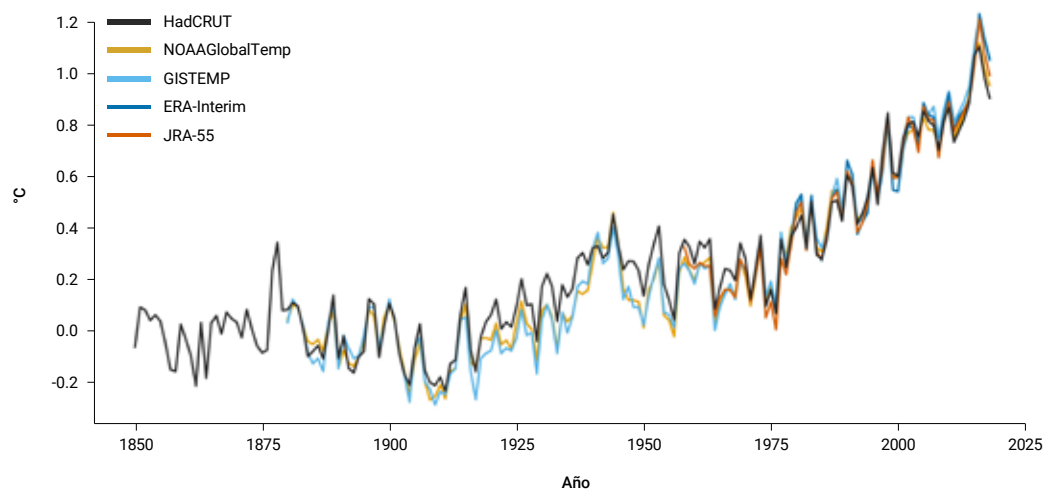
ppm: número de moléculas de gas por millón  
ppb: número de moléculas de gas mil millones

Nota: En la fila superior: La fracción molar global promedio (nivel de concentración) de CO<sub>2</sub> desde 1984 hasta 2017 (ppm; izquierda), CH<sub>4</sub> (ppb; centro) y N<sub>2</sub>O (ppb; derecha). La línea roja es la fracción molar media mensual sin las variaciones estacionales; los puntos azules y línea muestran los promedios mensuales. La línea inferior: son las tasas de crecimiento representando los aumentos en la media anual consecutiva de la fracción molar de CO<sub>2</sub> (ppm por año; izquierda), CH<sub>4</sub> (ppb por año; centro) y N<sub>2</sub>O (ppb por año; derecha).

Fuente: OMM (2019, fig. 3, pág. 9).



**Figura 4** Anomalías en la media de la temperatura global, comparado con la línea base de 1850–1900 en las cinco colecciones globales de datos de temperatura (dataset)



Fuente: Met Office. © British Crown Copyright.

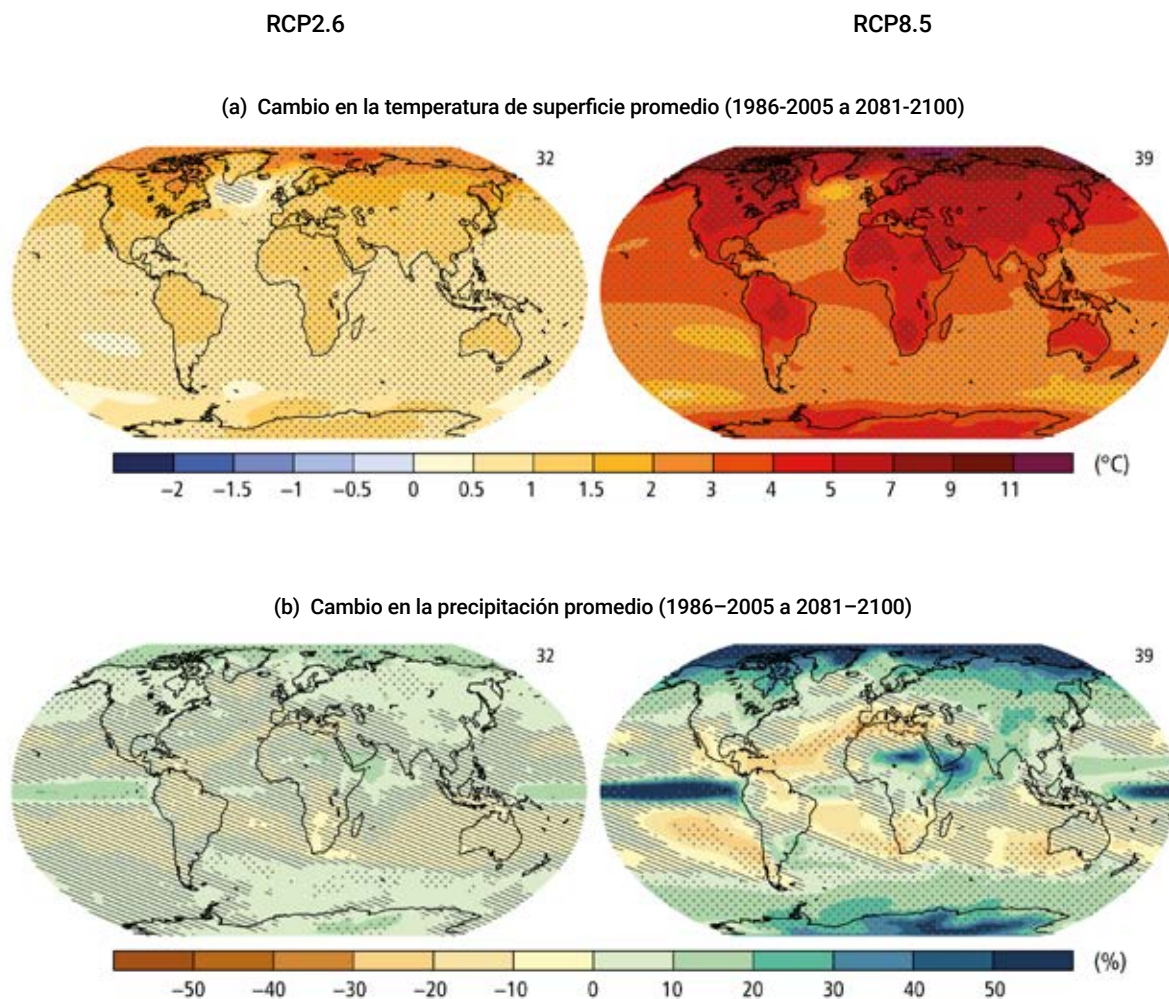
del volumen de precipitaciones anuales son mucho más inciertas, por ejemplo en extensas partes de los subtropicales, donde están ubicados varios de los Países Menos Adelantados. Por ejemplo, bajo las Trayectorias de Concentración Respectivas 8.5 (RCP8.5), los Modelos de Circulación Generales (MCG) solamente concuerdan, para un tercio de la superficie de tierra, en los montos de las direcciones de precipitación futuras (IPCC, 2014a). Las grandes incertidumbres en los modelos climáticos, especialmente en las zonas transitorias entre regiones con aumentos y disminuciones en su precipitación anual, no excluyen potenciales grandes impactos en extremos climáticos y los recursos hídricos. Aún pequeños cambios en la temperatura y clima (p. ej. escenarios de bajas GEI) pueden tener grandes impactos en la disponibilidad del agua y extremos en particular.

En mayor medida para los promedios anuales de precipitación (especialmente los subtropicales), los modelos globales concuerdan, en gran medida, en un incremento futuro de climas extremos (Hattermann et al., 2018). Las proyecciones climáticas indican con gran confianza que, los eventos de precipitaciones extremas serán más intensos y frecuentes en muchas regiones, y también que las olas de calor ocurrirán con mayor frecuencia y su duración será más larga (Figura 6). Lo anterior, aumentará los riesgos de inundaciones globales (Hirabayashi et al., 2013), mientras que se espera que este último haga que las sequías sean más intensas (Trenberth et al., 2014). Dichos riesgos están distribuidos geográficamente de forma desigual, y son generalmente más grandes para las personas vulnerables y las comunidades en todos los países (IPCC, 2014a).

Por ejemplo, África Occidental, con el Níger como su cuenca fluvial principal, así como la región de la cuenca alta del Amazonas, la incertidumbre en las precipitaciones anuales es muy alta. Al mismo tiempo, hay fuertes indicaciones de que habrá una mayor proporción de días secos, incluso en un clima que en promedio se volverá húmedo (Tänzler y Kramer, 2019) (ver Sección 9.1.3).

En vista de estas y otras amenazas planteadas por un clima cambiante, en la 21ª Conferencia de las Partes (COP21) en París (diciembre 2015), las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y para acelerar e intensificar las inversiones necesarias para un futuro sostenible bajo en carbono. El objetivo central del Acuerdo de París es fortalecer la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático al limitar, en este siglo, el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C arriba de los niveles

**Figura 5** Estimaciones multi-modelo de la media de la fase 5 del proyecto intercomparación de modelos acoplados (CMIP5)



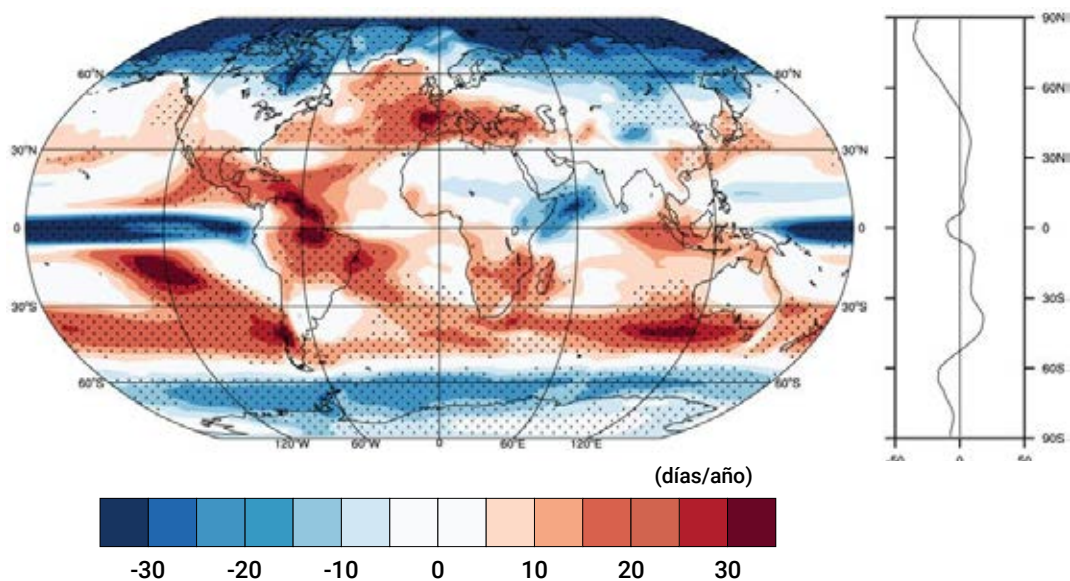
Nota: El promedio de las estimaciones de modelos disponibles para el periodo 2081-2100 bajo los escenarios de RCP2.6 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para el: (a) cambio en la temperatura media anual de la superficie, y (b) cambio en la precipitación media anual, en porcentajes. Los cambios se muestran en relación con el periodo de 1986-2005. El número de modelos utilizados CMIP5 para calcular la media multi-modelo, se indica en la esquina superior de cada panel. Los puntos marcados indican regiones donde el cambio proyectado es grande en comparación con la variabilidad natural interna (p. ej., más de dos desviaciones estándar de la variabilidad interna media en 20 años) y donde 90% de los modelos coinciden en el signo del cambio. Sombreado (líneas diagonales) muestra regiones donde el cambio proyectado es menor que una desviación estándar de la variabilidad interna natural media de 20 años.

Fuente: Adaptado del IPCC (2014a, fig. 2.2, pág. 61).

preindustriales, y para continuar los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura, hasta un 1.5°C.

Pero incluso si se logra este ambicioso objetivo, algunas de las tendencias actuales continuarán, creando

**Figura 6** Conjunto multi-modelo promedio CMIP5 de la media de cambio en la frecuencia de los días secos (días/año) para 2060–2089, en relación con el período histórico de 1960–1989, utilizando el escenario de forzamiento RCP8.5



Nota: Lo punteado indica áreas donde por lo menos 70% de los modelos coinciden en el signo del cambio. Gráfica a la derecha: valores de la media de la zona.

Fuente: Polade et al. (2014, fig. 2).

cambios duraderos o potencialmente irreversibles. Esto debe tenerse en cuenta en la gestión de los recursos hídricos futuros.

## Clima y agua

El clima de la tierra y el ciclo hídrico terrestre tienen una relación muy cercana y compleja (Figura 7). Los cambios en la variabilidad climática, y el cambio se propagará para afectar a los recursos hídricos en consecuencia. Por ejemplo, un déficit de lluvias reducirá la humedad del suelo, el caudal de los ríos y la recarga de las aguas subterráneas, pero la magnitud de estos efectos continuados dependerá de las condiciones locales, como las propiedades del suelo, la geología, la vegetación y el uso del agua.

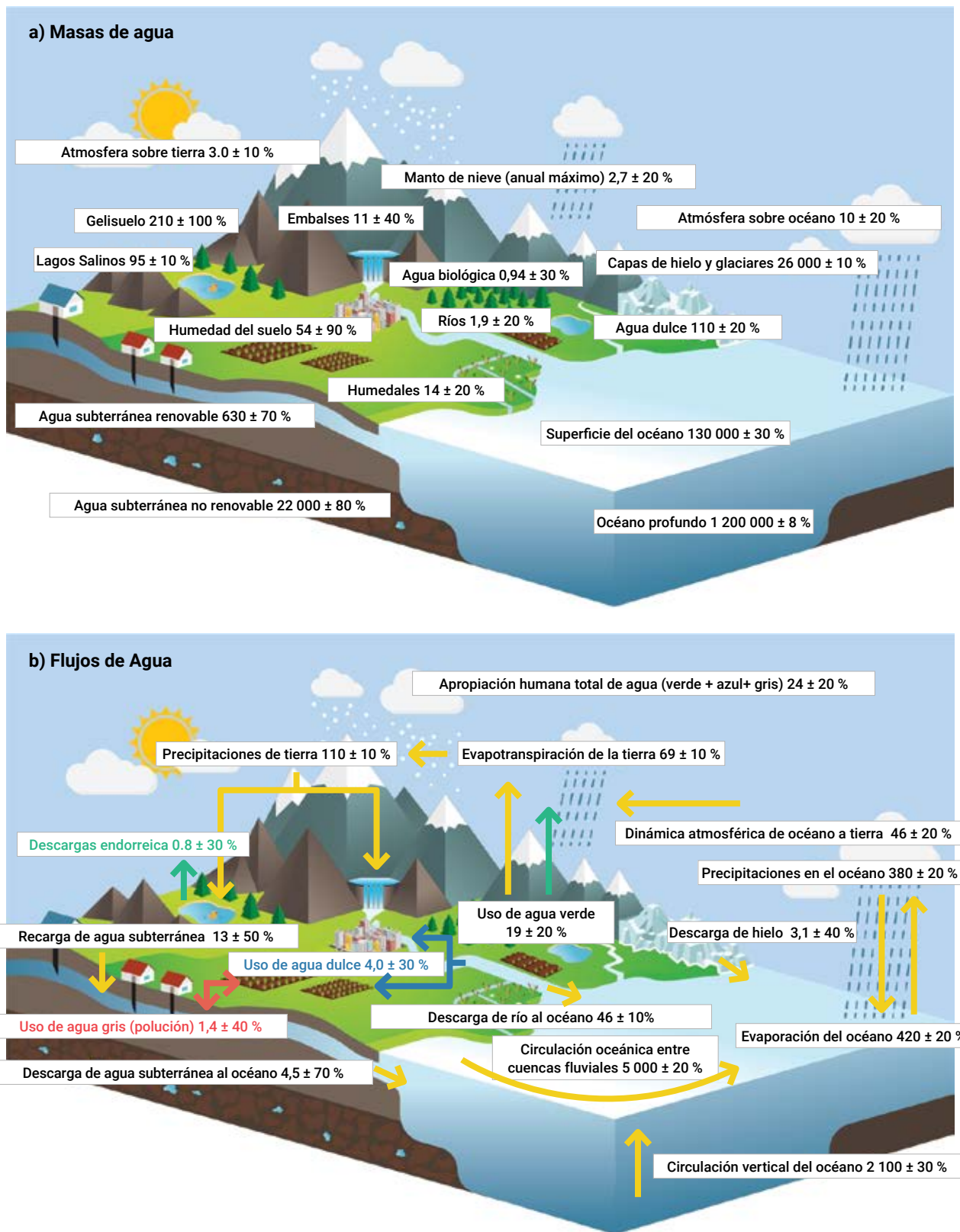
Debido a los diferentes plazos de los procesos involucrados, los impactos en el déficit de aguas subterráneas (aunque por lo general son menos que en el caso de las aguas superficiales y llegan con un retraso) pueden durar mucho más tiempo que la sequía meteorológica original que los causó, iniciando así un “efecto memoria” (Changnon, 1987). Las inundaciones, por otro lado, pueden tener un impacto en la disponibilidad del agua, el saneamiento y otras facetas de los medios de subsistencia humanos al dañar infraestructura y servicios clave.

Al mismo tiempo, el ciclo hídrico es en sí un componente esencial del sistema climatológico, controlando la interacción entre la atmósfera y la superficie terrestre y proporcionando mecanismos de retroalimentación para el transporte, almacenamiento e intercambio de masa y energía (Figura 7).

Los vínculos entre el clima y los recursos hídricos se ven afectados por una variedad de factores antropogénicos, incluyendo sin limitar al uso de la tierra y el cambio de la cubierta de la tierra, regulación del agua y sistemas de extracción, y contaminación del agua. A través de una combinación de ingeniería “gris” y “verde”, como la construcción de la infraestructura de los recursos hídricos, y el desarrollo de prácticas agrícolas y otras prácticas de uso del agua, la humanidad ha mejorado el acceso al suministro



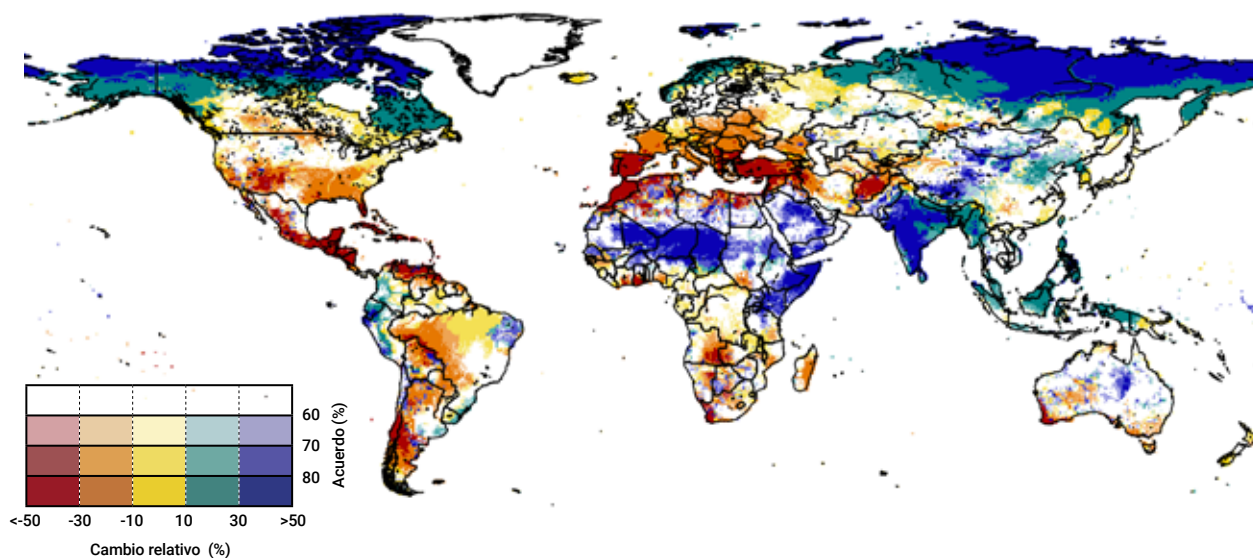
**Figura 7** Esquema del ciclo global del agua en la era antropocena



Nota: Las principales masas de agua (expresado en 10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>) (a) y flujos de agua (expresado en 10<sup>3</sup> km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>) (b). La incertidumbre representa la gama de estimaciones recientes expresadas en %. En b, uso total humano del agua (~24 10<sup>3</sup> km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>) se separa en verde (humedad del suelo utilizado por los cultivos humanos y tierras de cultivo, flecha verde); azul (uso consuntivo del agua por la agricultores, industria y actividad doméstica, flecha azul); y gris (agua necesaria para diluir los contaminantes humanos, que se representa con sombreado rosa, flecha roja). Esta representación promediada del ciclo hídrico no representa una variación estacional e interanual importante en muchas masas de agua y flujos.

Fuente: Basado en Abbott et al. (2019, fig. 3, pág. 537).

**Figura 8** Tendencias de escenarios en la disponibilidad del agua por el cambio climático



Nota: Esta Figura representa el cambio relativo en la descarga anual con un aumento de temperatura de 2°C en comparación con el presente, bajo el RCP8.5.

Fuente: Schewe et al. (2014, fig. 1, pág. 3246). La Atribución-CompartirIguual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-SA 3.0 IGO), esta licencia no es aplicable a esta figura.

de agua potable y a los servicios de saneamiento a lo largo de su historia. El cambio climático afectará muchas de esas estrategias de varias maneras, y por tanto, se requiere un nuevo enfoque inteligente respecto al clima para la gestión de los recursos hídricos.

## Estado de los impactos relacionados con los recursos hídricos derivados del cambio climático

El cambio climático afecta el ciclo hídrico terrestre a través de muchos procesos diferentes. La retroalimentación e interacciones entre esos procesos, que no todos se entienden completamente o se pueden medir a escalas pertinentes, hacen muy difícil la cuantificación y la predicción de las consecuencias. Además, históricamente tanto el desarrollo de los recursos hídricos como su gestión, han sido llevados a cabo bajo la presunción de estacionalidad<sup>1</sup> de las series temporales hidrológicas (Milly et al., 2008). Si bien los datos hidrológicos recopilados en el pasado proporcionan información valiosa sobre los procesos y eventos, no son necesariamente indicativos del régimen hidrológico futuro. Además, incluso cuando se detectan cambios hidrológicos, la atribución de causas, incluido el cambio climático, a menudo sigue siendo incierta (ONU-Agua, 2019).

### Disponibilidad de agua y estrés

Los cambios en la precipitación y la temperatura (Figura 8) afectarán directamente al presupuesto del agua terrestre (Schewe et al., 2014). Se espera que la evaporación de la superficie terrestre se incremente como resultado de la tendencia mundial del aumento de las temperaturas del aire en todas las regiones, menos las más secas, donde la falta de agua impide tal aumento. Este incremento puede ser compensado por un aumento en las precipitaciones, pero en muchas regiones y especialmente en aquellas áreas donde los volúmenes de lluvia disminuirán, esto conducirá a la disminución de los volúmenes de flujo de escorrentía superficial y una disminución de disponibilidad del agua en diferentes estaciones (IPCC, 2018a).

<sup>1</sup> Una serie temporal estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas como la media, la varianza, la auto-correlación, etc. son todas constantes en el tiempo.

Ya se han observado disminuciones en los ríos del oeste de África (Batisha, 2012), el suroeste de Australia (Academia Australiana de Ciencias, 2019), la cuenca del río Amarillo en China (Piao et al., 2010) y el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos de América (EE.UU.) (Kalra et al., 2008). Tales disminuciones afectan directamente la disponibilidad del agua, para la extracción de agua de los agricultores, la industria y los suministros domésticos, así como para los usos de la corriente, como la generación de energía, navegación, pesca, recreacionales y, por último, pero no menos importante, el medio ambiente.

El impacto combinado de los cambios en la precipitación y la evaporación también determinará las tendencias futuras en la humedad del suelo y las aguas subterráneas, con posibles consecuencias para la frecuencia y gravedad de episodios de sequía en la humedad del suelo (Van Loon et al., 2016). Por ejemplo, se ha observado un aumento de la sequedad en la humedad del suelo en el centro-norte y en el noreste de Asia (Wang et al., 2011).

***El impacto combinado de los cambios en la precipitación y la evaporación también determinará las tendencias futuras en la humedad del suelo y las aguas subterráneas***

Los Cambios inducidos por el cambio climático en la criósfera también son amplios, lo que conduce a una reducción global de la cubierta de nieve y hielo (Huss et al., 2017). Se prospecta, con gran confianza que, la cubierta de nieve, glaciares y permafrost seguirán disminuyendo en casi todas las regiones a lo largo del siglo XXI (IPCC, 2019a). Se espera que el derretimiento acelerado de los glaciares tenga un efecto negativo en los recursos hídricos de las regiones montañosas y sus tierras bajas adyacentes, las regiones montañosas tropicales están entre las más vulnerables (Buytaert et al., 2017). Aunque el derretimiento acelerado de los glaciares puede aumentar el flujo de corrientes localmente y de forma temporal, la reducción de la cubierta de los glaciares tiende a resultar, en el largo plazo, en flujos de río más variables y una reducción del flujo base, así como cambios en la temporalidad de los picos de las corrientes. Se han observado cambios a un flujo máximo, más temprano, en los ríos eurasiáticos y Norteamericanos dominados por la nieve (Tan et al., 2011), mientras que reducciones en los flujos de base en los ríos alimentados por glaciares se están haciendo evidentes en los Andes y el Himalaya (Immerzeel et al., 2010; Baraer et al., 2015).

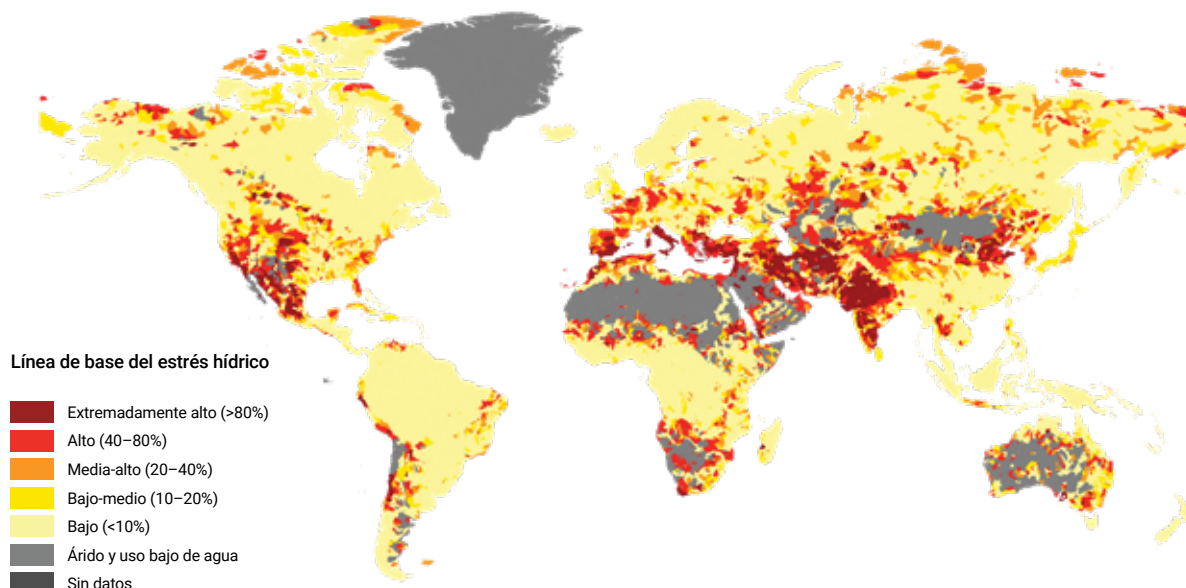
Es probable que estos cambios agraven el estrés hídrico, que es uno de los principales problemas que enfrentan muchas sociedades y el mundo en el siglo XXI. El consumo de agua ha estado creciendo a más del doble de la tasa de aumento de la población en el siglo (FAO, 2013a). Combinado con un suministro más errático e incierto, la situación de las regiones actualmente estresadas por el agua agravará, y generará estrés hídrico en regiones que actualmente tienen abundantes recursos hídricos.

El estrés hídrico ya afecta a todos los continentes (Figura 9). La escasez de agua física es a menudo un fenómeno estacional, en lugar de uno crónico (Figura 10), y el cambio climático es probable que cause cambios en estacionalidad del agua durante todo el año en varios lugares (IPCC, 2014a). Alrededor de 4 mil millones de personas viven bajo condiciones de escasez de agua física severa, durante al menos un mes al año (Mekonnen y Hoekstra, 2016). Alrededor de 1.6 mil millones de personas, o casi una cuarta parte de la población mundial, se enfrentan a la escasez económica de agua, lo que significa que carecen de la infraestructura necesaria para acceder al agua (ONU-Agua, 2014).

Debido a la alta densidad de población de las ciudades y al aumento de la urbanización, el suministro de agua urbana es particularmente vulnerable. Se estima que, debido al cambio climático, para el año 2050 alrededor de 685 millones de personas viviendo en más de 570 ciudades, enfrentarán a una disminución adicional de disponibilidad de agua dulce de por lo menos 10% (Figura 11). Algunas ciudades, como Ammán, Ciudad del Cabo y Melbourne, pueden experimentar declives en la disponibilidad del agua dulce de entre 30 a 49%, mientras que Santiago puede ver una disminución por encima del 50% (C40 Ciudades, 2018).

Es probable que el impacto social y las consecuencias sean graves. La escasez de agua, exacerbada por el cambio climático, podría costarles a algunas regiones hasta un 6% de su producto bruto interno bruto mientras se dispara la migración y se activan conflictos (FAO/Grupo del Banco Mundial, 2018).

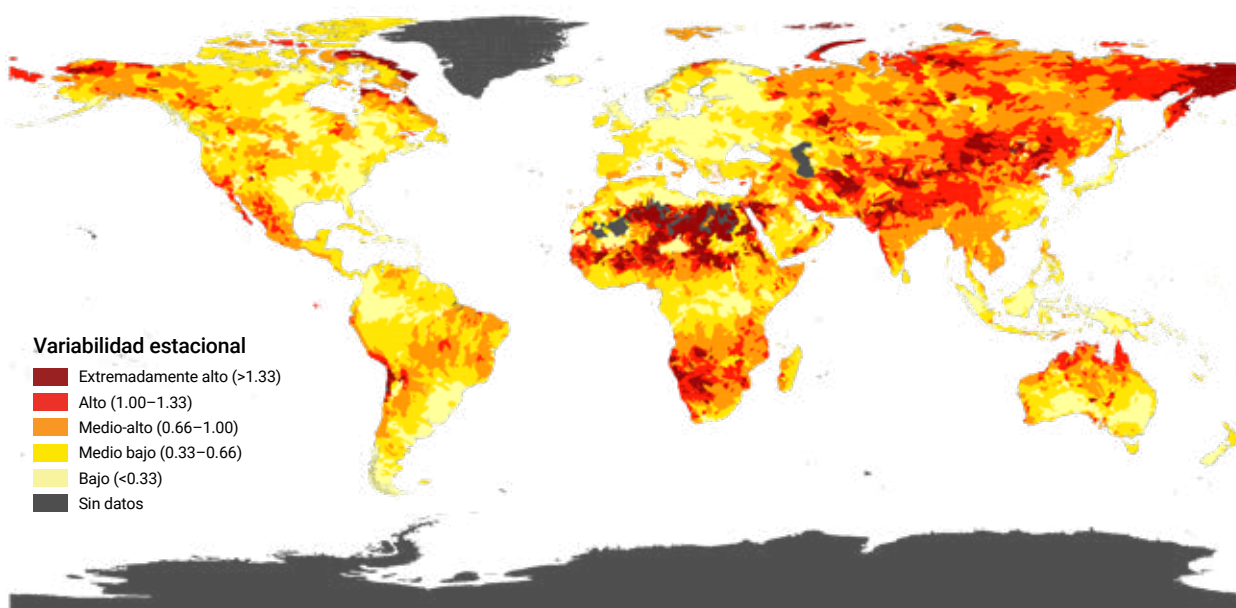
**Figura 9** Línea base anual del estrés hídrico



Nota: La línea base del estrés hídrico mide la relación del total de retiros de agua con comparación al suministro de agua renovable disponible. Las extracciones de agua incluyen usos domésticos, industriales, de riego y de ganado consuntivos y no consuntivos. Los suministros de agua renovable disponibles, incluyen suministros de agua subterránea y superficial y considera el impacto del consumo de los usuarios de agua arriba y de grandes presas en disponibilidad del agua corriente abajo. Los valores más altos indican más competencia entre los usuarios.

Fuente: WRI (2019). Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

**Figura 10** Variabilidad estacional

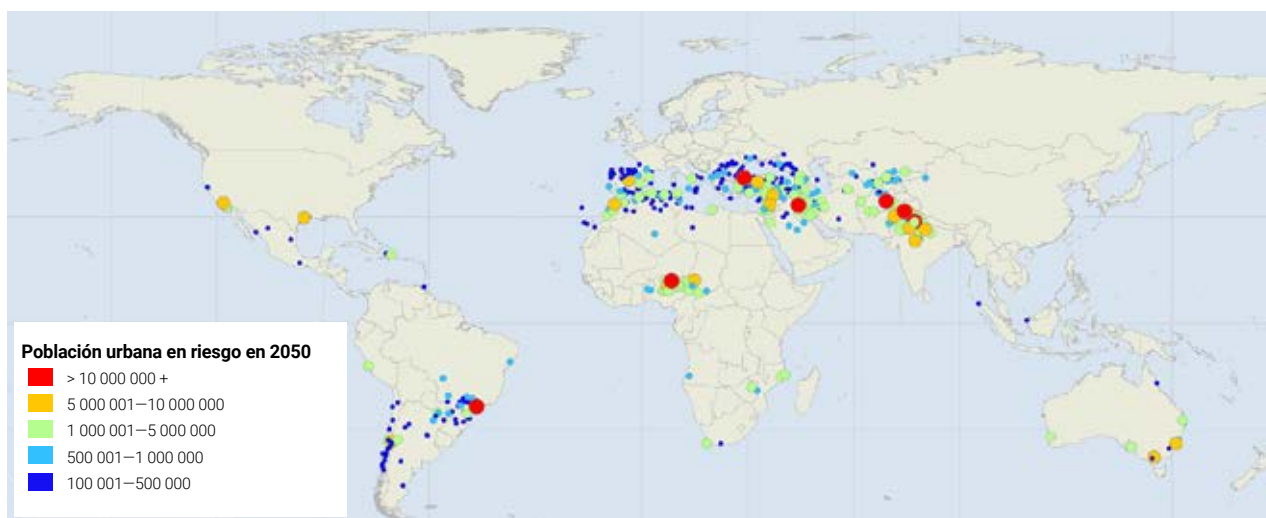


Nota: La variabilidad estacional mide la variabilidad media dentro de un año del suministro de agua disponible, incluyendo suministros renovables de superficie y de agua subterránea. Los valores más altos indican variaciones más amplias de suministro disponible dentro de un año.

Fuente: WRI (2019). Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).



**Figura 11** Declive de la disponibilidad del agua urbana



Fuente: Cortesía del Climate Impacts Group (Grupo de Impactos Climáticos) del Centro para la Investigación del Sistema Climático (Center for Climate System Research) de la Universidad de Columbia, UCCRN (por sus siglas en inglés) (2018, fig. 5, pág. 25).

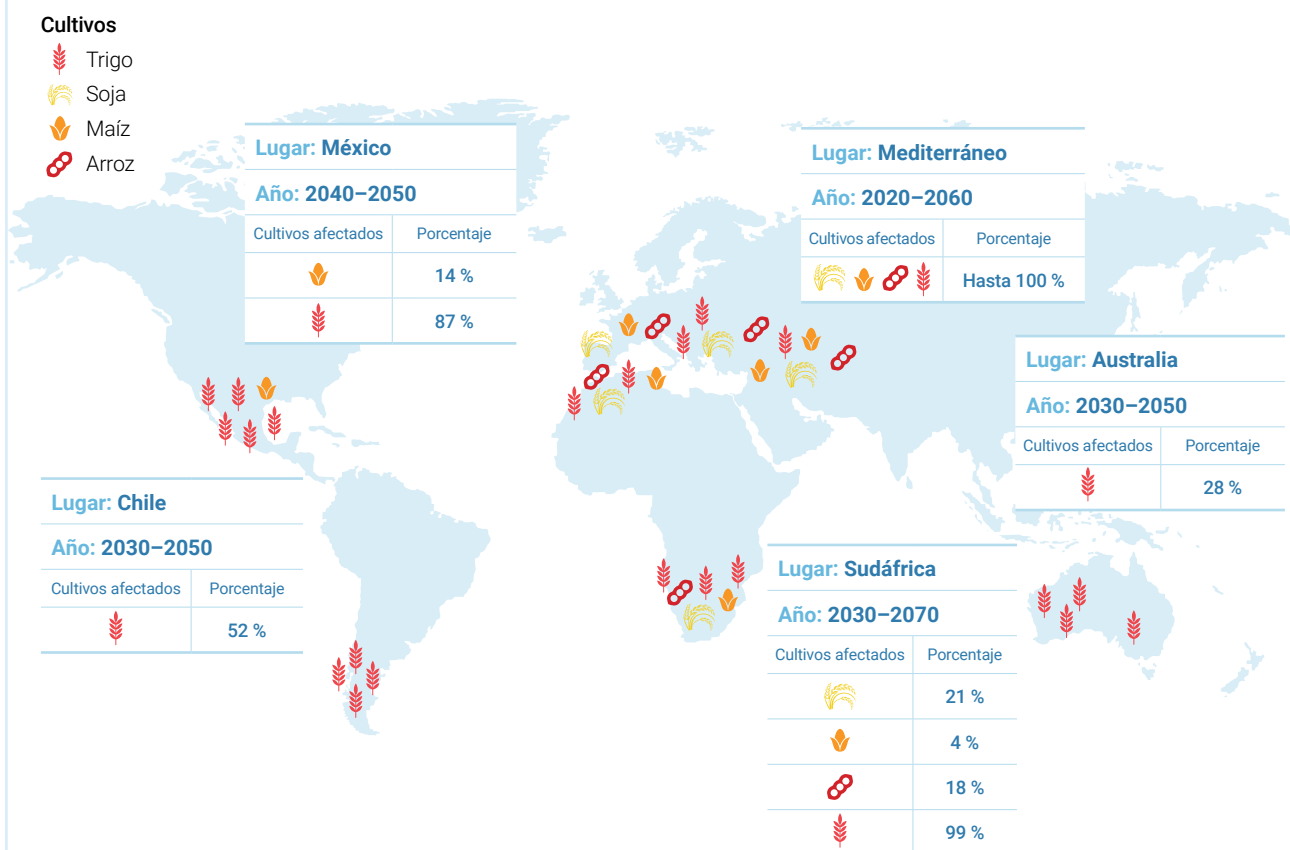
El conocimiento de los impactos en la agricultura, derivados del cambio climático a través del agua, se ha expandido significativamente en los últimos 20 años. Los resultados convergentes muestran que, el cambio climático fundamentalmente alterará los patrones mundiales de producción de alimentos en función de la disponibilidad del agua. Se espera que los impactos de la productividad de los cultivos sean negativos en bajas latitudes y regiones tropicales, y en cierta medida positivas en regiones de altas latitudes (FAO, 2015a). Para el año 2040, habrá una mejor disponibilidad de lluvias para el trigo, soja, arroz y maíz, aún y cuando se alcancen los objetivos de emisiones bajo el Acuerdo de París. Las proyecciones muestran partes de África, las Américas, Australia y Europa más secas, mientras que los trópicos y el norte serán más húmedos (Figuras 12 y 13) (Rojas et al., 2019). Dado que el agua media gran parte de los impactos del cambio climático en la agricultura, el aumento de la escasez de agua en muchas regiones del mundo presenta un gran reto para la adaptación al cambio climático.

### Calidad del agua

Los recursos de agua dulce mundiales están cada vez más contaminados con residuos orgánicos, patógenos, fertilizantes y pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes. La contaminación del agua por materia orgánica está creciendo debido al aumento de la descarga de aguas residuales municipales e industriales, la intensificación de los cultivos (incluida la ganadería) y la reducción de la capacidad de dilución de los ríos debido a la disminución de la escorrentía y extracciones del agua (Zandaryaa y Mateo-Sagasta, 2018). La eutrofización es un fenómeno generalizado a nivel mundial debido a la liberación de enriquecedores de nutrientes artificiales en aguas superficiales, como resultado de la gestión ineficaz de las aguas residuales y la escorrentía agrícola. La contaminación patógena es el problema más extendido de la calidad del agua en los países en desarrollo, debido al agua insegura y al saneamiento (OMS/UNICEF, 2017). Los contaminantes emergentes presentan un nuevo desafío mundial de la calidad del agua en los países desarrollados y en desarrollo, con amenazas potencialmente graves para la salud humana y los ecosistemas.

Las floraciones de algas nocivas (HAB, por sus siglas en inglés) inducidas por el clima están aumentando debido a las temperaturas más cálidas del agua por el calentamiento global. Muchos lagos y estuarios de todo el mundo, que proporcionan agua potable a millones de personas y apoyan

**Figura 12** Principales cultivos enfrentan condiciones más secas



Nota: Este mapa muestra algunos países donde las porciones de tierra dedicadas a los principales cultivos – trigo, soja, arroz y maíz– estarán bajo condiciones permanentes más secas por el cambio climático (Rojas et al., 2019). Por ejemplo, entre 2020 y 2060, el 28% de la tierra actualmente dedicada al cultivo de trigo en Australia recibirá menos precipitaciones según las tendencias actuales de emisiones de gases de efecto invernadero.

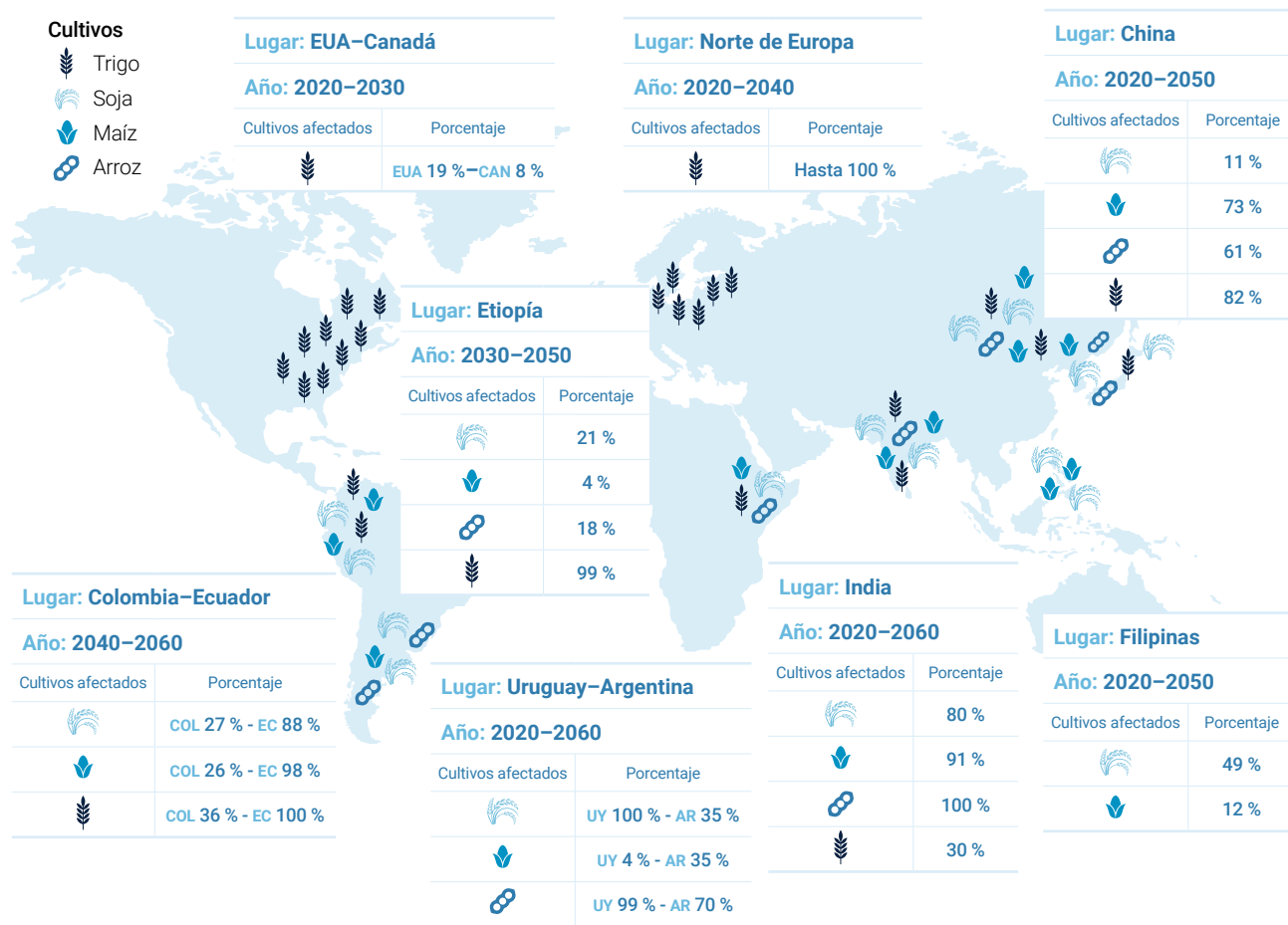
Fuente: Adaptado de Anaconas (2019). © 2019 Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)/por L. Anaconas. Bajo licencia CC BY-SA 4.0.

los servicios eco sistémicos, ya tienen floraciones tóxicas, que alteran la red de alimentos y que generan hipoxia de cianobacterias nocivas. Por ejemplo, en China, más del 60% de los lagos sufren de eutrofización y HAB (Shao et al., 2014). El cambio climático está afectando gravemente nuestra capacidad de controlar estas HAB, o lo están haciendo casi imposible (Havens y Paerl, 2015). Los humedales costeros y de agua dulce, ya se ven afectados negativamente por los impactos humanos, como los regímenes de flujo alterados y el deterioro de la calidad del agua. El cambio climático es probable que aumente el estrés sobre los humedales mundiales y ecosistemas acuáticos con implicaciones negativas sobre la pesca y la acuicultura (Poff et al., 2002). Dichos cambios en la calidad del agua no sólo afectan al bienestar económico y social, sino también a la sostenibilidad de los flujos ambientales vitales, los ecosistemas y la biodiversidad (WWAP, 2017).

### **Demanda de agua**

El consumo mundial de agua ha aumentado por un factor de seis en los últimos 100 años (Figura 14) y sigue creciendo constantemente a un ritmo de alrededor del 1% anual (AQUASTAT, s.f.) con el aumento de la población, el desarrollo económico y los patrones de consumo cambiantes. En 2012, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE) prospectó que la demanda aumentaría un 55% a nivel mundial entre 2000 y 2050, principalmente en función de las crecientes

**Figura 13** Principales cultivos enfrentan condiciones más húmedas



Nota: Este mapa muestra algunos países donde las porciones de tierra dedicadas a los principales cultivos— trigo, soja, arroz y maíz— estarán bajo condiciones permanentes más húmedas por el cambio climático (Rojas et al. 2019). Por ejemplo, entre 2020 y 2060, el 82% de la tierra actualmente dedicada al cultivo de trigo en China recibirá más lluvia según las tendencias actuales de emisiones de gases de efecto invernadero.

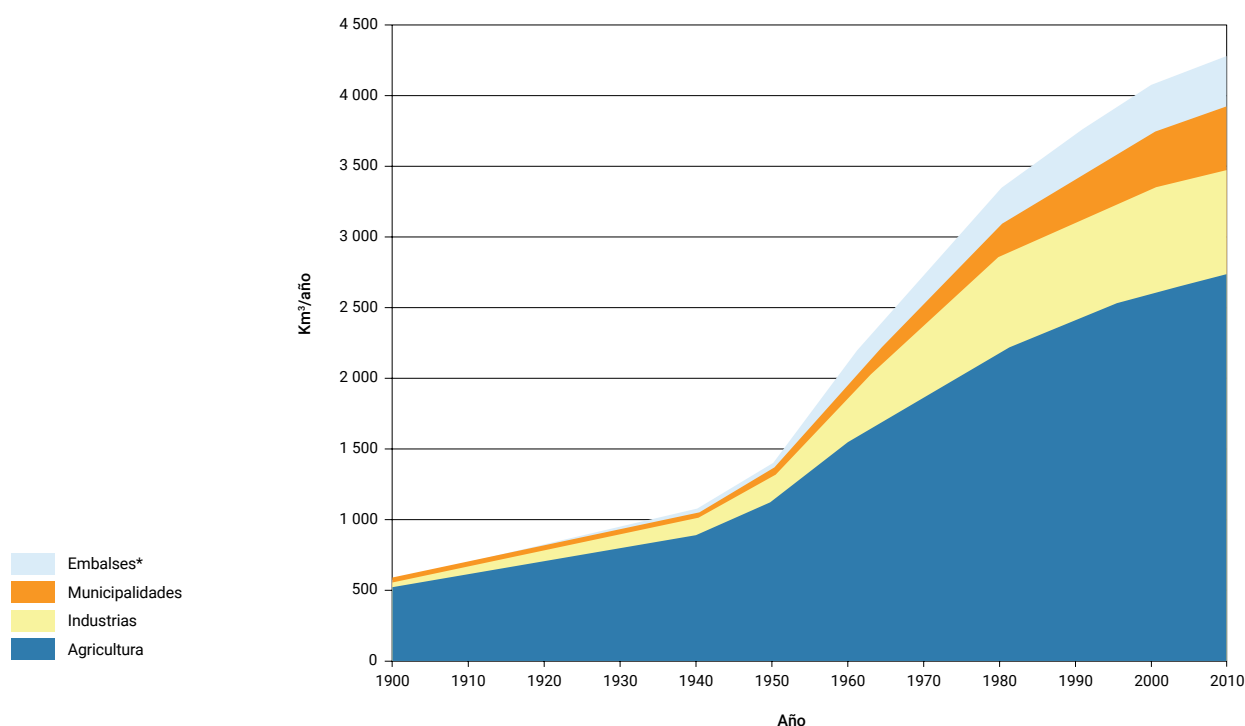
Fuente: Adaptado de Anaonas (2019). © 2019 International Center for Tropical Agriculture (CIAT)/por L. Anaonas. Bajo licencia CC BY-SA 4.0.

demandas de la industria manufacturera (+400%), generación de energía térmica (+140%) y uso doméstico (+130%) (OCDE, 2012). Un estudio diferente concluyó que, el mundo podría enfrentar un déficit mundial de agua del 40% para 2030 en un escenario de en el que se continúa trabajando como de costumbre (2030 WRG, 2009).

Frente a estas demandas competitivas, habrá poco margen para aumentar la cantidad de agua utilizada para el riego, que actualmente representa el 69% de todas las extracciones de agua dulce (AQUASTAT, s.f.). Mientras que la OCDE proyecta una disminución general en las futuras extracciones mundiales de agua para riego, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó un aumento del 5.5% en las extracciones de agua de riego de 2008 a 2050 (FAO, 2011a). Las discrepancias en estas proyecciones ponen de relieve el reto de estimar el crecimiento de la demanda de agua a escala mundial. Sin embargo, “con independencia de la magnitud del futuro déficit de agua a nivel global, y más importante aún a nivel local, la escasez de agua probablemente limitará las oportunidades de crecimiento económico y la creación de empleos decentes en las próximas décadas.” (WWAP, 2016, pág. 23).

El calentamiento global exacerbará aún más esta tendencia, ya que la demanda de agua tiende a aumentar con la temperatura (Gato et al., 2007). Esto ejercerá una presión significativa sobre las autoridades de agua para mantener el equilibrio entre la demanda y el suministro de agua. Por lo

**Figura 14** Extracciones de agua globales durante el siglo anterior



Nota: \*Evaporación de lagos artificiales.

Fuente: AQUASTAT (2010).

tanto, evaluar los impactos del cambio climático sobre la demanda de agua es crucial, para asegurar que la demanda de agua se satisfaga bajo condiciones del cambio climático. La temperatura y las precipitaciones son las variables del clima más utilizadas al hacer los modelos de la demanda de agua (Haque et al., 2015).

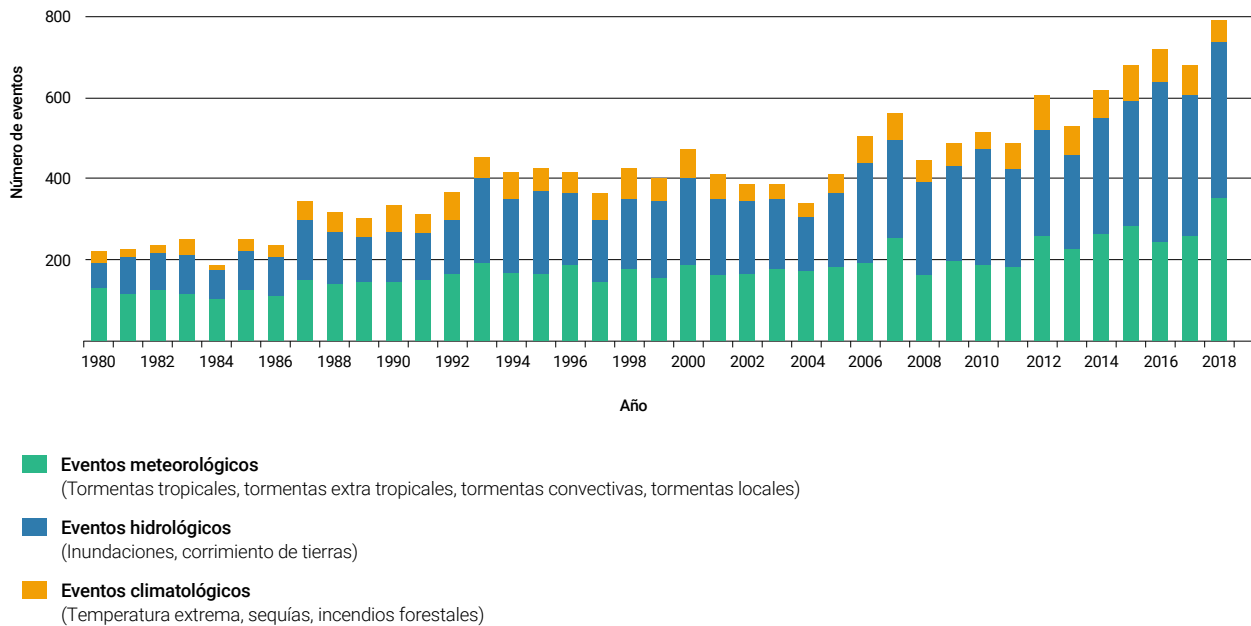
Los efectos combinados de las poblaciones en crecimiento, el aumento de los ingresos, los cambios en los patrones de consumo y las ciudades en expansión aumentarán significativamente la demanda de agua, esto combinado con una oferta más errática e incierta. Lo anterior, puede generar estrés hídrico en regiones que actualmente cuentan con abundantes recursos hídricos, como África central y el este de Asia (Banco Mundial, 2016a).

### Desastres relacionados con el agua y eventos extremos

Se espera que los cambios en los patrones de precipitación en condiciones del cambio climático, aumenten la intensidad y la frecuencia de las inundaciones y sequías en muchas regiones (Hirabayashi et al., 2013; Asadieh y Krakauer, 2017). Tales cambios también pueden tener efectos secundarios. Por ejemplo, combinados con cambios en la vegetación, también conducirán a la desestabilización de las laderas y, por lo tanto, potencialmente más inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra (Gariano y Guzzetti, 2016).

Las inundaciones globales y los eventos de lluvia extrema han aumentado en más de un 50% esta década, y ahora se están produciendo a una tasa cuatro veces mayor que en 1980. Otros eventos climatológicos extremos como las tormentas, las sequías y las olas de calor han aumentado en más de un tercio esta

**Figura 15** Catástrofes naturales relacionadas con el clima mundial clasificadas, 1980–2018



Nota: Los eventos contabilizados han causado al menos una muerte y/o producido pérdidas normalizadas de  $\geq 100$  mil, 300 mil, 1 millón o 3 millones de dólares (dependiendo del grupo de ingresos del país afectado, según el Banco Mundial).

Fuente: MunichRe, NatCatSERVICE (2019).

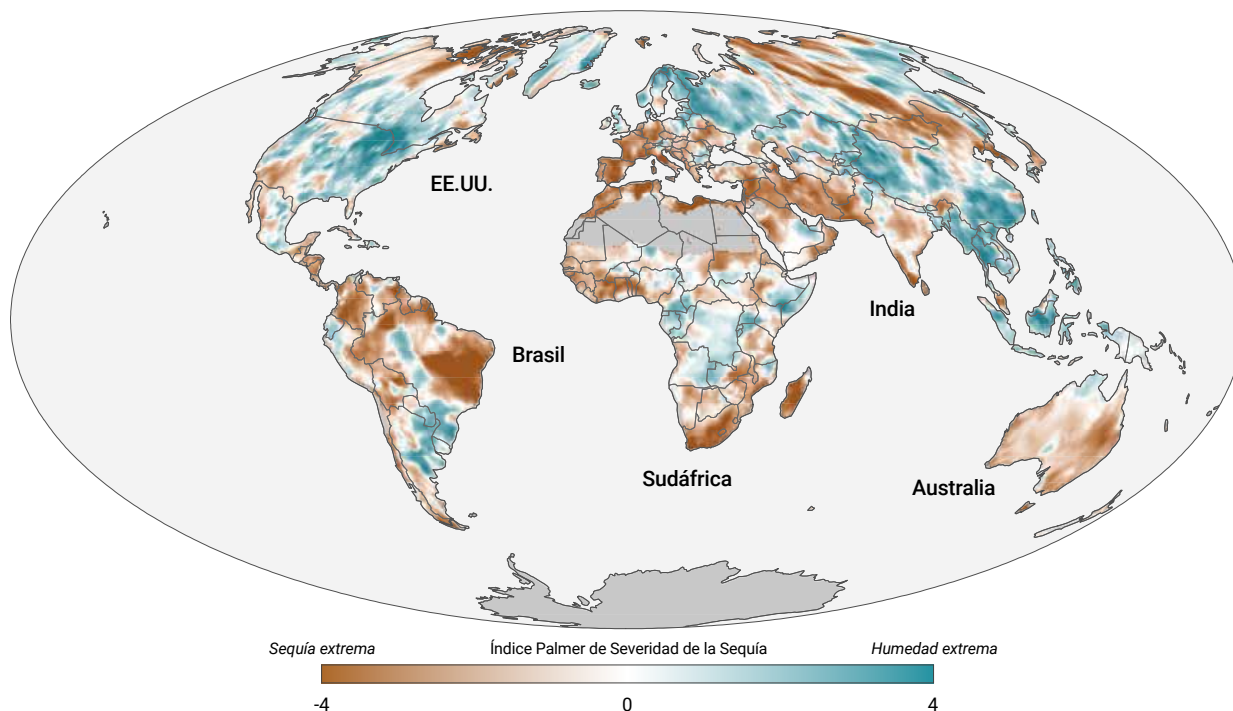
**Los humedales son también enormes reservas de carbono. Las turberas por sí mismas almacenan el doble de carbono que los bosques de la tierra. Los humedales sanos funcionan como sumideros de carbono, los humedales degradados son importantes fuentes de GEI**

década, y se están registrando con el doble de frecuencia que en 1980 (EASAC, 2018). La Figura 15 muestra las tendencias crecientes de los desastres relacionados con inundaciones a nivel mundial, así como eventos meteorológicos y climatológicos.

Durante los últimos 20 años, los dos principales desastres relacionados con el agua -inundaciones y sequías- causaron más de 166,000 muertes, afectaron a otros tres mil millones de personas y causaron un daño económico total de casi 700 mil millones de dólares (EM-DAT, 2019). Las sequías representaron el 5% de los desastres naturales, afectando a 1.1 mil millones de personas, matando a 22,000 más, y causando 100 mil millones de dólares en daños durante un período de 20 años (1995–2015). En el transcurso de una década, el número de inundaciones aumentó de un promedio anual de 127 en 1995 a 171 en 2004 (CRED/UNISDR, 2015).

La Figura 16 muestra patrones de sequía globales en 2017, basados en Índice de Gravedad de la Sequía Palmer, que utiliza datos regionales de temperatura y precipitación para estimar la sequedad. Las condiciones de sequía a escala mundial mejoraron temporalmente a principios de 2017 en comparación con

Figura 16 Índice de Severidad de Sequía Global, 2017



Nota: Las condiciones secas aparecen en tonos de marrón, y las condiciones húmedas aparecen en tonos de azul-verde. Cuanto más oscuro sea el color, mayor será la intensidad de las condiciones húmedas o secas, con condiciones cercanas a lo normal en color casi blanco.

Fuente: Scott y Lindsey (2018), basado en Blunden et al. (2018, fig. 2.32, pág. S37).

los últimos años. El área de sequía global alcanzó su nivel más alto en varios años a partir de finales de 2015 y se mantuvo alta a lo largo de 2016, pero disminuyó rápidamente a principios de 2017.

### Ecosistemas relacionados con el agua

Los ecosistemas relacionados con el agua, como lagos, ríos y humedales vegetados, se encuentran entre los entornos biológicamente más diversos del mundo y proporcionar múltiples beneficios y servicios a la sociedad, haciéndolos esenciales para alcanzar varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (WWAP/ONU-Agua, 2018). Aunque representan sólo el 0.01% del agua del mundo y cubren aproximadamente el 0.8% de la superficie de la Tierra, proporcionan un hábitat para casi el 10% de las especies conocidas en el mundo. En ambientes áridos, los manantiales albergan más de la mitad de las especies (ONU Medio Ambiente/ONU-Agua, 2018). Además, los ecosistemas relacionados con el agua tienen un valor significativo económico, cultural, estético, recreativo y educativo. Ayudan a mantener los ciclos hídricos, de carbono y nutrientes a nivel mundial. Apoyan la seguridad del agua, proporcionan agua dulce natural, regulan los flujos y las condiciones extremas, purifican el agua y reabastecen los acuíferos. Otros servicios también dependen de estos ecosistemas, que proporcionan agua para beber, agricultura, empleo, generación de energía, navegación, recreación y turismo. Además, los servicios de agua van más allá del suministro de agua a los seres humanos: el agua también apoya a las plantas y animales, que a su vez proporcionan servicios a los seres humanos: biodiversidad, alimentación, energía, turismo, infraestructura verde, etc.



Muchos de estos ecosistemas, en particular los bosques y los humedales, están en riesgo, y con ellos sus servicios ecosistémicos relacionados con el agua. Los cambios en los flujos de agua a través de los sistemas fluviales y/o de las marejadas costeras amenazan con destruir muchos humedales, lo que causaría la pérdida de los servicios de filtrado, amortiguación y secuestro de carbono que actualmente proporcionan. Actividades humanas (como la construcción de presas y el cultivo de humedales y bosques) también ejercen una alta presión sobre los ecosistemas (Blumenfeld et al., 2009). Las condiciones calientes y secas aumentan el riesgo de incendios forestales en todo tipo de bosques, mientras que las crecientes estaciones más cálidas y largas, en los bosques de montaña, podrían conducir a una explosión de la población de plagas.

Los humedales son también enormes reservas de carbono. Las turberas por sí mismas almacenan el doble de carbono que los bosques de la Tierra. Los humedales sanos funcionan como sumideros de carbono, los humedales degradados son importantes fuentes de GEI. La extensión de los humedales ha disminuido drásticamente (35%) entre 1970 y 2015 (Crump, 2017).

El estado actual de los ecosistemas relacionados con el agua del mundo, de los cuales la mayoría ya está degradado y contaminado, es alarmante. En los últimos 100 años, se estima que el mundo ha perdido la mitad de sus humedales naturales y con esto un número significativo de especies de agua dulce (ONU Medio Ambiente /ONU-Agua, 2018).

***El cambio climático genera riesgos adicionales para la infraestructura relacionada con el agua, lo que requiere un enfoque cada vez mayor en la inclusión de medidas de adaptación***

Alrededor de una de cada diez especies conocidas de plantas, mamíferos, peces, reptiles, insectos y moluscos, que ascienden a más de 126.000 especies, viven en ecosistemas de agua dulce, a pesar de que estos cubren menos del 1% de la superficie de la tierra. Alrededor de 880 de esas especies muestran una disminución del 83% según el índice de Planeta Vivo en Agua Dulce (Freshwater Living Planet Index). Las regiones en mayor riesgo son los neo trópicos (-94%), el Indo-Pacífico (-82%), y Afro trópicos (-75%), con reptiles, anfibios y peces como los más vulnerables (WWF, 2018). En el siglo XX, los peces de agua dulce tuvieron la tasa de extinción más alta a nivel mundial entre los vertebrados.

El crecimiento de la temperatura del agua también alterará los equilibrios biogeoquímicos en los ecosistemas de agua dulce, lo que puede conducir al deterioro de la calidad del agua, por ejemplo debido a las floraciones de algas más frecuentes, y un crecimiento más rápido de los patógenos (Chapra, et al., 2017).

### **Infraestructura del Agua**

Las estimaciones de las necesidades de inversión en seguridad hídrica divergen, pero todos indican que la escala de la inversión debería aumentar significativamente (Ver Capítulo 12). Las estimaciones mundiales van desde 6.7 mil millones de dólares para 2030 hasta 22.6 mil millones de dólares para el 2050 (WWC/OCDE, 2015). Para lograr el componente del ODS 6, WASH para el 2030, se estima que la inversión de capital se debe triplicar (para llegar a 1.7 mil millones de dólares), y los costos de mantenimiento de operación y serán proporcionalmente más altos (Hutton y Varughese, 2016). La FAO ha proyectado que se necesitará un estimado de 960 mil millones de dólares en inversiones de capital para ampliar y mejorar el riego hasta 2050 en 93 países en desarrollo, en comparación con los niveles de inversión de 2005 a 2007 (Koohafkan, 2011).

Las inversiones son necesarias no sólo en nuevas infraestructuras, sino también en el mantenimiento y operación de las ya existentes, con el fin de mejorar su eficiencia y reducir las pérdidas de agua. El cambio climático genera riesgos adicionales para la infraestructura relacionada con el agua, lo que requiere un enfoque cada vez mayor en la inclusión de medidas de adaptación.

La inversión deberá canalizarse hacia la creación de la infraestructura hídrica adecuada en los países en desarrollo, y para mejorar la infraestructura existente en las economías avanzadas. Muchos países desarrollados dependen de la infraestructura que envejece, diseñada y construida sobre la suposición de series temporales hidrológicas estacionarias, y muchas redes de agua se acercan al final de sus vidas de diseño. Por ejemplo, en el Reino Unido, el 75% de las redes urbanas de agua tienen más de 100 años (Water UK, 2011).

## Áreas sensibles en riesgo– PEID, regiones semiáridas, zonas interiores costeras y áreas montañosas

### Estado de islas pequeñas en desarrollo

Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) se caracterizan típicamente como ambiental y socioeconómicamente vulnerables a desastres y al cambio climático. También a menudo tienen recursos limitados para servicios de aprovisionamiento de agua dulce. El número de desastres en los PEID está aumentando a un ritmo más alto que el promedio mundial, es probable que la intensidad de los desastres aumente debido al cambio climático (Gheuens et al., 2019). Estos factores combinados impactan a los PEID a nivel social y a nivel ambiental, reduciendo su capacidad de adaptación, recursos y resiliencia. El aumento del nivel del mar es una preocupación importante para muchas islas bajas: la interfaz de agua de mar/agua dulce se moverá hacia el interior y disminuirá los volúmenes de agua subterránea disponibles (UNESCO-PHI/PNUMA, 2016). Debido al aumento de la demanda (por ejemplo, el crecimiento de la población y el turismo) y la disminución de la oferta (por ejemplo, la contaminación y los cambios en los patrones de precipitación), los recursos de agua dulce son cada vez más limitados, a menudo sufriendo los efectos de contagio de los usos conflictivos. Los ecosistemas amenazados y los recursos económicos limitados influyen aún más en las capacidades de adaptación de las comunidades PEID (Gheuens et al., 2019).

Los estudios predicen que la escasez de agua seguirá aumentando en el futuro, con alrededor del 52% de la población mundial viviendo en regiones con estrés hídrico para 2050 (Köbel et al., 2018). Los PEID se verán particularmente afectados por esta tendencia debido a sus vulnerabilidades, y a sus recursos de agua dulce ya escasos. La mayoría de los PEID experimentará una disminución en la oferta de agua dulce como resultado de la disminución de las precipitaciones y un aumento de la demanda, desencadenada por el crecimiento de la población y el turismo. Tuvalu, por ejemplo, ya ha tenido problemas con el suministro de agua en 2011 cuando no llovió durante seis meses, y 1,500 personas de su población de 11,000 personas se quedaron sin acceso al agua dulce (Gheuens et al., 2019).

**Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) se caracterizan típicamente como ambiental y socioeconómicamente vulnerables a desastres y al cambio climático**

### Regiones semi-áridas

Los impactos de cambio climático se suman a los ya difíciles desafíos de gestión del agua en las regiones áridas y semiáridas (tierras secas) (WWC, 2009). Las tierras secas son ecosistemas, como pastizales, dehesa y bosques, caracterizados por una alta variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones. Se definen comúnmente como regiones en las que la evapotranspiración potencial anual (PET por sus siglas en inglés) supera en gran medida las precipitaciones anuales (P); es decir, la relación P/PET es inferior a 0.65 (Huang et al., 2017).

Huang et al. (2017) han mostrado que el cambio climático es el principal contribuyente a la tendencia a largo plazo en el índice de aridez. La creciente aridez, el aumento del calentamiento y el rápido crecimiento de la población exacerbarán el riesgo de degradación de la tierra y la desertificación en un futuro próximo, con hasta el 80% de esta expansión en los países en desarrollo.

Alrededor del 20-35% de las tierras secas ya sufren algún tipo de degradación de la tierra, y se espera que esto se expanda significativamente bajo diferentes escenarios de emisiones (UICN, 2018). La degradación de la tierra perjudica la seguridad del agua a través de una reducción de la fiabilidad, cantidad y la calidad de los flujos de agua (IPBES, 2018).

Los modelos climáticos estiman precipitaciones decrecientes en áreas ya secas, como el norte de África. En el sur de Asia, el derretimiento de nieve anticipado y la pérdida de amortiguación glacial en el Hindú Kush-Himalayas afectará el suministro estacional de agua para una proporción significativa de la población del subcontinente y cambiarán la frecuencia y la gravedad de los extremos (WWC, 2009).

La Plataforma Intergubernamental Científico-Política sobre la Diversidad Biológica y los Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés) recomienda medidas oportunas para evitar, reducir y revertir la degradación de la tierra, con el objetivo de aumentar la seguridad alimentaria y del agua. También señala que si bien los sistemas intensificados de gestión de la tierra han aumentado considerablemente los rendimientos de los cultivos y del ganado en muchas áreas del mundo, cuando se gestionan de manera inadecuada, pueden resultar en altos niveles de degradación de la tierra, incluida la erosión del suelo, la pérdida de fertilidad, la extracción excesiva de aguas subterráneas y superficiales, la salinización, y la eutrofización de los sistemas acuáticos (IPBES, 2018).

### Zona interior costera

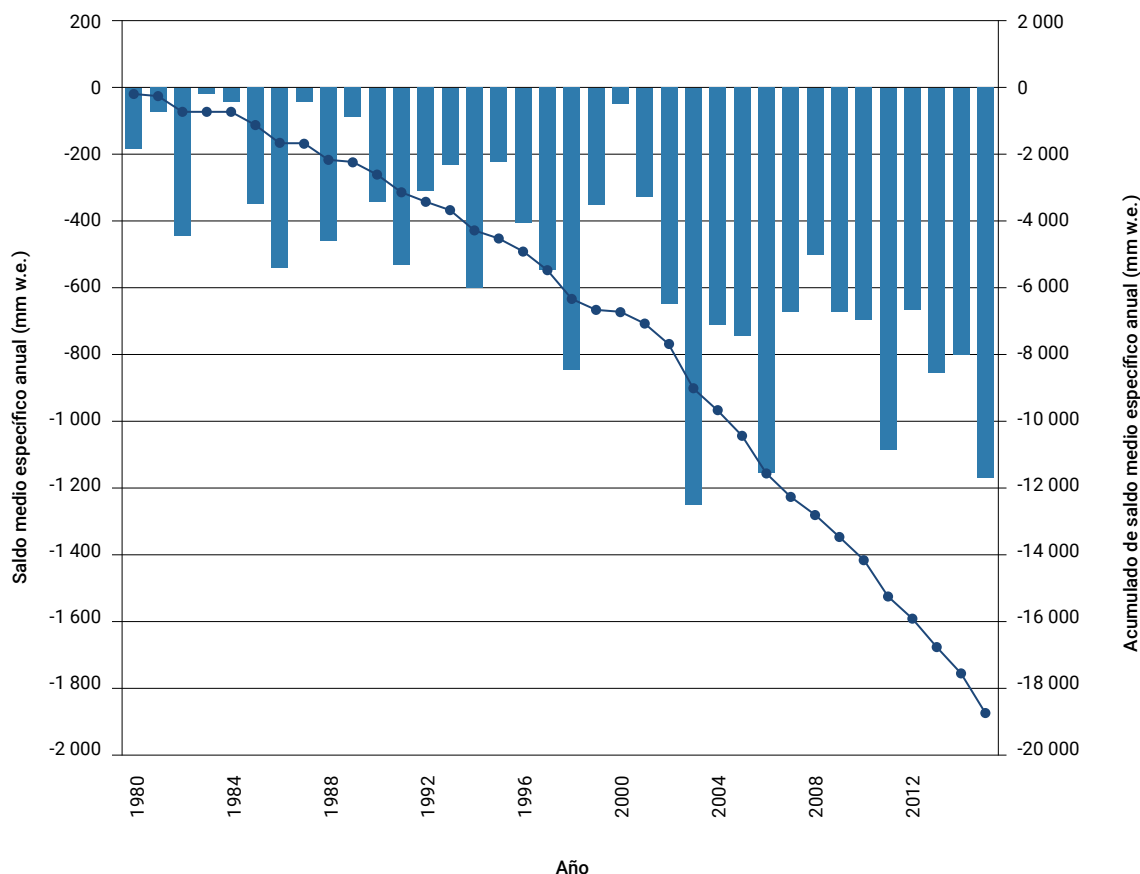
Las áreas costeras son vulnerables del aumento del nivel de los mares, las inundaciones, las marejadas y los vientos más fuertes. Más de 600 millones de personas (alrededor del 10% de la población mundial) viven en zonas costeras que están a menos de diez metros sobre el nivel del mar (McGranahan, et al., 2007) y estas áreas están cada vez más urbanizadas. Durante este siglo, las inundaciones por alza del nivel del mar y las marejadas de tormenta amenazarán la viabilidad de algunas islas, así como de algunos deltas importantes, como los deltas del río Nilo y Mekong (WWC, 2009). Además de los impactos directos, esto también tendrá graves impactos en el suministro de agua y la infraestructura de saneamiento.

### Áreas montañosas

Cada vez hay más evidencia de que las áreas de alta montaña se están calentando más rápido que las de menor altura (Pepin et al., 2015). Esta aceleración con base en la elevación en el calentamiento hace que las áreas montañosas sean excepcionalmente vulnerables al cambio climático. Esto es más evidente por el impacto en los glaciares de montaña y ventisqueros, que muestran una tendencia decreciente en casi todas partes del mundo (Figura 17) (Huss et al., 2017), afectando a los recursos hídricos para la población aguas abajo (Immerzeel et al., 2019). Aunque la forma en que el agua derretida contribuye a la disponibilidad aguas abajo es compleja (Buytaert et al., 2017), el aumento del agua de glaciar y ventisqueros aumentan la seguridad del agua en muchas partes del mundo. El agua derretida de glaciares es un amortiguador particularmente importante contra la sequía en la base de montañas, áridas y semiáridas, como las cuencas de la parte alta del Indo, Aral y Chu/Issyk-Kul (Pritchard, 2019). Se espera que las tendencias actuales de los cambios relacionados con la criósfera en los ecosistemas de alta montaña continúen intensificándose. La cantidad y estacionalidad de la escorrentía fluvial en cuencas de ríos dominadas por la nieve y alimentadas por glaciares cambiarán aún más, en respuesta a la cobertura de nieve proyectada y el declive de los glaciares con impactos potencialmente negativos en las agriculturas, la energía hidroeléctrica y la calidad del agua (IPCC, 2019a).

Al mismo tiempo, los impactos del cambio climático en las regiones montañosas se extienden más allá de la aceleración en el derretimiento de los glaciares y la reducción de los ventisqueros, también conducirán a cambios en la vegetación, los suelos y los procesos hidrológicos no relacionados con los glaciares (Tovar et al., 2013). Los cambios afectan a una amplia gama de servicios ecosistémicos, incluyendo la administración del agua, pero también la biodiversidad, la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono (Buytaert et al., 2011).

**Figura 17** El balance de la evolución de la masa de 41 glaciares de referencia, monitoreados por el Servicio de Monitoreo Mundial de Glaciares (WGMS, por sus siglas en inglés)



Nota: El balance de masas es expresado en mm de agua equivalente (w.e.). Las barras indican el saldo medio anual de los glaciares y la línea indica el saldo anual acumulado.

Fuente: Pelto (2016, fig. 2.13, pág. S23).

## Limitaciones y desafíos

Como lo identifica el IPCC (2014a; 2018a), queda una amplia gama de limitaciones antes de que se entiendan plenamente los impactos potenciales del cambio climático en los recursos hídricos. Si bien no hay mucho desacuerdo en los aumentos de temperatura simulados por diferentes MCG en condiciones de escenarios específicos, existe más variabilidad e incertidumbre en las tendencias de precipitación proyectadas (IPCC, 2014a). Con mucho, la mayor limitación es la incertidumbre en la proyección del cambio climático previsto en las complejas interacciones entre la atmósfera, tierra y océanos y en consecuencia, en los recursos hídricos.

Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, está surgiendo evidencia a nivel mundial de que el clima está cambiando más allá de la variabilidad natural y que esto afecta la disponibilidad y la distribución temporal y espacial de los recursos hídricos. Un estudio de Hattermann et al. (2018) sugiere que pequeños aumentos en la temperatura global pueden tener impactos estadísticamente significativos en la descarga de ríos, pero este efecto a menudo se oculta por la incertidumbre en las tendencias de precipitación proyectadas por el MCG. De manera generalizada se espera que, el aumento de temperaturas intensifique el ciclo hídrico (Kundzewicz y Schellnhuber, 2004), pero la retroalimentación con diferentes variables de clima, como los flujos de evapotranspiración, es no lineal.

El hecho de que se produzcan fuertes impactos en los recursos hídricos y en los extremos, a menudo se es opacado por la gran incertidumbre relacionada con el modelo climático, especialmente en las zonas de transición entre regiones con una precipitación anual cada vez menor. A menudo, las tendencias en los extremos (precipitación más pesada, calor, sequías prolongadas) muestran una dirección más clara que las tendencias en los totales de precipitación anuales. Los modelos hidrológicos añaden otra capa de incertidumbre. El uso de modelos regionales, teniendo en cuenta las características de la cuenca específica, puede disminuir las incertidumbres en el modelo hidrológico (Tänzler y Kramer, 2019).

Aunque las tendencias históricas y actuales se vuelven cada vez más claras y estadísticamente significativas, hacer predicciones precisas para el futuro sigue siendo un desafío. Varios estudios (por ejemplo, Görgen et al. (2010) en la cuenca del río Rin y Elshamy et al. (2009) en la cuenca del río Nilo) han utilizado la reducción de la escala de los escenarios de cambio climático y de modelos hidrológicos para predecir los posibles impactos del cambio climático en los caudales de los ríos. En algunos casos, las reducciones previstas en las descargas de verano son de hasta un 25%, mientras que las descargas invernales pueden aumentar hasta en un 15%. Sin embargo, ambos estudios ponen de relieve los desafíos y limitaciones del enfoque de reducción de escala. Mientras que la reducción de escala produce información climática a escalas más finas que las proyecciones iniciales, este proceso implica información adicional, datos y presunciones, lo que conduce a más incertidumbres y limitaciones de los resultados (USAID, 2014).

Aunque se están desarrollando rápidamente métodos para cuantificar la contribución del cambio climático a los eventos climáticos particulares extremos (inundaciones y sequías) u otros eventos, todavía no hay consenso sobre qué enfoque es mejor. La atribución depende fundamentalmente de modelos climáticos globales que puedan capturar de forma adecuada fenómenos meteorológicos regionales, – incluidas las anomalías de circulación. Por lo tanto, cualquier declaración sobre la atribución debe ir siempre acompañada de una demostración científicamente robusta de la capacidad del modelo para simular los patrones meteorológicos globales y regionales que se encuentran en la raíz de los eventos extremos (NAS, 2016).

Por último, hacer una evaluación global de la situación de los recursos hídricos y los riesgos relacionados con el agua se ha vuelto más difícil debido a la necesidad de aumentar la base de evidencia para apoyar la planificación y la toma de decisiones. En su Evaluación Global del Estado de los Servicios Hidrológicos, el Grupo del Banco Mundial (2018a) afirma que sólo el 10% de los países encuestados tenían sistemas adecuados de monitoreo relacionados con el agua, mientras que el 80% de los países encuestados no tenían información adecuada relacionada con el agua que se recopilaba para satisfacer las necesidades de los usuarios. Por lo tanto, el aumento de las actividades mundiales de seguimiento hidrológico y recopilación de datos sigue siendo un desafío importante. Además de fortalecer las redes de monitoreo globales, esto puede requerir explorar el potencial de las nuevas tecnologías (Tauro et al., 2018), así como nuevos enfoques como el monitoreo participativo y la ciencia ciudadana (Buytaert et al., 2014).



# 1

## Cambio climático, agua y desarrollo sustentable





**WWAP** | Jos Timmerman, Richard Connor, Stefan Uhlenbrook y Engin Koncagül

**UNESCO-PHI** | Wouter Buytaert, Anil Mishra, Sarantuyaa Zandaryaa, Nicole Webley y Abou Amani

**OMM** | Bruce Stewart

**Con contribuciones de:** Rio Hada (ACNUDH) y Marianne Kjellén (PNUD)

*Este capítulo introductorio describe los objetivos y el alcance del informe, describiendo los principales conceptos relacionados con el agua y el clima, haciendo hincapié en el carácter intersectorial de los desafíos y posibles respuestas, y destacando aquellos que son potencialmente los más vulnerables.*

## 1.1 Objetivos y alcance

La evidencia científica es clara: el clima está cambiando y seguirá cambiando (IPCC, 2018a), afectando a las sociedades y al medio ambiente. Esto se produce directamente a través de cambios en los sistemas hidrológicos que están afectando a la disponibilidad de agua, la calidad del agua y los eventos extremos, e indirectamente a través de cambios en la demanda de agua, que a su vez pueden tener impactos en la producción de energía, la seguridad alimentaria y la economía, entre otros. El cambio climático influirá en la propagación de enfermedades relacionadas con el agua y afectará el logro de una serie de otros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Banco Mundial, 2016a). Esto a su vez, llevará tanto a riesgos de seguridad adicionales, como a limitar las oportunidades de desarrollo disponibles (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2018) (Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos).

El crecimiento de la población, el desarrollo económico, los cambios en los patrones de consumo, la intensificación de la producción agrícola y la expansión de las ciudades, generarán un aumento sustancial de la demanda de agua (Wada y Bierkens, 2014), mientras que la disponibilidad de agua se vuelve más errática e incierta (UNU-INWEH/CESPAP, 2013; FAO, 2017a; IPCC, 2018a). Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, incluidas las instalaciones de tratamiento de agua y aguas residuales, pueden ser altamente vulnerables a posibles cambios en los parámetros hidroclimáticos. Los riesgos relacionados con el clima para la salud, los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria y energética, la seguridad humana y el crecimiento económico, aumentarán con un calentamiento global de 1.5°C, y aumentarían aún más si el incremento es de 2°C, lo que significa que los ODS se logran más fácilmente limitando el calentamiento a 1.5°C (IPCC, 2018 a). Como tal, el cambio climático amenaza directa e indirectamente los derechos humanos (HRC, 2018). La creciente incidencia de los extremos climáticos, como las inundaciones y las tormentas, no sólo aumentan el riesgo directo de ahogamiento, lesiones o daños a los asentamientos humanos, sino también las consecuencias indirectas como la propagación de enfermedades transmitidas por el agua (Watts et al., 2018).

Los sectores de la energía y la agricultura están cambiando cada vez más a sistemas de producción de bajas emisiones, con implicaciones generalmente positivas para la demanda de agua dulce, así como para la contaminación del agua. Sin embargo, se espera que la calidad de los recursos hídricos se deteriore debido a una serie de factores que interactúan entre sí: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes procedentes de las fuertes lluvias; aumento de la concentración de contaminantes durante las sequías; alteración

de las instalaciones de tratamiento durante las inundaciones; y deterioro de las aguas subterráneas debido a la intrusión salina en las zonas costeras como consecuencia del aumento del nivel del mar (IPCC, 2014a; PNUMA, 2016). Las empresas se encuentran cada vez con operaciones interrumpidas por problemas de suministro de agua y calidad del agua, así como inundaciones y sequías (Newborne y Dalton, 2016). Además, la degradación de los ecosistemas no sólo conducirá a la pérdida de biodiversidad, sino que también afectará a la prestación de servicios ecosistémicos relacionados con el agua, como la purificación de agua, la captura y el almacenamiento de carbono y la protección de las inundaciones naturales, así como el suministro de agua para la agricultura, la pesca y la recreación. Estos acontecimientos afectan particularmente a las personas que dependen de los recursos naturales para sus vidas y sus medios de subsistencia (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2018). Satisfacer la creciente demanda de agua dulce para satisfacer las necesidades humanas básicas, al mismo tiempo que se protegen los ecosistemas, requerirá de esfuerzos concertados de todas las partes interesadas para encontrar un equilibrio sostenible entre las necesidades sociales, económicas y ecológicas (Timmerman et al., 2017).

Con pruebas crecientes de los cambios meteorológicos e hidrológicos en curso (Blöschl et al., 2017; Su et al., 2018) y proyecciones de aumentos sustanciales de estos cambios en un futuro próximo, la urgencia de la adaptación en la gestión del agua es incuestionable. Sin medidas concretas de adaptación, se espera que la escasez de agua, tanto en términos de aguas superficiales como de recursos de aguas subterráneas, se expandirá a algunas regiones donde actualmente no existe y se agravará en muchas regiones donde los recursos hídricos ya se encuentran estresados (Gosling y Arnell, 2016).

Más allá de la aplicación de medidas de adaptación urgentemente necesarias para aumentar la resiliencia del sistema de agua, la gestión mejorada del agua abre oportunidades para la mitigación del cambio climático, así como para la adaptación. Las medidas de mitigación como la reutilización del agua, la agricultura de conservación y las energías renovables (hidroeléctrica, biocombustibles, eólica, solar y geotérmica) pueden afectar directamente a los recursos hídricos (por ejemplo, aumentando o disminuyendo la demanda de agua), y es importante reconocer esta relación bidireccional al desarrollar y evaluar opciones de mitigación (Wallis et al., 2014).

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para gestionar y reducir los riesgos del cambio climático. Las reducciones sustanciales de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las próximas décadas pueden reducir los riesgos climáticos en el siglo XXI y más allá, aumentar las perspectivas de adaptación efectiva, reducir los costos y desafíos de la mitigación a largo plazo, y contribuir a las vías de desarrollo sostenible resilientes al clima (IPCC, 2018a).

***La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para gestionar y reducir los riesgos del cambio climático***

Existen opciones de adaptación en todos los sectores relacionados con el agua y deben investigarse y explotarse siempre que sea posible. Las opciones de mitigación también están disponibles en una variedad de intervenciones de gestión del agua. Si bien la adaptación y la mitigación son actividades, la resiliencia es una propiedad de un sistema. La adaptación, así como ciertas medidas de mitigación (por ejemplo, mediante la captura y almacenamiento de carbono por la restauración forestal), puede aumentar o disminuir la resiliencia (Cuadro 1.1). Este informe tiene por objeto mejorar la comprensión de lo que funciona mejor, dónde y en qué circunstancias, teniendo también en cuenta co-beneficios (potenciales), sinergias y compensaciones. La adaptación, tal como se examina en este informe, es una combinación de opciones naturales, diseñadas y tecnológicas, así como medidas sociales e institucionales, en las que todas las medidas deben hacer hincapié en la flexibilidad, el conocimiento y el aprendizaje (IPCC, 2014a; 2014b; WWAP, 2015).

Cabe señalar que, los efectos de la mitigación se producen en diferentes escalas de tiempo y espacio que los efectos de la adaptación. Como resultado de la inercia del sistema climático, las medidas de mitigación sólo tendrán un efecto en escalas de tiempo de varias décadas y en áreas amplias. Las opciones de adaptación, por otro lado, pueden tener un efecto casi inmediato en la reducción de la vulnerabilidad en una localidad o región específica, y por lo tanto deben considerarse en las diferentes

## Cuadro 1.1 Definiciones

**La adaptación**<sup>1</sup> en este informe se define como el proceso de ajuste en/a los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos, que modera los daños o explota las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2014b; CMNUCC, s.f.a).

**La mitigación** se define como una intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de los gases de efecto invernadero, así como de otras sustancias. Puede contribuir, directa o indirectamente, a limitar el cambio climático, como por ejemplo, mediante la reducción de las emisiones de partículas que pueden alterar directamente el equilibrio de radiación (por ejemplo, carbono negro) o mediante medidas que controlen las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración del ozono troposférico, que tiene un efecto indirecto en el clima (IPCC, 2014b; CMNUCC, s.f.a).

**La resiliencia** se define como la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales expuestos a los peligros de resistir, absorber, acomodar, adaptarse, transformarse y recuperarse de los efectos de un peligro de manera oportuna y eficiente, incluso mediante la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas esenciales, manteniendo al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014b; UNDRR, s.f.).

<sup>1</sup> Definición alternativa: La adaptación al clima se refiere a las medidas adoptadas para gestionar los impactos del cambio climático reduciendo la vulnerabilidad y la exposición a sus efectos nocivos y explotando cualquier beneficio potencial (IPCC, 2018b, pág. 31).

escalas de tiempo a las que se dirigen. Se pueden tomar medidas de adaptación para hacer frente a cambios a corto plazo (hasta 10 años), cambios a medio plazo (10 a 30 años) o cambios previstos a largo plazo (30 años o más).

Existen opciones de adaptación relacionadas con el agua en todos los sectores, pero su contexto de aplicación y su potencial para reducir los riesgos relacionados con el clima difieren entre sectores y regiones. Algunas respuestas de adaptación implican importantes co-beneficios, sinergias y compensaciones. El aumento del cambio climático aumentará los desafíos de muchas opciones de adaptación (IPCC, 2014c).

Hay opciones de mitigación disponibles en todos los principales sectores relacionados con el agua. La mitigación puede ser más rentable si se utiliza un enfoque integrado que combine medidas para reducir el uso de energía y la intensidad de los GEI de los sectores de uso final, descarbonizar, el suministro de energía, reducir las emisiones netas y mejorar los sumideros de carbono en los sectores terrestres (IPCC, 2014c). Al igual que la adaptación, las opciones de mitigación relacionadas con el agua también ofrecen una serie de co-beneficios económicos, sociales y ambientales (véase el capítulo 9).

Este informe aborda los vínculos críticos entre el agua y el cambio climático en el contexto de la agenda más amplia de desarrollo sostenible. Se centra en los desafíos, oportunidades y posibles respuestas al cambio climático, en términos de adaptación, mitigación y mejora de la resiliencia, que pueden abordarse mejorando la gestión de los recursos hídricos, atenuando los riesgos relacionados con el agua y mejorando el acceso al suministro de agua y a los servicios de saneamiento para todos de manera sostenible. Dado que muchos aspectos de los impactos climáticos son inciertos (y observando que bien puede haber beneficios no deseados), las soluciones integradas deben ser robustas (deben abarcar una amplia gama de futuros potenciales) y flexibles (capaces de responder a futuros inesperados o alternativos) (SIWI, s.f.). Al examinar estas cuestiones, el informe aborda la (in) seguridad<sup>2</sup> del agua en el contexto del cambio climático.

<sup>2</sup> "La seguridad hídrica es la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, para mantener los medios de subsistencia, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, a fin de garantizar la protección contra la polución transmitida por el agua y desastres relacionados con el agua, y para preservar los

El informe no pretende ser una revisión detallada de los posibles impactos del cambio climático en el agua, más bien pretende hacer una contribución al acervo de conocimientos sobre el cambio climático, con base en hechos y centrada en el agua. Es una cortesía, tanto para las evaluaciones científicas como para los marcos políticos internacionales con los objetivos de: i) ayudar a la comunidad del agua a hacer frente a los desafíos del cambio climático, y ii) informar a la comunidad del cambio climático sobre las oportunidades que ofrece una gestión mejorada del agua, en términos de adaptación y mitigación.

El informe ilustra los principales desafíos en el ámbito del agua derivados del cambio climático y sirve de guía para acciones concretas con el fin de hacer frente a estos desafíos, apoyado en ejemplos de respuestas y sus efectos de todo el mundo. Aborda las interrelaciones entre el agua, las personas, el medio ambiente y la economía en un clima cambiante. También ilustra cómo el cambio climático no puede ser una excusa para encubrir una mala gestión del agua y cómo el cambio climático puede ser un catalizador positivo para mejorar la gestión y la gobernanza del agua.

## 1.2 Un reto intersectorial y la necesidad de evaluaciones integradas

Las sociedades y los ecosistemas dependen en gran medida del agua. Como resultado, la gestión del agua es fundamental para el desarrollo sostenible en todas sus dimensiones. La reducción prevista de la disponibilidad de agua en muchas regiones como resultado del cambio climático somete, a una fuerte presión, al desarrollo sostenible. La agricultura y la energía son los mayores usuarios de agua a nivel mundial y, por lo tanto, son fundamentales para encontrar soluciones sostenibles. El sector industrial tiene una demanda del agua sustancial y que aumenta rápidamente. El suministro de agua potable requiere fuentes disponibles y accesibles de agua de alta calidad. El tratamiento adecuado de las aguas residuales es muy limitado o carente en muchos países (WWAP, 2017), lo que hace que grandes volúmenes de agua dulce no sean aptos para uso humano o para muchos otros fines. Por último, los ecosistemas, ya sean de agua dulce, costeras, marinas o terrestres, requieren agua para sostener la prestación de servicios, que son indispensables para el bienestar humano.

***La reducción prevista de la disponibilidad de agua en muchas regiones como resultado del cambio climático somete, a una fuerte presión, al desarrollo sostenible***

Los riesgos climáticos relacionados con el agua permean entre los sistemas alimentarios, energéticos, urbanos, de transporte y ambientales, con influencias mutuas y contradictorias, como cascada. Por lo tanto, se necesita un enfoque intersectorial para no sólo abordar los impactos potenciales del cambio climático dentro de un sector, sino también las interacciones entre los sectores. La producción de biocombustibles como medida de mitigación, por ejemplo, requiere agua y tierra cultivable que, por consiguiente, no estará disponible para la producción de alimentos, lo que conduce a compensaciones entre el uso del agua, la seguridad energética y la seguridad alimentaria (véase el cuadro 9.1). Las presas, a menudo construidas para la energía hidroeléctrica como medida de mitigación para reducir las emisiones de GEI, mediante la sustitución de la producción de energía alimentada por combustibles fósiles, también pueden contribuir a la regulación del flujo, el control de inundaciones y la disponibilidad de agua para el riego. Sin embargo, los embalses pueden “consumir” mucha agua a través de la evapotranspiración y bajo ciertas circunstancias ser emisores netos de GEI. Además, las centrales hidroeléctricas mal diseñadas y/o gestionadas pueden causar impactos ecológicos negativos en los ecosistemas fluviales y pesqueros existentes, y en las perturbaciones sociales y violaciones de los derechos humanos, entre otras (Bates et al., 2008; Banco Mundial, 2016a). Por lo tanto, el desarrollo sostenible requiere examinar diversos sectores y aspectos, incluyendo agricultura, energía, transporte, industria, ciudades, salud humana, ecosistemas y el medio ambiente, así como sus interrelaciones a través del agua.

ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política." (ONU-Agua, 2013).

Las evaluaciones integradas que, tienen en cuenta el nexo entre los distintos sectores, son necesarias para identificar los impactos intersectoriales y formular una respuesta coordinada, equilibrando diferentes objetivos sectoriales dependientes del agua, así como las necesidades de los ecosistemas (Roidt y Avellán, 2019). Los responsables de elaborar las políticas del mundo se enfrentan a desafíos comunes: mejorar la coherencia entre las políticas sectoriales, equilibrar el crecimiento económico con la acción social, ambiental y climática, y utilizar los recursos de manera más eficiente y eficaz. Es necesario encontrar un punto en común al lograr compromiso para abordar eficazmente las compensaciones entre el desarrollo y la protección del medio ambiente, así como entre los intereses divergentes de los distintos sectores económicos. Al mismo tiempo, la aplicación de un enfoque de nexo puede traer beneficios mutuos, como energía, agricultura, ecosistemas y eficiencia hídrica (FAO, 2014; IRENA, 2015). También puede ayudar a establecer la coherencia entre las políticas sectoriales y evitar posibles conflictos entre sectores. Dado que los impactos intersectoriales pueden atravesar las fronteras, los aspectos transfronterizos también deben tenerse en cuenta (CEPE, 2018a).

Existe una creciente importancia de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que están inspiradas y apoyadas por la naturaleza y que utilizan o imitan los procesos naturales, y que pueden contribuir a la mejora de la gestión del agua, al tiempo que proporcionan servicios ecosistémicos, así como una amplia gama de co-beneficios secundarios, incluida la adaptación, la mitigación y la resiliencia al cambio climático (IPCC, 2014a); PNUMA/Asociación PNUMA-DHI /UICN/TNC/WRI, 2014; WWAP/ONU-Agua, 2018). Por ejemplo, los humedales sanos pueden almacenar carbono y reducir simultáneamente el riesgo de inundación, mejorar la calidad del agua, recargar las aguas subterráneas, apoyar a los peces y la vida silvestre, y proporcionar beneficios recreativos y turísticos (WWAP/ONU-Agua, 2018). En las zonas urbanas, los enfoques de infraestructura verde (o desarrollo de bajo impacto) podrían utilizarse para adaptarse al cambio climático proyectado. Estos enfoques también tienen una variedad de co-beneficios, como la mitigación del cambio climático, así como otros beneficios ecológicos y sociales. Por lo tanto, las SbN pueden ayudar a responder a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y contribuir a la salud y la calidad de vida de las personas apoyando la producción sostenible de alimentos, mejorando los asentamientos humanos, proporcionando acceso a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, y reduciendo los riesgos de desastres relacionados con el agua (PNUMA /Asociación PNUMA-DHI /UICN/TNC/WRI, 2014; WWAP/ONU-Agua, 2018). Por lo tanto, la aplicación de la SbN requiere implícitamente enfoques integrados.

Las medidas de adaptación generalmente están diseñadas para hacer frente a los impactos del cambio climático, sin tener en cuenta necesariamente sus efectos en los GEI, mientras que las medidas de mitigación rara vez se consideran a la luz de su potencial de adaptación o de su impacto en los recursos hídricos. Sin embargo, es posible incorporar la mitigación en el diseño y selección de medidas de adaptación en la gestión del agua. Por ejemplo, varias SbN para el agua ofrecen un potencial para una mayor captura y almacenamiento de carbono. La restauración de humedales como opción de adaptación puede resultar en una mejor calidad del agua y una disminución de las inundaciones, y también contribuir a la mitigación a través de la absorción de CO<sub>2</sub> y la captura de carbono. En muchos casos, también puede conducir a ahorros de costos en comparación con las soluciones de infraestructura construidas. Sin embargo, el almacenamiento neto de carbono, incluidas las posibles emisiones CH<sub>4</sub> y NO<sub>x</sub>, también debe tenerse en cuenta. La forestación y la reforestación también pueden tener efectos hidrológicos y atenuantes beneficiosos (Bates et al., 2008; Tubiello y Van der Velde, 2011; Wallis et al., 2014), pero como también se han demostrado los efectos adversos debidos a las necesidades de agua de la vegetación (Schwärzel et al., 2018), se requiere una planificación cuidadosa para lograr un efecto beneficioso en términos de infiltración de agua del suelo y percolación profunda en diferentes circunstancias (SIWI, 2018). Las medidas de eficiencia del agua pueden ayudar a mitigar mediante la reducción de las necesidades energéticas de procesamiento, transporte, y tratamiento de agua y aguas residuales, y por un mejor procesamiento y eliminación de lodos y otras formas de residuos. Por el contrario, las medidas de mitigación pueden tener impactos negativos en el agua. Por ejemplo, la electrificación de los vehículos personales/ privados probablemente seguirá teniendo importantes problemas de GEI y huellas hídricas si la fuente de la electricidad no es renovable. Esto pone de relieve la necesidad de una formulación y planificación de políticas integrales y coordinadas.

## 1.3 Los más vulnerables

El mundo desarrollado es responsable de gran parte de las emisiones antropogénicas de GEI que impulsan el cambio climático. Las concentraciones de GEI comenzaron a acumularse en la atmósfera a principios del siglo XIX, coincidiendo con un período de rápida industrialización, y han ido aumentando desde entonces (Mgbemene et al., 2016; Dong et al., 2019; IPCC, 2018a). Sin embargo, gran parte de los impactos del cambio climático se manifestarán en las zonas tropicales, donde se puede encontrar la mayor parte del mundo en desarrollo. Otra discrepancia es que los países en desarrollo tienen una menor capacidad para responder a los impactos del cambio climático, mientras que los grupos y sociedades más pobres son los más vulnerables a choques menores y mayores. Muchos de los países en desarrollo están cortos de recursos financieros para los esfuerzos de adaptación y mitigación, y para algunos, la capacidad de actuar también puede verse obstaculizada por una mala gobernanza (Das Gupta, 2013). Además, muchos países en desarrollo carecen de una base de conocimientos sobre la gestión de desastres relacionados con el agua y sobre la disponibilidad, la demanda y el uso del agua.

***Gran parte de los impactos del cambio climático se manifestarán en las zonas tropicales, donde se puede encontrar la mayor parte del mundo en desarrollo***

La evidencia científica ha revelado numerosos impactos discernibles del cambio climático en los sistemas naturales, gestionados y humanos a nivel mundial (IPCC, 2014a). Existe una gran confianza en que el calentamiento de las emisiones antropogénicas -desde el período preindustrial hasta la actualidad- persistirá durante siglos, hasta milenios y seguirá causando nuevos cambios a largo plazo en el sistema climático (IPCC, 2018a). Si bien muchos países en desarrollo hacen hincapié en la responsabilidad histórica del mundo desarrollado en lo que respecta a las emisiones de GEI, muchos países desarrollados se han mantenido reacios a soportar toda la carga de las responsabilidades climáticas. De ahí surge el concepto de justicia climática, destacando que el cambio climático es una cuestión ética y política, así como ambiental y física. Al respecto, el Acuerdo de París también hace referencia a equidad, justicia climática y derechos humanos.

Los efectos de otros factores que actúan sobre sistemas naturales y especialmente humanos y gestionados (por ejemplo, el cambio de uso del suelo, el crecimiento de la población, los desarrollos técnicos) han sido conjuntamente mayores que los efectos de las emisiones de GEI, o han dificultado la determinación de la importancia relativa de estas emisiones como su impulsor (Stone et al., 2013). En algunas situaciones, las prácticas inherentemente deficientes de gestión del agua son factores importantes que contribuyen a los problemas relacionados con el agua. Algunos fondos, como el Fondo de Adaptación establecido en virtud del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se han puesto a disposición de los países en desarrollo para mejorar su gestión del agua y que puedan adaptarse mejor al cambio climático. Para poner a su disposición estos fondos, se debe demostrar en qué medida los problemas existentes pueden atribuirse al cambio climático. Los posibles efectos acumulativos de múltiples factores que no son de emisiones de GEI ("factores de confusión") pueden crear desafíos de atribución que, como resultado, dejan a los países en desarrollo con desafíos para el cumplimiento de la "carga de la prueba" necesaria para recibir financiación como apoyo por sus enfoques adecuados de adaptación y gestión de riesgos (Huggel et al., 2016).

Los impactos del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos en el espacio y el tiempo afectan de manera desproporcionada a los pobres a través de sus efectos en la agricultura, la pesca, la salud y los desastres naturales. Casi el 78% de los pobres del mundo, aproximadamente 800 millones de personas, tienen hambre crónica, mientras que dos mil millones sufren deficiencias de micronutrientes (FAO, 2017a). Viven en gran medida en zonas rurales y dependen principalmente de la agricultura de secano, la ganadería o la acuicultura para mantenerse a sí mismos y a sus familias, todas ellas altamente climáticas, y dependen del agua y, por lo tanto, corren el riesgo de sufrir irregularidades hidrometeorológicas. Con el aumento de la variabilidad de las precipitaciones en muchas regiones, se volverán cada vez más vulnerables y sus oportunidades de salir de la pobreza probablemente disminuirán. Además, las perturbaciones de la producción agrícola pueden desencadenar aumentos significativos en el precio de los alimentos y conducir a la inseguridad alimentaria para los habitantes de las zonas rurales y urbanas. En la medida que los hogares más pobres gasten una proporción significativamente mayor de sus ingresos en alimentos, serán los más afectados (Banco Mundial, 2016a).



Estos impactos son particularmente perceptibles en mujeres y niñas pobres, que a menudo experimentan desigualdades en los servicios de acceso al agua, el saneamiento e higiene (WASH) y a los recursos hídricos de los que a menudo dependen para su sustento. Asimismo, los pueblos indígenas son notablemente sensibles a los efectos del cambio climático, especialmente cuando no pueden aplicar los conocimientos tradicionales y las estrategias para la adaptación a los cambios ambientales y la mitigación de sus efectos. Los niños se ven afectados desproporcionadamente, pero, junto a los jóvenes, también pueden influir y participar directamente en los esfuerzos para aprender, prevenir, prepararse, hacer frente y adaptarse al cambio climático y a los eventos extremos (Haynes y Tanner, 2015). En este respecto, el Acuerdo de París se refiere a la equidad intergeneracional (CMNUCC, 2015).

Se espera que la frecuencia e intensidad de las inundaciones, sequías y marejadas aumenten con el cambio climático. Los hogares pobres tienden a estar más expuestos a los impactos de las sequías y las inundaciones urbanas que sus contrapartes más ricas (véase el capítulo 8). Esto se debe principalmente a que los pobres rurales dependen desproporcionadamente de los ingresos agrícolas, que corren más riesgo de sufrir sequías. Las familias más pobres de las zonas urbanas son más propensas a vivir en zonas de fácil inundación porque la tierra es escasa y las zonas de mayor riesgo son valuadas más bajo, lo que las hace más asequibles (Winsemius et al., 2015; Banco Mundial, 2016a).

El aumento de la escasez de agua y la variabilidad en la disponibilidad también pueden dar lugar a una mayor exposición a las aguas contaminadas, a la insuficiente disponibilidad de agua para el saneamiento e higiene y al consiguiente aumento de la carga de morbilidad (véase el capítulo 5). Estos impactos afectarán desproporcionadamente a los hogares pobres, ya que carecen de saneamiento adecuado y suministros confiables de agua potable. El cambio climático aumentará la incidencia de diarrea y otras enfermedades transmitidas por el agua, causando costos de atención médica y días perdidos en el trabajo o en la escuela. Estas pérdidas se citan a menudo como la razón por la que los hogares caen en la pobreza (Banco Mundial, 2016a).

Además de estar más expuestos a eventos extremos, los hogares pobres tienden a perder una mayor parte de sus activos debido a tormentas o inundaciones pues sus casas, construidas con materiales de baja calidad, tienden a sufrir relativamente más daños. La mayoría de las personas pobres, si no todos, tienden a tener sus activos en forma material, lo que los hace aún más vulnerables a eventos extremos. También tienen acceso limitado al apoyo para la recuperación, como seguros, protección social y crédito (Winsemius et al., 2015; Banco Mundial, 2016a).

Aunque el cambio climático afecta a todos los grupos de la sociedad, la magnitud de los impactos en las mujeres y las niñas es mucho mayor, aumentando las desigualdades de género y amenazando la salud, el bienestar, los medios de subsistencia y la educación. En tiempos de sequía, es probable que las mujeres y las niñas pasen períodos más largos de tiempo recolectando agua de fuentes más distantes, poniendo en riesgo la educación de las niñas debido a que reducen su asistencia a la escuela. Las mujeres y las niñas están expuestas de manera desproporcional a los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua durante las inundaciones, por la falta de acceso al agua potable, la interrupción de los servicios de agua y el aumento de la contaminación de los recursos hídricos. El cambio climático también pondrá en peligro los medios de subsistencia de las mujeres agricultoras de los países en desarrollo que dependen, en gran medida, del acceso a los recursos hídricos para la producción de alimentos y cultivos. Las mujeres conforman en promedio el 43% de la fuerza agrícola laboral en los países en desarrollo (Oxfam International, s.f.), en comparación con aproximadamente el 35% en Europa (Eurostat, 2017) y el 25% en los Estados Unidos de América (EE.UU.) (USDA, 2019). La proporción puede ser mucho mayor, como en Kenia, donde alrededor del 86% de los agricultores en 2002 eran mujeres (FAO, 2002). La migración de los hombres puede resultar en una mayor participación de la mujer en la agricultura, en términos de mayores cargas de trabajo (Miletto et al., 2017; FAO, 2018a). Por estas y otras razones, se requiere un enfoque de género de los diferentes impactos por el cambio climático en mujeres y hombres, combinado con la participación de las mujeres, en el desarrollo de políticas relacionadas con el clima. La necesidad de datos desagregados sobre el cambio climático, incluso por género, es fundamental para el desarrollo de políticas adecuadas de transformación y sensibles al género (Miletto et al., 2019).



La disminución del suministro de agua puede traducirse en menores perspectivas económicas, en particular en términos de producción agrícola e industrial. El cambio climático afecta desproporcionadamente las regiones con inseguridad alimentaria, poniendo en peligro la producción agrícola y ganadera, las poblaciones de peces y la pesca, principalmente porque los niveles de protección y la calidad general del agua son menores en los países pobres (Winsemius et al., 2015; FAO, 2017a). Algunas regiones podrían ver un crecimiento económico negativo sostenido como resultado de las pérdidas relacionadas con el agua en la agricultura, la salud, los ingresos y la propiedad. Las políticas de gestión del agua mal diseñadas pueden exacerbar los impactos negativos del cambio climático, mientras que, por otro lado, las políticas bien diseñadas pueden contribuir en gran medida a neutralizarlas. Por lo tanto, estas políticas deben tener una base científica y de conocimientos amplios y sólidos. Algunas regiones prevén que el crecimiento económico se acelere con una mejor gestión de los recursos hídricos. "Cuando los gobiernos responden a la escasez de agua aumentando la eficiencia y asignando agua a usos más valorados, las pérdidas [en términos de PIB] pueden disminuir drásticamente e incluso desaparecer" (Banco Mundial, 2016a, pág. 14). Sin embargo, es esencial que la asignación del agua para dichos usos de mayor valor, también tenga en cuenta todos los impactos potencialmente negativos sobre los recursos hídricos, los derechos humanos al agua y saneamiento, así como el medio ambiente.

Cuando el desarrollo económico se ve afectado por las lluvias, episodios de sequías e inundaciones, esto puede conducir a oleadas de migración y a picos de violencia dentro de los países – 18.8 millones de nuevos desplazamientos internos asociados a desastres se registraron en 135 países y territorios en 2017 (IDMC, 2018). Además, es probable que la escasez de agua limite la creación de empleos decentes, ya que alrededor de tres de cada cuatro puestos de trabajo que constituyen la fuerza laboral mundial dependen del agua (WWAP, 2016). Los conflictos reducen aún más la disponibilidad de alimentos, empujando a muchas personas afectadas de regreso a la pobreza y el hambre (FAO, 2017a). En un mundo globalizado y conectado, tales problemas son imposibles de poner en cuarentena y atribuir a una causa específica. Una serie de factores económicos, sociales y políticos, especialmente cuando prevalecen grandes desigualdades, hacen que las personas se muevan de zonas de pobreza a regiones de prosperidad, lo que puede conducir a un aumento de las tensiones sociales (Foresight, 2011). Por lo tanto, la prosperidad económica y la mitigación de la pobreza están estrechamente vinculadas, y la segunda depende en gran medida de la primera. En todas las naciones, un aumento del 1% en el ingreso medio se ha asociado con una reducción del 2 al 3% en el número de personas dentro de un país que vive por debajo del umbral de pobreza (Banco Mundial, 2016a). De este modo, la gestión del agua está estrechamente vinculada a la situación socioeconómica de los países, así como a la vulnerabilidad de los individuos.



Algunas zonas son más vulnerables al cambio climático como resultado de sus condiciones geográficas. Estos incluyen los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) que son vulnerables a posibles cambios en los patrones de lluvia. Cuando el agua de lluvia es la principal fuente de agua, una reducción de las precipitaciones puede disminuir el volumen de agua dulce disponible. Esta vulnerabilidad puede agravarse aún más por el aumento del nivel del mar, que puede reducir o contaminar los recursos hídricos superficiales y subterráneos debido a la intrusión salina. Las zonas costeras en general, incluidos los PEID, están bajo la influencia de una combinación de aumento del nivel del mar y tormentas más extremas como resultado del cambio climático. Las zonas montañosas pueden, principalmente, sufrir un cambio de las cubiertas de nieve a cubiertas sin nieve como resultado del aumento de las temperaturas. Esto puede desencadenar la liberación de roca y suelo suelto en áreas anteriores al permafrost y exacerbar el peligro de caída de rocas, flujos de escombros y flujos de lodo, especialmente cuando se combina con lluvias más intensas. Un riesgo específico es la acumulación de lagos glaciares y la amenaza de estallidos de los lagos. Todo esto podría resultar en bajas humanas y destrucción de la propiedad. Las tierras secas ya son vulnerables como resultado de las precipitaciones limitadas, y se espera que muchos de ellos reciban menos lluvias o tengan precipitaciones más variables como resultado del cambio climático, lo que pondrá un estrés adicional en la producción agrícola y aumentará los riesgos de desertificación.

El cambio climático y los desafíos relacionados con el agua no sólo son complejos e interconectados, sino también intergeneracionales. Las generaciones futuras sentirán las decisiones que se están tomando hoy. Por lo tanto, es imperativo tener en cuenta las próximas generaciones. Cada vez más programas académicos y especializaciones en cuestiones relacionadas con el agua y el clima en las últimas décadas han dado lugar a una generación cada vez más equipada para hacer frente a los problemas del cambio climático.

Lo anterior, describe las interacciones convincentes y complejas entre la humanidad y el medio ambiente, en particular con respecto al agua y el cambio climático. También destaca la necesidad de enfoques adecuados de adaptación y mitigación, que permitan a las poblaciones humanas vivir en equilibrio con el entorno cambiante resultante, al tiempo que crecen y se desarrollan de manera sostenible y equitativa. Una buena gobernanza del agua y una gestión mejorada de los recursos hídricos son requisitos fundamentales y esenciales para el éxito. En los capítulos siguientes se examinan estas cuestiones con más detalle y se analizan formas de abordar los desafíos mundiales, regionales y locales.



# 2

## Marcos de política internacional



*En este capítulo se examinan los principales marcos de política internacional, destacando las lagunas y oportunidades existentes de vínculos, en términos de gestión resiliente del agua, que podrían inhibir o mejorar los progresos en la acción climática mundial y el desarrollo sostenible.*

## 2.1 Introducción

En los últimos cuatro decenios, la comunidad internacional, principalmente a través de procesos de formulación de políticas de las Naciones Unidas, se ha preocupado por el agua y el saneamiento inseguros, y los desafíos derivados de las crecientes demandas de los recursos hídricos del mundo para hacer frente a necesidades humanas, económicas y ambientales. Al mismo tiempo, el cambio climático ha surgido como una amenaza existencial para el bienestar humano y el disfrute efectivo de todos los derechos humanos, poniendo en peligro aún más la seguridad hídrica para cientos de millones de personas, así como para los ecosistemas de todo el mundo. Como tal, los marcos de política internacional que abordan el cambio climático deben tener en cuenta el agua, más aún porque el agua es clave para reducir las emisiones de carbono y adaptarse a un clima cada vez más variable. Lamentablemente, sigue prevaleciendo la falta de conexión entre la gestión del agua y la política internacional.

La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002, con sus Objetivos de Desarrollo del Milenio, sentó las bases de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible adoptada en 2015, junto con otros dos importantes acuerdos mundiales, el Acuerdo de París sobre el cambio climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. Estos marcos de política internacional constituyeron un paso histórico para hacer frente a los desafíos mundiales más apremiantes, pero siguen sufriendo algunos de los problemas de acuerdos anteriores. Si bien en espíritu, la Agenda 2030 reconoce la importancia de interrelacionar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), esta integración no se ha traducido en la práctica, y las cuestiones de reducción de la pobreza, salud y saneamiento, degradación ambiental, cambio climático y riesgo de desastres se siguen abordando en "silos" separados a nivel mundial y nacional. Además, la integración entre las agendas mundiales también se ha retrasado.

## 2.2 Visión general de los principales acuerdos

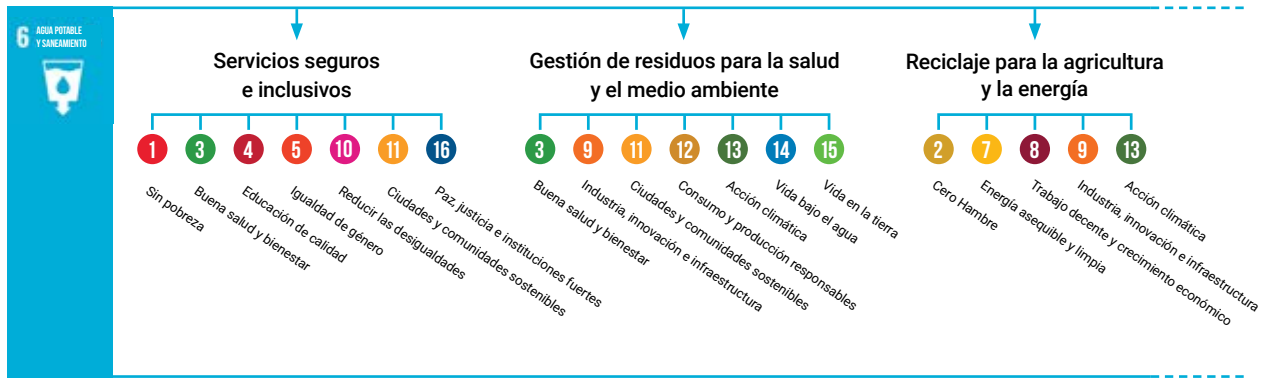
### 2.2.1 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible describe una trayectoria para el desarrollo global en la que todo el conjunto de objetivos constituye un camino para "transformar nuestro mundo" para llegar al futuro que queremos, sin dejar a nadie atrás. Menciona las crecientes desigualdades, el agotamiento de los recursos naturales, la degradación del medio ambiente y el cambio climático como los mayores desafíos de nuestro tiempo. Reconoce que el desarrollo social y la prosperidad económica dependen de la gestión sostenible de los recursos y ecosistemas de agua dulce, y destaca la importancia de la naturaleza integrada de los ODS (AG, 2015).

<sup>3</sup> Comisionada para el PNUD SIWI WGF.



Figura 2.1 Conectando los puntos



Fuente: Desarrollado por el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo para Suecia (2018).

La Agenda 2030 contempla el agua como un factor de enlace esencial pero (a menudo), no reconocido para la consecución de los ODS (Figura 2.1). El agua es esencial para las necesidades humanas básicas, como se describe en los ODS sobre los derechos humanos al agua y el saneamiento para todos (ODS 6, 5), pero también para los ecosistemas marinos (ODS 14) y terrestres (ODS 15), para la producción de alimentos (ODS 2) y energía (ODS 7), apoyar los medios de subsistencia (ODS 8) y la industria (ODS 9, 12) y proporcionar entornos sostenibles y saludables para vivir (ODS 1, 3, 11) (Suecia, 2018). El agua tiene un papel fundamental que desempeñar, tanto en la mitigación como en la adaptación, al cambio climático (ODS 13) y, en esa capacidad, contribuye a construir sociedades resilientes, justas, pacíficas e inclusivas (ODS 16) (White, 2018).

Mientras el ODS 13 "Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos" incluye objetivos e indicadores específicos, también reconoce explícitamente que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es el principal foro internacional para negociar y supervisar la respuesta mundial al cambio climático (véase la siguiente sección). Sin especificar cuestiones necesariamente relacionadas con el agua, varias de las metas e indicadores del ODS 13 (Figura 2. 2) son relevantes para el agua o dependen del agua (13.1, 13.2, 13.B). Pero el ODS 13 también es emblemático de la desconexión fundamental entre los propios ODS, y entre la Agenda 2030 y otros marcos mundiales. Por ejemplo, aquí no hay un mecanismo formal que vincule el ODS 13 con los objetivos del Acuerdo de París, lo que da lugar a procesos paralelos.

Figura 2.2 ODS 13: Objetivos pertinentes al agua y dependientes del agua

13 ACCIÓN CLIMÁTICA	OBJETIVO 13.1	OBJETIVO 13.2	OBJETIVO 13.3	OBJETIVO 13A	OBJETIVO 13B
Tomar acción inmediata para combatir el cambio climático y sus impactos	Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los desastres relacionados con el clima	Integrar medidas contra el cambio climático en políticas y planeación	Construir conocimiento y capacidad para enfrentar el cambio climático	Implementar el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático	Promover mecanismos para levantar la capacidad de planeación y gestión

Fuente: Plataforma de Conocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y Proyecto Todos.

Dado el papel del agua en la mitigación y adaptación al cambio climático, el agua podría desempeñar un papel de conexión, tanto entre los ODS como entre los marcos políticos, como el Acuerdo de París.

Un enfoque integrado de la Agenda 2030 reconoce que la mayoría de los aspectos de la sociedad, el desarrollo, el crecimiento sostenible y el medio ambiente son simbióticos. Sin embargo, durante la sesión de julio de 2018 del Foro Político de Alto Nivel (HLPF, por sus siglas en inglés), cuando se examinó el ODS 6, entre otros ODS, y se presentaron informes nacionales voluntarios, los países reconocieron que los ODS estaban siendo abordados de manera aislada y que no estaban en camino de cumplir los objetivos del ODS 6, en particular para las comunidades más pobres y vulnerables (HLPF, 2018).

Además, el ODS 6, al igual que los demás ODS, tiene objetivos que son universalmente aplicables y progresivos. Sin embargo, cada gobierno debe decidir cómo incorporarlos a los procesos, políticas y estrategias de planificación nacionales basados en realidades, capacidades, niveles de desarrollo y prioridades nacionales (Naciones Unidas, 2018a). En el ámbito climático, esto se aborda mediante mecanismos específicos a nivel nacional que se acordaron en la 21ª Conferencia de las Partes (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2015, COP21) en el marco del Acuerdo de París (véase la sección abajo y el capítulo 11). Por lo tanto, existe una oportunidad única para interconectar la aplicación de las agendas mundiales, a nivel nacional y local, mediante la integración y el abordaje de las cuestiones relacionadas con el agua de manera integrada y sistémica al abordar los compromisos climáticos.

***Dado el papel del agua en la mitigación y adaptación al cambio climático, el agua podría desempeñar un papel de conexión, tanto entre los ODS como entre los marcos políticos, como el Acuerdo de París***

### 2.2.2 Acuerdo de París sobre el cambio climático

La CMNUCC entró en vigor en 1994, después de haber sido adoptada formalmente durante la Cumbre de la Tierra de Río en 1992. En el seno de la CMNUCC se han empleado instrumentos jurídicos, o "protocolos", para alcanzar los objetivos de la Convención. El Acuerdo de París adoptado en la COP21 fue rápidamente ratificado y entró en vigor en la víspera de la COP22, que tuvo lugar en 2016 en Marrakech, Marruecos.

El objetivo a largo plazo del Acuerdo de París es "retrasar el aumento de la temperatura media mundial a muy por debajo de los 2°C encima de los niveles preindustriales y perseguir los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1.5°C arriba de los niveles preindustriales, reconociendo que esto reduciría significativamente los riesgos e impactos del cambio climático" (CMNUCC, 2015, Artículo 2). El Acuerdo se centra en hacer frente a la mitigación y adaptación al cambio climático, así como a las necesidades financieras necesarias para alcanzar este objetivo. Lamentablemente, los resultados de la COP25 en 2019, parecen sugerir que el cumplimiento de la meta a largo plazo del Acuerdo de París puede ser aún más difícil de lo previsto anteriormente.

#### ¿Cómo funciona?

En virtud del Acuerdo de París, cada Parte se ha comprometido a determinar, planificar e informar periódicamente sobre las medidas a las que se comprometió para mitigar y adaptarse al cambio climático. Estas medidas, conocido las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN), deben ser revisados cada 5 años. La próxima ronda de CDN (nuevas o actualizadas) se presentará en 2020. Las CDN están diseñadas para ser progresivas y los informes de las CDN sobre las medidas de adaptación son totalmente voluntarios.

Además de las CDN, también se alienta a las Partes en la CMNUCC a que elaboren Planes Nacionales de Adaptación (PNAD). Los planes están destinados a identificar las necesidades de adaptación a medio y largo plazo y desarrollar las estrategias necesarias para abordarlas. Idealmente, los PNAD tienen en cuenta la Agenda 2030 y trabajan para integrar los ODS y sus objetivos cuando proceda. Como tal, con un alto nivel de alineación de las metas y ambiciones de los ODS en las CDN, la aplicación de las CDN y los PNAD debería ayudar a los países a alcanzar sus ODS y lograr los ODS debería facilitar los esfuerzos de los países para mitigar y adaptarse al cambio climático (Hamill y Price-Kelly, 2017; Northrop et al et al., 2016).

Más aún, el Acuerdo de París reconoce específicamente la necesidad de abordar las pérdidas y los daños, ya que muchos efectos del cambio climático no pueden evitarse tan solo con medidas de adaptación. Especifica que la pérdida y el daño pueden adoptar diversas formas, tanto como impactos inmediatos de eventos climáticos extremos, como impactos lentos, tales como la pérdida de costas debido al aumento del nivel del mar (sección 2.2.3). Aquí las intervenciones de gestión del agua pueden actuar como un puente y ofrecer remedios, incluidas las llamadas soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que pueden ayudar a las comunidades y ecosistemas a prevenir, adaptarse y recuperarse de desastres.

El Acuerdo de París también reconoce el papel esencial que desempeñan las partes no estatales, como las autoridades locales, el sector privado, la academia, las organizaciones de la sociedad civil, las organizaciones internacionales y no gubernamentales, las fundaciones, las mujeres, los pueblos indígenas y los grupos juveniles a la hora de alcanzar sus objetivos (CMNUCC, 2015). La Agenda Mundial de Acción por el Clima (conocida como Agenda Mundial de Acción climática de la Asociación de Marrakech, MPGCA, por sus siglas en inglés) (CMNUCC, 2019) permite a las Partes no estatales a contribuir a la CMNUCC, destacar soluciones y demostrar acciones concretas sobre el terreno. Por iniciativa de la comunidad del agua, el agua tiene una "voz" oficial dentro de la MPGCA<sup>4</sup>, lo que significa que hay eventos de agua y clima autorizados por la CMNUCC en cada COP, y el agua es uno de los grupos temáticos permanentes representados en la MPGCA.

Desde la ratificación del Acuerdo de París, se han adoptado medidas tangibles para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e iniciar medidas de adaptación, con más de 160 países y la Unión Europea presentando las CDN previstas (INDC) (Northop et al et al., 2016). Sin embargo, como indica el último Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), todavía queda un largo camino por recorrer para alcanzar los objetivos del acuerdo (IPCC, 2018b). La necesidad de plantear ambiciones fue destacada en la sesión plenaria de clausura de la COP24 por Frank Bainimarama, Primer Ministro de Fiyi y Presidente de la COP23, quien señaló que el mundo necesitaba "cinco veces más ambición, cinco veces más acción" para lograr los objetivos del Acuerdo (Noticias ONU, 2018)

### Agua en el Acuerdo de París – un tesoro escondido

Aunque el agua no aparezca mencionada expresamente en el Acuerdo de París, es per se un componente esencial de casi todas las estrategias de mitigación y adaptación, desde el almacenamiento de carbono en ecosistemas terrestres, hasta las tecnologías emergentes de energía limpia, hasta la adaptación a los fenómenos meteorológicos extremos (White, 2018). El agua se identifica como la prioridad número uno de la mayoría de las acciones de adaptación de la INDC y está directa o indirectamente relacionada con todas las demás áreas prioritarias (Figura 2.3). La mayoría de los peligros identificados también están relacionados con el agua (Figura 2.4).

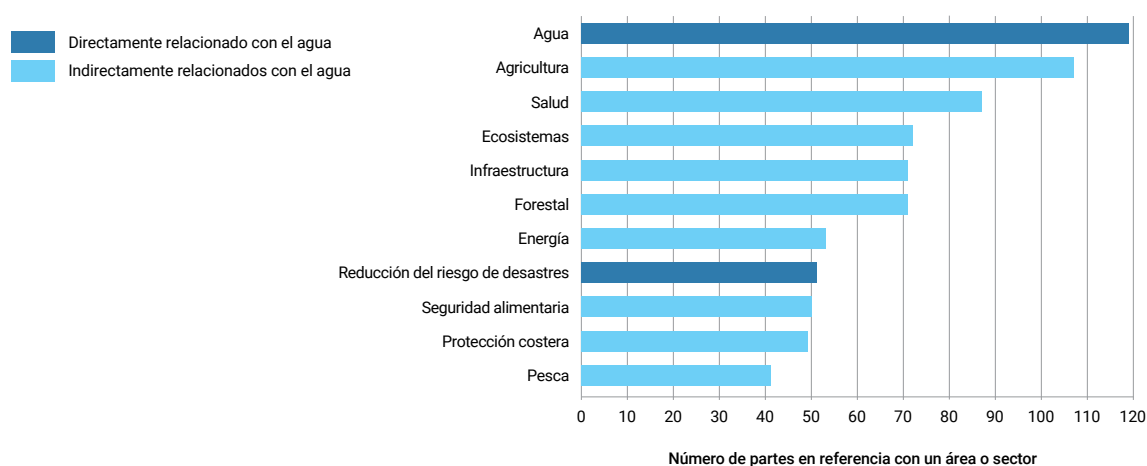
Además, en tanto que muchos de los ODS y sus objetivos pertinentes son abordados por estas prioridades de las INDC, la transformación de los compromisos relacionados con el agua en planes nacionales de adaptación/acción da a los países y ciudades la oportunidad de abordar las necesidades de manera integrada, holística, eficaz, eficiente y sostenible con el fin de construir sociedades resilientes.

Fuera de la CMNUCC, grupos independientes como la Asociación de las CDN están trabajando para conectar los ODS con las CDN y los PNAD. La asociación es una oportunidad para que las organizaciones internacionales del agua se conviertan en miembros y apoyen la entrega en 2020 de CDN más ambiciosas y revisados que integran aún más el agua en la fase operativa de los CDN y los PNAD.

---

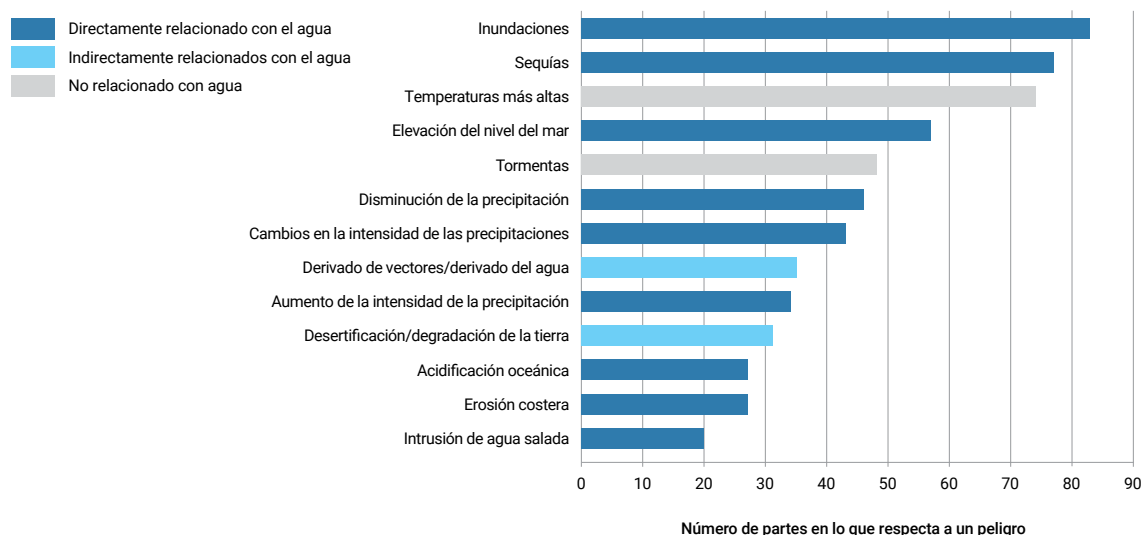
<sup>4</sup> Las organizaciones participantes incluyeron AGWA, ARUP, CDP, CEO Water Mandate, Deltares, FAO, FWP, RIOCI, SIWI, SUEZ, UNESCO, WRI y WWC (lista no exhaustiva). En julio de 2016, SIWI coordinó y presentó, en nombre de varias organizaciones internacionales, una carta oficial a los campeones de la COP21 y la COP22 promoviendo el valor añadido de tener un enfoque específico sobre el agua en el MPGCA.

**Figura 2.3** Zonas y sectores prioritarios para las acciones de adaptación identificadas en el componente de adaptación de las INDC comunicadas



Fuente: Adaptado de la CMNUCC (2016, fig. 16, pág. 69), incluido el análisis del GWP.

**Figura 2.4** Peligros climáticos clave identificados en el componente de adaptación de las INDC comunicadas



Fuente: Adaptado de la CMNUCC (2016, fig. 14, pág. 64), incluido el análisis del GWP.

### 2.2.3 Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030

El 18 de marzo de 2015, los Estados miembros de la ONU adoptaron el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 (el "Marco de Sendai"). Este marco no vinculante se compone de siete objetivos mundiales estándar y cuatro prioridades de acción destinadas a lograr "la reducción sustancial del riesgo y las pérdidas en casos de desastre y pérdidas en vidas, medios de subsistencia y salud y en los activos económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, empresas, comunidades y países" (UNDRR, 2015a).

Buscando este resultado, los Estados miembros deben desarrollar estrategias de reducción del riesgo de desastres nacionales y locales (DRR, por sus siglas en inglés) disponibles al público para 2020 (Target E). También se invita a las partes interesadas no miembros a que presenten compromisos voluntarios para ayudar a la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, por sus siglas en inglés) a supervisar y difundir acciones para alcanzar la meta del Marco de Sendai.

Antes del Marco de Sendai, las estrategias mundiales de DRR se centraban de forma primordial en las actividades de socorro en caso de desastre. Uno de los objetivos principales del Marco de Sendai es promover la prevención activa y mejorar las estrategias de reconstrucción destinadas a aumentar la resiliencia y reducir el riesgo a largo plazo de los peligros repentinos y de inicio lento dentro y entre sectores a nivel local, nacional e internacional (prioridades 3 y 4). Este cambio de la ayuda en casos de desastre a la prevención y la preparación sigue siendo un proceso continuo mediado por complejas interacciones entre una serie de factores de desastre, como el cambio climático, la desigualdad, el cambio demográfico y la distribución de la población, así como la degradación del medio ambiente (Briceño, 2015).

Si bien el agua rara vez se menciona en el propio Marco de Sendai, el agua fluye a través de cada una de las prioridades de acción y es fundamental para los siete objetivos. Las inundaciones y tormentas representan casi el 90% de los desastres naturales más graves (Adikari y Yoshitani, 2009). Los peligros relacionados con el agua son particularmente sensibles incluso a pequeños cambios en el clima, por lo que la frecuencia, magnitud e intensidad de estos peligros están cambiando con el tiempo (Milly et al., 2005).

El reconocimiento de los claros vínculos entre el agua, el cambio climático y los desastres es anterior al Marco de Sendai. Desde 2007, el Panel de Expertos y Líderes de Alto Nivel de las Naciones Unidas sobre Agua y Desastres (HELP, por sus siglas en inglés) ha estado trabajando para crear conciencia sobre las conexiones entre el agua y los desastres (Cuadro 2.1) y se esfuerza por salvar las brechas entre sus respectivas políticas de comunidades.

#### 2.2.4 Convenciones internacionales de Agua

Los marcos jurídicos e intergubernamentales mundiales sobre el agua, como la Convención sobre el Derecho de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para Fines Distintos de la Navegación (Convención sobre los Cursos de Agua) y la Convención sobre la Protección y Uso de los Cursos de Agua Transfronterizos y los Lagos Internacionales (Convención sobre el Agua), proporcionan un marco para abordar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

Muchas disposiciones del derecho internacional del agua, apoyan las medidas de adaptación al cambio climático, como los principios de uso equitativo y razonable, “ningún daño significativo”, y el principio de precaución (CEPE/RIOC, 2015). Por lo tanto, aunque la Convención sobre el Agua no menciona explícitamente el clima, proporciona una potente herramienta para la cooperación para las Partes que lo requieran para prevenir, controlar y reducir los impactos transfronterizos en los recursos hídricos, incluidos los relacionados con la adaptación y mitigación del cambio climático.

A nivel regional, el Protocolo sobre el Agua y la Salud contribuye a proteger la salud y el bienestar de los seres humanos, mejorando la gestión del agua y reduciendo las enfermedades relacionadas con el agua afectadas por el cambio climático.

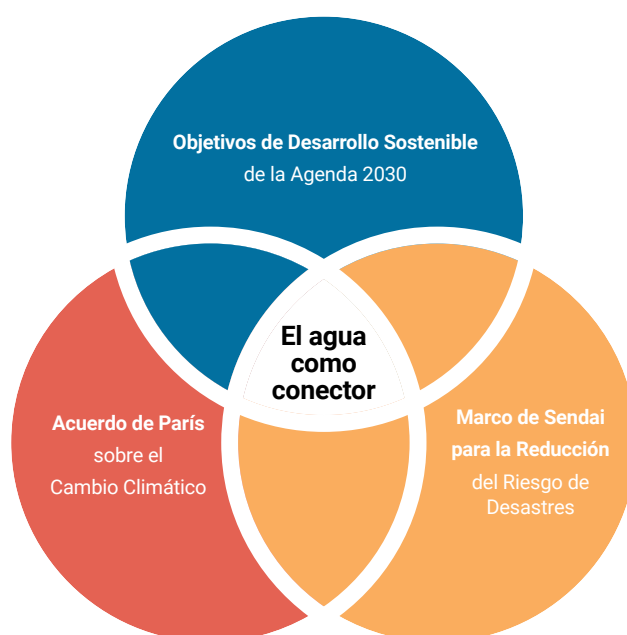
Si bien las directrices sobre marcos transfronterizos de agua han sido ratificadas o firmadas por varios países, el incumplimiento y los obstáculos a la expansión de la cooperación transfronteriza siguen existiendo. No obstante, la urgente necesidad de cooperación para hacer frente al cambio climático puede actuar como incentivo para una cooperación más amplia en las cuencas transfronterizas.



## 2.3 Agua como vínculo para apoyar la aplicación de acuerdos mundiales

Cuando se trata del agua y el cambio climático dentro de la Agenda 2030, tanto el ODS 6 como el ODS 13 tienen un impacto, directo o indirecto, en todos los demás ODS. Los retos de desarrollo, erradicación de la pobreza y sostenibilidad están intrincadamente entrelazados con los de mitigación y adaptación al cambio climático, sobre todo gracias al agua. El agua no es un sector, sino un vínculo y los impactos inducidos por el cambio climático afectan todos los aspectos de nuestra sociedad (económico, social y ambiental) (White, 2018) Será necesaria una fuerte voluntad política y liderazgo para resaltar e incorporar el valor del agua en la aplicación de los acuerdos mundiales (Figura 2.5).

**Figura 2.5** El agua como vínculo entre los compromisos mundiales adoptados en 2015



*Fuente: ONU-Agua (2019, pág. 9). © 2019 Naciones Unidas. Reimpreso con el permiso de las Naciones Unidas. La presente obra es una traducción no oficial de la que el editor acepta toda la responsabilidad.*

Se han puesto en marcha varias iniciativas dirigidas por los Jefes de Estado, los Estados miembros y las Naciones Unidas con el fin de salvar las divisiones y encontrar medios para aplicar los objetivos de los acuerdos mundiales de una manera más eficiente y sostenible (Cuadro 2.1). Estas iniciativas reconocen el agua como un eslabón y facilitador en la implementación de las agendas globales. Sin embargo, existe una discrepancia a la hora de transformar estas recomendaciones y políticas mundiales en acciones concretas sobre el terreno.

Aún cuando estos esfuerzos pueden ser loables, una mayor combinación de introspecciones, perspectivas y mecanismos financieros, DRR y comunidades de cambio climático, serían mutuamente beneficiosos, aumentarían la rentabilidad y ayudarían a garantizar que sus respectivas elecciones no socaven o aumenten inadvertidamente los riesgos para otras (Matthews et al., 2018).

Cuando el agua se considera a menudo un sector independiente, es esencial que sea reconocida como un conector. Por ejemplo, aunque el agua ocupa relativamente un alto nivel en el programa de adaptación, las CDN no ofrecen opciones para mejorar la toma de decisiones de gestión del agua, las políticas y

las instituciones intersectoriales a nivel nacional con el fin de alcanzar los objetivos y evitar conflictos y compensaciones difíciles. Algunos progresos en esta dirección se lograron en la 74ª Sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG) celebrada en septiembre de 2019 (Cuadro 2.2).

El agua va más allá del saneamiento, la higiene (WASH) y la gestión de los recursos hídricos. El agua es la base de toda vida en la Tierra y un derecho humano básico. La agilización del agua en el clima global, el desarrollo y los procesos de DRR podría ser un medio para conectar los problemas del cambio climático con todos los demás ODS. Colocar el agua en el centro de estas estrategias es una manera esencial de avanzar y ayudaría a la comunidad del agua a entregar su mensaje a la comunidad climática y a un público más amplio.

### **Cuadro 2.1 Iniciativas de alto nivel lanzadas por los jefes de Estado y las Naciones Unidas**

En 2016, el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, y el Presidente del Grupo del Banco Mundial, Jim Yong Kim, lanzaron un Grupo de Alto Nivel sobre el Agua, compuesto por varios Jefes de Estado, representantes gubernamentales y un asesor especial constituido por un período de dos años. En marzo de 2018, el Grupo de Alto Nivel publicó su informe *Que Cada Gota Cuentas: Una Agenda para Acción del Agua* (HLPW, 2018a), en el que destacaba los aspectos favorables del agua para la implementación de una amplia variedad de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Las recomendaciones de este informe pueden ser un vehículo útil para articular la interdependencia de los ODS, el Acuerdo de París y el Marco de Sendai para la sostenibilidad a largo plazo, en particular en lo que respecta a la resiliencia y la reducción de los impactos de los desastres relacionados con el agua.

El **Panel de Expertos de Alto Nivel y Líderes sobre Agua y Desastres** (HELP/UNSGAB) se estableció a petición de la Junta Asesora sobre Agua y Saneamiento del Secretario General de las Naciones Unidas (UNSGAB, por sus siglas en inglés) en 2007 para sensibilizar a nivel mundial y promover acciones tangibles para abordar cuestiones de agua y desastres, mediante la publicación de informes y convocando bianualmente a sesiones temáticas especiales de las Naciones Unidas sobre el agua y los desastres. El objetivo de HELP es instar a los países a tomar medidas preventivas contra el aumento de las frecuencias e incluso mayores impactos de los desastres relacionados con el agua, debido al cambio climático, el crecimiento de la población y la rápida urbanización. Exige que, la reducción del riesgo de desastres, la gestión de los recursos hídricos y la adaptación al clima, no sean tratados como temas separados.

El **Decenio Internacional de Acción sobre el Agua para el Desarrollo Sostenible** (2018-2028) fue lanzado en marzo de 2018, después de ser adoptado por la 71ª Sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG), con el objetivo de acelerar los esfuerzos para hacer frente a los desafíos relacionados con el agua, incluido el acceso limitado al agua potable y el saneamiento, la creciente presión sobre los recursos hídricos y los ecosistemas, y el riesgo exacerbado de sequías e inundaciones. Uno de los objetivos clave del Decenio es que la comunidad internacional dinamice la aplicación de los programas y proyectos existentes, como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 y el Acuerdo de París de 2015, de manera coordinada y eficaz para mejorar aún más la cooperación, la asociación y el desarrollo de capacidades. La revisión intermedia del Decenio en 2023 pondrá de relieve cómo se ha abordado el agua como un factor favorable para la aplicación de los programas mundiales (Naciones Unidas, 2018b).

## **Cuadro 2.2 Progresos en la 74ª Sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas (septiembre de 2019)**

En septiembre de 2019 se celebraron varias cumbres sobre la acción climática, el desarrollo sostenible y la financiación para el desarrollo al margen de la 74ª Sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG). Los Jefes de Estado y las delegaciones de los países se reunieron en Nueva York para reafirmar su compromiso de cumplir estos programas. Al convocar las cumbres, António Guterres, Secretario General de las Naciones Unidas, pidió específicamente a los Estados que "no acudan a la Cumbre con hermosos discursos, el boleto de entrada es una acción audaz y una ambición mucho mayor" (Secretario General de las Naciones Unidas, 2019), destacando la emergencia de la situación.

La declaración política del Foro Político de Alto Nivel (HLPF, por sus siglas en inglés), aprobada por unanimidad por la Asamblea General de las Naciones Unidas, validó el próximo ciclo quinquenal de la Agenda 2030 y puso de relieve la dedicación de los países a "no dejar a nadie atrás"; reducir el riesgo de desastres y aumentar la resiliencia de los países, economías, comunidades e individuos ante las perturbaciones y desastres económicos, sociales y ambientales; así como mejorar la recopilación y la presentación de informes de datos a nivel mundial y nacional (HLPF, 2019). Además, los líderes mundiales tomaron nota del informe de progresos del Secretario General respecto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2019) y el Informe sobre el Desarrollo Sostenible Mundial (Grupo Independiente de Científicos nombrado por el Secretario General, 2019) y reconocieron la importancia de un enfoque sistémico y holístico, teniendo en cuenta los vínculos entre las metas y objetivos.

Por último, pero no menos importante, en el marco de la Cumbre de Acción Climática de las Naciones Unidas, la Comisión Mundial de Adaptación (GCA, por sus siglas en inglés) presentó su informe insignia Adaptarse ahora: un llamado global al liderazgo en la resiliencia climática, y pidió que 2020 sea el Año de Acción para la Adaptación. El agua tiene un lugar prominente en el informe de la GCA, y se anunció una ruta de acción dedicada del agua con el fin de fomentar la adaptación a través de la gestión resiliente del agua (GCA, 2019).

Entre los principales resultados de estas cumbres tenemos que los líderes mundiales, presionados por los movimientos ciudadanos y juveniles, pidieron una década de acción ambiciosa para "no dejar a nadie atrás" y anunciaron acciones específicas para avanzar en la implementación de sus compromisos. Existe un compromiso renovado para garantizar la protección duradera del planeta y sus recursos naturales, incluida el agua dulce, y para proteger y conservar los recursos marinos y terrestres de nuestro planeta, habida cuenta del papel clave en la adaptación y la mitigación de los impactos del cambio climático. Muchos países y Jefes de Estado también destacaron la importancia de cumplir los objetivos de gestión de los recursos hídricos y saneamiento.

El principal desafío será agrupar todas estas intenciones e iniciativas en un proceso integral y coherente que permita planes de acción concertados y amplificados en lugar de procesos aislados y paralelos a nivel mundial, regional, nacional y local. Identificar las iniciativas de agua anunciadas en estas cumbres y destacar cómo se complementan y se alimentan mutuamente sería una manera eficiente para avanzar y garantizar que las oportunidades de financiación y los cuellos de botella identificados en la Cumbre para el Desarrollo (2019).

# 3

## Disponibilidad de agua, infraestructura y ecosistemas



Vista aérea de una planta de tratamiento de aguas residuales.



UNU-INWEH | Vladimir Smakhtin, Duminda Perera y Manzoor Qadir

UNESCO-PHI | Alice Aureli y Tales Carvalho-Resende

**Con contribuciones de:** Neil Dhot (AquaFed); Angelos Findikakis (IAHR); Karen G. Villholth (IWMI); Jason J. Gurdak (San Francisco State University); Sarantuyaa Zandaryaa (UNESCO-PHI); Stephan Hülsmann (UNU-FLORES); Kate Medicott (OMS); y Richard Connor y Jos Timmerman (WWAP)

*Este capítulo establece vínculos entre el cambio climático y diversos aspectos de la gestión del agua. Las alternativas de adaptación y fomento de la resiliencia se presentan con respecto al almacenamiento de agua, incluidas las aguas subterráneas, y la infraestructura de abastecimiento de agua y saneamiento, y se describen las alternativas de suministro de agua no convencionales. También se presentan alternativas de mitigación para los sistemas de gestión del agua.*

## 3.1 Impactos en los recursos hídricos y la infraestructura

### 3.1.1 Escasez de agua, degradación de los ecosistemas y contaminación del agua

Como se señaló en el Prólogo, el cambio climático exacerba la escasez de agua. Dependiendo de cómo se defina e interprete la escasez de agua (Falkenmark et al., 1989; Seckler et al., 1999), el cambio climático trae contrastantes desafíos a varias regiones. La escasez económica de agua se debe normalmente a la falta de infraestructura hídrica que pueda garantizar el acceso al agua (Evaluación integral de la gestión del agua en la agricultura, 2007), y se produce típicamente en África y algunas partes de América del Sur y Asia meridional. El desarrollo de más infraestructura hídrica en estas regiones es la única manera de aliviar la escasez, pero debe considerar los impactos del cambio climático observados (o que posiblemente ocurrirán). Por otra parte, la escasez de agua física, ya sea por extracción excesiva e infraestructura bien desarrollada para uso humano o debido a la aridez natural, ocurre típicamente en Australia, Asia Central, Oriente Medio y el norte de África, el norte de China y el sur de África.

El agua sostiene tanto los ecosistemas terrestres (bosques, pastizales, etc.) como los de agua dulce (ríos, lagos y humedales), que proporcionan servicios importantes como el suministro de agua, purificación natural, producción de alimentos, valores culturales y actividades económicas. Sin embargo, aunado a los impactos del cambio climático, la degradación de los ecosistemas que se produce rápidamente debido a los contaminantes de las actividades industrial, minera y agrícola, los desechos urbanos y rurales no tratados, los derrames de petróleo y los vertidos tóxicos, han causado fuertes efectos negativos a la biodiversidad y ecosistemas de agua dulce, lo que también amenaza los servicios esenciales de los ecosistemas. Alrededor de un millón de especies animales y vegetales están en peligro de extinción, las especies de agua dulce son las que han sufrido el mayor declive, cayendo un 84% desde 1970. Más del 85% de los humedales mundiales existentes en 1700, se habían perdido para el año 2000 y siguen desapareciendo a un ritmo tres veces más rápido que la pérdida de bosques. Desde 1970, se ha producido un aumento del 70% en el número de especies exóticas invasoras en humedales (por ejemplo, carpa asiática, jacinto de agua, nutria) (IPBES, 2019). El agotamiento del agua y la contaminación son las principales causas de pérdida de biodiversidad y degradación de los ecosistemas, los cuales, a su vez, reducen la resiliencia de los ecosistemas, haciendo que las sociedades sean más vulnerables a los riesgos climáticos y no climáticos.

La mala calidad del agua debido a la eutrofización (principalmente por saneamiento deficiente y mala gestión de los nutrientes) es uno de los problemas más extendidos que afectan el suministro de agua disponible, pesca y actividades recreativas. Por ejemplo, el costo estimado de los daños causados por la eutrofización en los Estados Unidos de América (EE.UU.) por sí solo es de aproximadamente 2.2 mil millones de dólares anuales (Dodds et al., 2009). Se espera que en EE.UU. el cambio climático exacerbe



la degradación de la calidad del agua como resultado de la temperatura del agua más alta, reducción del oxígeno disuelto y, por lo tanto, la reducida capacidad de auto-purificación de los cuerpos de agua dulce. Tomando en cuenta el posible aumento de inundaciones y sequías por el cambio climático, existen nuevos riesgos de contaminación del agua y patógenos causados por las inundaciones o por mayores concentraciones de contaminantes durante las sequías.

La urbanización es una importante fuente de contaminación, particularmente en los países en desarrollo y especialmente tratándose de aguas subterráneas, como resultado del manejo deficiente en la eliminación de residuos sólidos e infraestructura de saneamiento mal gestionada. Incluso en sistemas de saneamiento bien gestionados, el cambio climático puede exacerbar indirectamente el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas con el cambio a saneamiento in situ no protegido y defecación abierta, cuando las sequías limitan la disponibilidad de agua para inodoros de descarga y para prácticas de higiene adecuadas asociadas con sistemas de saneamiento bien manejados (McGill et al., 2019).

### 3.1.2 Amenazas a la infraestructura hídrica

El cambio climático genera más riesgos para la infraestructura hídrica. Inundaciones más intensas y frecuentes aumentan los riesgos de daños en el tratamiento del agua y la infraestructura de suministro, lo que puede conducir a interrupciones del servicio. Las infraestructuras de agua y de aguas residuales en las ciudades costeras bajas, son más propensas a inundaciones graves (Cain, 2017). Las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen que hacer frente a crecientes incidentes de sobrecarga de contaminación causadas por inundaciones. El aumento en la variabilidad de la intensidad de las lluvias y los patrones causados por el cambio climático, tienen un impacto significativo en el rendimiento de los sistemas de drenaje urbano, por el aumento de los desbordamientos combinados de aguas residuales y aguas pluviales durante las fuertes lluvias e inundaciones (Tavakol-Davani et al., 2016).

Otro problema que está surgiendo a nivel mundial, es el envejecimiento de la infraestructura hídrica (Ansar et al., 2014; Grant y Lewis, 2015; Zarfl et al., 2015), aunque el patrón de obsolescencia difiere entre regiones. En la infraestructura de almacenamiento de agua, el problema se manifiesta a través de la sedimentación, el aumento de los costos de operación y mantenimiento, los cambios estructurales, el aumento de los riesgos de ruptura y la disminución general de la eficiencia operativa a medida que una estructura se acerca al final de su vida útil. Pero el envejecimiento también se ve influido por la cambiante variabilidad de la afluencia de ríos asociada con el cambio climático. El aumento de la incertidumbre en la estacionalidad de la hidrología debido al cambio climático, hace necesario volver a evaluar la seguridad y sostenibilidad de los embalses de almacenamiento de agua y estudiar las posibles obras de transformación o desmantelamiento, para minimizar su impacto medioambiental y social, así como para optimizar sus servicios. Pittock y Hartmann (2011) identificaron varias implicaciones del cambio climático para la gestión de las presas de almacenamiento de agua existentes, incluyendo el fracaso de las presas por las afluencias frecuentes, extremas y repentinas; el fracaso de las presas para desempeñar los servicios previstos como resultado del cambio climático; y los cambios operativos de las presas impuestas por el cambio climático, tales como almacenamientos adicionales y controles de flujo de entrada/salida.

Una medida relacionada con la cuestión del envejecimiento de la infraestructura es la tendencia emergente de desmantelar presas que se han vuelto inseguras, obsoletas o social y ambientalmente inaceptables. La escala y el ritmo del desmantelamiento de las presas está aumentando, especialmente en las zonas con una larga historia de embalses de construcción como Europa y los Estados Unidos de América (Dam Removal Europe, s.f.; Thomas-Blate, 2018). Tan sólo en los Estados Unidos de América, más de 80 presas fueron desmanteladas en 2017, y en total unas 1275 presas fueron desmanteladas en 21 estados en los últimos 30 años. El desmantelamiento, sin embargo, se dirige primordialmente a estructuras más pequeñas. Hay muchas presas envejeciendo a nivel mundial, sin valor o limitadas hoy en día. La eliminación es a menudo la mejor opción, pero generalmente es un proceso a largo plazo y costoso.

La conducción a las zonas urbanas y para riego, es a menudo un cuello de botella mayor que el almacenamiento (PPIC Water Policy Center, 2018), ya que tiene que lidiar con flujos máximos menos predecibles, de magnitud y frecuencia progresivamente creciente. Muchas regiones necesitarán una inversión sustancial en infraestructura resistente al clima, para mejorar la fiabilidad del transporte de agua en el marco del cambio climático.

Al verse exacerbados por el cambio climático, los fenómenos extremos relacionados con el agua constituyen una amenaza para las infraestructuras de agua potable, saneamiento e higiene (WASH, por sus siglas en inglés), como los daños de los sistemas de saneamiento y el anegamiento de las estaciones de bombeo de alcantarillado. La consiguiente expansión de las heces, protozoos y virus de éstas, puede constituir un grave riesgo para la salud y de contaminación cruzada. La disminución de la calidad del agua exacerbada por el cambio climático aumenta los costos de purificación de agua. Además, el cambio climático puede comprometer la eficacia de las alternativas de almacenamiento de agua disponibles, tanto en la superficie, por ejemplo debido al aumento de la evaporación provocada por el aumento de la temperatura, como en la subterránea, por ejemplo debido a la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros, provocada por el aumento del nivel del mar inducido por el cambio climático. La elevación de niveles del mar por el cambio climático también causa la intrusión de agua salina en las alcantarillas en las zonas costeras (Laugier et al., 2010; Rasmussen et al., 2013). En gran medida, la adaptación de la infraestructura hídrica al cambio climático se refiere a qué tan bien se atienden la diversa y creciente escasez y la contaminación del agua, exacerbados por el cambio climático, como se ha señalado anteriormente.

## 3.2 Alternativas para mejorar la seguridad del agua bajo un clima cambiante

### 3.2.1 Innovaciones y adaptación de la infraestructura hídrica convencional

Como sugiere la sección 3.1.2, el cambio climático desafía las soluciones convencionales de infraestructura hídrica. Un mayor énfasis en los proyectos de infraestructura multipropósito, puede ayudar parcialmente a hacer frente al desafío (Branche, 2015). Estos proyectos a menudo abordan la resistencia a la sequía, control de inundaciones, desarrollo regional y otras necesidades de manera conjunta y, sin embargo, proporcionan bienes públicos (navegación, gestión de cuencas fluviales, mantenimiento de los flujos fluviales "ecológicos", etc.), reconociendo la naturaleza intersectorial y multipropósito del agua. Se pueden implementar soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para adaptarse mejor al cambio climático, aumentar la eficiencia, eficacia y robustez de la infraestructura de gestión del agua (incluidas las operaciones y el mantenimiento), y contribuir a la mitigación del cambio climático.

Como enfoque convencional para el almacenamiento de agua superficial, el potencial de construir más embalses, en particular los grandes, está cada vez más limitado por la colmatación, escorrentía disponible, preocupaciones y restricciones ambientales, y el hecho de que los sitios más rentables y viables, al menos en los países desarrollados, ya se han utilizado. Si bien es poco probable que las SbN puedan reemplazar algunas formas más grandes de infraestructura de almacenamiento construidas, formas más favorables a los ecosistemas de almacenamiento de agua, como los humedales naturales, retención de humedad del suelo (mediante la gestión sostenible de la tierra) y una recarga de aguas subterráneas más eficiente (Sección 3.2.2) podrían ayudar a mejorar la eficacia general de las operaciones de almacenamiento de superficies (WWAP/ONU-Agua, 2018). Es importante identificar la combinación más adecuada de infraestructura convencional y las SbN. Por ejemplo es la aplicación de mayor captación, aguas arriba, del agua para su liberación para uso humano y flujos ambientales, en tanto se utilizan aguas residuales tratadas para la recarga de acuíferos gestionados (MAR) en las zonas costeras para combatir la intrusión y reutilización del agua de mar con fines urbanos. La aplicación de estos enfoques híbridos podría ampliarse rápidamente si los recursos hídricos y la política y gestión de la planificación del uso del suelo consideran estas SbN y aumentan las inversiones. La evidencia sugiere que la inversión en SbN sigue estando muy por debajo del 1% de la inversión total en infraestructura de gestión de recursos hídricos (WWAP/ONU-Agua, 2018).

Los crecientes impactos del cambio climático y otros factores de cambio, desencadenan la necesidad de una revisión general de las estrategias nacionales y regionales de operación del almacenamiento, planificación y gestión (Scanlon y Smakhtin, 2016), incluso en algunos países, como EE.UU., con una larga historia de desarrollo de grandes almacenes (Ho et al., 2017). En el pasado, los impactos ecológicos del desarrollo de la infraestructura y los costos futuros, como el mantenimiento o la remoción más allá de la vida útil del diseño económico, no se consideraban o valoraban plenamente. Progresivamente, la legislación se hace más fuerte, dando más valor a la ecología y a las consideraciones ambientales. Los crecientes

### Cuadro 3.1 Embalses costeros como alternativa de suministro de agua para las ciudades costeras

Una solución emergente a los problemas de suministro de agua de las megaciudades costeras, es la creación y el uso de embalses costeros, que proporcionan instalaciones de almacenamiento de agua en o cerca de la desembocadura de los ríos. Dicho almacenamiento se forma mediante la construcción de un aluvión a través del río, o por depósitos de contención construidos a lo largo de una de las orillas del río, o la costa. Estos embalses generalmente tienen un sistema de compuertas que se operan de una manera cuidadosamente diseñada para capturar agua dulce, reducir el riesgo de inundación y minimizar la intrusión de agua salada. Muchas ciudades costeras, incluyendo Singapur, Hong Kong y Shanghái, están utilizando embalses costeros para su suministro de agua. Por ejemplo, el embalse costero de Qingcaosha, en la desembocadura del río Yangtsé, terminado en 2010, suministra agua a casi el 50% de los residentes de la ciudad de Shanghái (Lin et al., 2018). La construcción de varios embalses costeros en China ha avanzado en su diseño y las mejores prácticas generales de este tipo de solución. Sin embargo, desafíos como la intrusión de agua salada, control de la contaminación, floraciones de algas, acumulación de sedimentos y desequilibrios eco sistémicos son consideraciones importantes para el diseño, la construcción y el funcionamiento de los embalses costeros. Los embalses costeros como complemento de los suministros de agua locales, se han explorado o están siendo explorados actualmente en otros países, como India (Sitharam, 2018), Malasia (Chong et al., 2018), los Países Bajos y Australia (Yang y Ferguson, 2010), aunque los Países Bajos ya tienen una sólida experiencia histórica y en la gestión de las aguas costeras. Los embalses costeros también pueden proporcionar energía renovable si se encuentran en regiones de alto rango de marea (Angeloudis et al., 2016).

Figura Vista aérea del embalse costero de Qingcaosha en la desembocadura del río Yangtsé



Fuente: Adaptado de Lin et al. (2018, fig. 12, pág. 8).

impactos del cambio climático desencadenan la necesidad de desarrollar diversas innovaciones en el almacenamiento de agua, de diversas maneras (por ejemplo, el Cuadro 3.1; WWAP/ONU-Agua, 2018, Cuadro 2.1, pág. 39).

Mejorar la resiliencia de la infraestructura de WASH es particularmente crítico en los países menos adelantados (PMA) y los pequeños estados insulares en desarrollo (PEID), donde la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático es relativamente alta. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015a), las medidas de adaptación y resiliencia de los sistemas de saneamiento para contrarrestar el cambio climático deben aplicarse en seis categorías, incluidas las tecnologías y la infraestructura, financiación, políticas y gobernanza, fuerza de trabajo, sistemas de información y prestación de servicios. En la Tabla 3.1 (OMS, 2018a) se resumen las posibles medidas de adaptación para algunas tecnologías clave de saneamiento y sistemas de gestión del saneamiento.

En general, la infraestructura hídrica convencional es cada vez más vulnerable al cambio climático y puede incurrir en costos cada vez más altos o impactos sociales y ambientales adversos. Por otro lado, la falta de infraestructura hídrica de cualquier tipo hace que un país sea aún más vulnerable a los cambios en los regímenes hidrológicos. En los países con escasez económica de agua, es necesario desarrollar más infraestructura de agua, como el almacenamiento de agua y sistemas fiables de abastecimiento de agua y saneamiento, de manera acelerada, pero teniendo en cuenta claramente la incertidumbre climática futura y variabilidad (en general creciente).

### 3.2.2. Almacenamiento de agua subterránea y gestión conjunta del agua

En muchas regiones del mundo, los acuíferos representan la fuente más grande, o fuente potencial, de almacenamiento de agua, a menudo con órdenes de magnitud y más capacidad de almacenamiento que el almacenamiento de agua superficial (Hanak et al., 2011). Debido a que los acuíferos a menudo abarcan grandes áreas geográficas y regiones, proporcionan una fuente distribuida espacialmente de agua y almacenamiento, así como cierta conducción del agua ya incorporada. Las aguas subterráneas también están más protegidas frente a la variabilidad estacional y climática a lo largo de los años y presentan menos vulnerabilidad inmediata que las aguas superficiales (Green et al., 2011).

Las aguas subterráneas poco profundas, son generalmente más accesibles para las comunidades rurales y pobres que el caudal de los ríos, debido a la infraestructura necesaria para captar y distribuir el agua del río para dispersar a las comunidades rurales. Sin embargo, algunas regiones, entre ellas gran parte de África, carecen de infraestructura como pozos, capacidad técnica para construir y mantener infraestructura, y caracterización hidrogeológica de sistemas acuíferos para desarrollar y utilizar de manera sostenible los recursos locales de aguas subterráneas y mejorar el almacenamiento de agua en los acuíferos locales (UNESCO-PHI, 2015a; 2015b).

***Las aguas subterráneas también están más protegidas frente a la variabilidad estacional y climática a lo largo de los años y presentan menos vulnerabilidad inmediata que las aguas superficiales***

El almacenamiento de acuíferos incluye no sólo las aguas subterráneas que ya están en los acuíferos, sino también el potencial para almacenar agua adicional, si se puede captar. MAR sirve para varios propósitos (Dillon et al., 2018; WWAP/ONU-Agua, 2018; GRIPP, s.f.), incluyendo la maximización del almacenamiento de agua, recarga de acuíferos que se están agotando, mejora de la calidad del agua, mejora de la gestión de las inundaciones y mitigación de la intrusión de agua de mar de los acuíferos costeros o de hundimiento de la tierra. Los enfoques MAR pueden utilizar el agua suministrada tanto por fuentes convencionales (normalmente de aguas superficiales) como no convencionales (por ejemplo, agua regenerada o desalinizada; véase la siguiente Sección), a través de estrategias de gestión integradas o de "uso conjuntivo". El uso de aguas residuales para MAR ha ido en aumento (GRIPP, s.f.).

Si bien los embalses de superficie tienen el potencial de llenarse y vaciarse rápidamente, creando un suministro flexible de agua que también ayuda a la gestión de inundaciones, el almacenamiento de grandes superficies es costoso y puede ser ecológicamente perjudicial (Hanak et al., 2011). Los acuíferos se

**Tabla 3.1 Ejemplos de alternativas de adaptación climática para sistemas de saneamiento específicos**

Sistema de saneamiento	Impacto potencial	Ejemplos y opciones de adaptación	Resiliencia general
<b>Sistemas <i>in situ</i></b>			
Inodoros secos y de bajo consumo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de la estabilidad del suelo que conduce a una menor estabilidad de las fosas.</li> <li>Contaminación del ambiental y agua subterránea por inundaciones de inodoros.</li> <li>Los dueños de los baños usan las aguas de las inundaciones para limpiar las fosas.</li> <li>Colapso de inodoros debido a inundación o erosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de materiales locales para las letrinas.</li> <li>El diseño de inodoros localmente adaptado: inodoros elevados; fosas más pequeñas, vaciadas con más frecuencia; letrinas de fosas cerradas; plintos de fosas elevadas; compactación de la tierra alrededor de las fosas; distancia de separación apropiada; uso de tecnologías apropiadas de aguas subterráneas; infraestructura protectora alrededor del sistema.</li> <li>En áreas altamente vulnerables: instalaciones temporales de bajo costo.</li> <li>Sistemas <i>in situ</i> en ubicaciones menos propensas a inundaciones, erosión, etc.</li> <li>Proporcionar servicios de vaciado de fosas de forma regular, a un precio asequible.</li> <li>Desechar excretas a descargas de alcantarillado seguras o estaciones de transferencia.</li> <li>Promover el mantenimiento del inodoro, higiene y comportamientos seguros durante y después de eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta (buena capacidad de adaptación mediante cambios potenciales de diseño).</li> </ul>
Tanques sépticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento en la escasez del agua reduciendo el suministro de agua e impidiendo la función del tanque.</li> <li>Incremento en el nivel de aguas subterráneas, eventos extremos y/o inundaciones, causando daño estructural a los tanques, inundación de campos de drene y hogares, flotación de tanques, contaminación de tanques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar tapas selladas y válvulas anti-retorno en las tuberías para prevenir contraflujos.</li> <li>Asegurarse que los conductos de alcantarillas se encuentren por encima de las líneas estimadas de flujo.</li> <li>Promover el mantenimiento de tanques, higiene y comportamientos seguros durante y después de eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja a mediana (cierta capacidad de adaptación; vulnerable a reducciones de disponibilidad de agua e inundaciones de alcantarillado combinado).</li> </ul>
<b>Sistemas <i>ex situ</i></b>			
Alcantarillado Convencional (p. ej. alcantarillado combinado y alcantarillado por gravedad).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos de lluvia extrema causando exceso de descargas aguas residuales sin tratar al medio ambiente.</li> <li>Eventos de lluvia extrema causando inundaciones de aguas negras de vuelta a los edificios.</li> <li>Eventos extremos que dañan el alcantarillado y que causan filtraciones, resultando en contaminación ambiental.</li> <li>La elevación del nivel del mar que causa que se eleven los niveles de agua en alcantarillados costeros, causando que se regresen las aguas negras.</li> <li>El incremento de la escasez del agua reduce el flujo del agua en alcantarillas, incremento de los depósitos sólidos y bloqueos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de túneles de transporte profundos y sistemas de almacenamiento para interceptar/ almacenar el desbordamiento del alcantarillado combinado.</li> <li>Rediseñar para separar los flujos de agua pluvial del alcantarillado.</li> <li>Cuando sea factible, descentralizar los sistemas para focalizar/contener los impactos.</li> <li>Proporcionar almacenamiento adicional para agua pluvial.</li> <li>Utilización de rejillas especiales y tuberías de salida restringida.</li> <li>Instalar válvulas anti-retorno en las tuberías para evitar que inunde al regresar.</li> <li>En caso de resultar apropiado, instalar alcantarillado de pequeño diámetro u otras opciones de bajo costo para reducir el costo de sistemas separados.</li> <li>Promover higiene y comportamientos seguros durante y después de eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja a mediana (cierta capacidad de adaptación; vulnerable a reducciones de disponibilidad de agua e inundaciones de alcantarillado combinado).</li> </ul>



Sistema de saneamiento	Impacto potencial	Ejemplos y opciones de adaptación	Resiliencia general
<b>Sistemas ex situ</b>			
<b>Alcantarillado simplificado</b> (p. ej. de pequeño diámetro y poca profundidad).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundaciones y eventos extremos dañan los alcantarillados, especialmente los de poca profundidad.</li> <li>Alcantarillado de pequeño diámetro: daño a la infraestructura de tuberías al permitir el paso de tierra al sistema y causando riesgos de depósitos/obstrucciones de sólidos.</li> <li>Alcantarillado de poca profundidad: el aumento de escasez del agua reduce el flujo de agua en el alcantarillado, aumentando los depósitos de sólidos y las obstrucciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar válvulas anti-retorno en tuberías para prevenir que regresen los flujos.</li> <li>Construcción de redes de alcantarillado simplificado que contengan inundaciones y flotación, o redes más cortas conectadas a plantas de tratamiento descentralizadas para reducir sobrecargas y fallas del alcantarillado.</li> <li>Promover la higiene y comportamientos seguros durante/después de eventos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediana (cierta capacidad de adaptación; vulnerable a inundaciones aunque menos vulnerable a reducciones de disponibilidad del agua que el alcantarillado convencional).</li> </ul>
<b>Tratamiento de lodos fecales.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos meteorológicos extremos o inundaciones que destruyen/ dañan los sistemas de tratamiento de aguas residuales, causando la descarga de aguas residuales no tratadas y desbordamiento de alcantarillado y contaminación ambiental.</li> <li>Lluvias extremas que dañan estanques de estabilización de residuos.</li> <li>Eventos extremos que dañan las plantas de tratamiento de baja altura, causando contaminación ambiental.</li> <li>Aumento de la escasez de agua que causa obstrucción, reduciendo la capacidad en los ríos o estanques que reciben aguas residuales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar defensas contra inundaciones, desbordamientos, y escorrentías (p. ej. diques) y la realización de buena gestión de captación.</li> <li>Invertir en sistemas de alerta temprana y equipos de respuesta ante emergencias (p. ej. bombas móviles almacenadas fuera del sitio, sistemas de tratamiento no basados en electricidad).</li> <li>Preparar un plan de rehabilitación para las obras de tratamiento.</li> <li>Cuando sea factible: sistemas in situ en lugares menos propensos a inundaciones, erosión, etc.</li> <li>Proporcionar medios seguros para el vaciado manual de lodos de baja humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja a mediana (cierta capacidad de adaptación; vulnerable a aumentos/ reducciones en la disponibilidad del agua; la reducción de capacidad de conducción puede incrementar los requerimientos de tratamiento de lodos).</li> </ul>

Fuente: Adaptado de la OMS (2018a, Tabla 3.6, págs. 54–56).

recargan y vacían más lentamente, lo que los hace más adecuados para el almacenamiento a largo plazo. El uso conjunto, aprovechando una serie de soluciones de almacenamiento, permite ampliar la capacidad general de almacenamiento de agua de una región, utilizando más agua superficial (y almacenando más agua en los acuíferos) durante los períodos húmedos, y confiando en las aguas subterráneas durante los períodos secos.

Las aguas subterráneas están infrautilizadas en algunas regiones, como partes de África y Asia central. Sin embargo, se estima que el 75% de los africanos utilizan las aguas subterráneas para fines a pequeña escala, a saber, como su principal fuente de agua potable, particularmente en las zonas rurales que dependen de pozos excavados y pozos (Tuinhof et al., 2011). Sin embargo, sólo alrededor del 1% de la tierra cultivada en África es irrigada con aguas subterráneas, y en su mayor parte este recurso sigue siendo un recurso infrautilizado y confiable para la producción de alimentos de riego (Altchenko y Villholth, 2015). Muchas otras regiones, incluidas partes de los Estados Unidos, China y las llanuras indogangéticas del Norte de India, sufren de una excesiva abstracción de los recursos

de aguas subterráneas, lo que ha dado lugar a una severa reducción del nivel freático (Tiwari et al., 2009; Wada et al., 2010; Famiglietti, 2014; Richey et al., 2015). El cambio climático puede exacerbar fenómenos como una mayor temperatura del aire, lo que se traduce en un aumento de la evaporación de las precipitaciones y, por lo tanto, una recarga reducida (Taylor et al., 2012).

La recarga de agua subterránea también puede verse afectada por el cambio climático de otras maneras: en zonas áridas y semiáridas, el aumento en la intensidad de las lluvias asociado y ampliado por el cambio climático (Véase Cuadro 9.2) puede hacer que la recarga de aguas subterráneas sea más episódica y localizada (Cuthbert et al., 2019). Una gestión adecuada de las aguas superficiales y subterráneas a través de diversas formas de MAR tiene el potencial de reducir el pico de flujo máximo de crecientes e inundaciones, y al mismo tiempo, para mitigar el agotamiento de las aguas subterráneas (Muthuwatta et al., 2017).

El almacenamiento de agua es un problema particularmente crítico en las islas bajas, los atolones y muchos PEID. Estas se encuentran entre las comunidades más vulnerables al cambio climático debido al aumento del nivel del mar, que tiene un impacto directo en el riesgo de inundación, pero también reduce el tamaño de los lentejones de agua subterránea debido a la intrusión de agua de mar. La gestión y el uso adecuados de las aguas subterráneas serán importantes para mantener el acceso a los suministros de agua potable en muchos PEID. El uso de MAR ha aumentado considerablemente en los acuíferos costeros de todo el mundo para mejorar el almacenamiento de agua y, en parte, para minimizar la intrusión de agua de mar (GRIPP, s.f.). Sin embargo, el uso de MAR en los atolones o los PEID no se divulga ampliamente (Hejazian et al., 2017). La adaptación de los PEID al cambio climático requerirá más programas MAR para la recarga de lentejones de agua dulce mediante la captación de aguas pluviales o de tormentas durante los períodos húmedos para ayudar a sostener a las comunidades a través de períodos secos (UNESCO-PHI, 2015b).

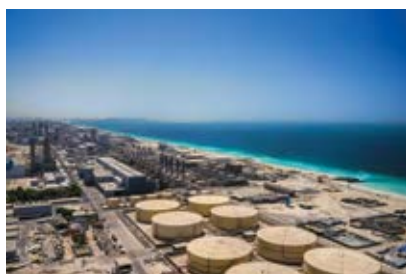
### 3.2.3 Recursos hídricos no convencionales

La creciente demanda de agua, resultante del crecimiento de la población y la necesidad de producir más alimentos, ejercen una creciente presión sobre los limitados recursos hídricos disponibles, especialmente en las zonas de escasez física de agua. Esto se acentúa por el hecho de que las mejoras en la eficiencia de la explotación de fuentes y enfoques convencionales tienen un límite (Banco Mundial, 2017a.) Cada vez resulta más necesario valorar los recursos hídricos “no convencionales” y/o regionalmente subutilizados (Figura 3.1) como parte de la gestión del agua y la planificación del agua para el futuro (Qadir y Smakhtin, 2018). Los recursos hídricos no convencionales se generan como resultado de procesos o tecnologías especializadas para recoger/acceder al agua. Pueden requerir un tratamiento adecuado antes de su uso, lo que puede incluir la gestión en la granja cuando se utiliza para el riego (Qadir et al., 2007).

**Figura 3.1** Ejemplos de recursos/tecnologías de agua no convencionales



Agua sucia/agua residual



Agua desalinizada



Captura de agua atmosférica (niebla, sembrado de nubes)

*Créditos fotográficos: Agua usada/aguas residuales: Manzoor Qadir (UNU-INWEH); agua desalinizada: moderna planta desalinizadora en las costas del Golfo Pérsico (verano 2016): © Stanislav71/Shutterstock.com; y captura de agua atmosférica: El Rector Ignacio Sánchez (Pontificia Universidad Católica de Chile) visita Alto Patache: © Nicole Saffie, licenciada bajo CC BY-NC-SA 2.0..*

**La reutilización del agua** (o “agua regenerada”) es una alternativa fiable a los recursos hídricos convencionales frente a los impactos del cambio climático (WWAP, 2017). El principal desafío sigue siendo pasar del uso no planificado de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas, a las prácticas de reutilización de agua potable. El uso de agua no tratada o tratada de manera deficiente está asociado con riesgos para la salud humana y ambiental relacionados con contaminantes microbianos y emergentes en el agua recuperada. Varios países, particularmente en regiones áridas y semiáridas, utilizan aguas residuales tratadas para el riego. Se ha demostrado que la reutilización del agua en la agricultura actúa como resorte para aumentar la escasez de agua y los impactos de los fenómenos climáticos extremos (Drechsel et al., 2015; Hettiarachchi y Ardatania, 2016; WWAP, 2017). Con sequías más intensas y prolongadas, un número creciente de ciudades (por ejemplo, en la India y los Estados Unidos de América) están adoptando esquemas de reutilización potable directos o indirectos (a través de MAR) para hacer frente a los recortes recurrentes de agua. En Namibia, la ciudad de Windhoek ha estado implementando con éxito la reutilización potable durante más de 50 años (Cuadro 5.2). La reutilización del agua se considera cada vez más un recurso hídrico alternativo en algunas regiones de Europa. Según la Water Reuse Europe (2018), sólo el 2% de las aguas residuales tratadas se reutiliza en Europa, pero se espera que crezca en el futuro, con el mayor potencial en Portugal y España.

**La desalinización de agua de mar y agua salobre.** La desalinización es una alternativa para aumentar el suministro de agua dulce mediante la eliminación de sales disueltas en agua salobre o salada. Según la estimación de Jones et al. (2019), hay 16 mil plantas desalinizadoras operativas en todo el mundo, produciendo alrededor de 95 millones de m<sup>3</sup>/día de agua desalinizada; de las cuales alrededor del 50% se produce en la región de Oriente Medio y Norte de África. Sin embargo, la desalinización es relativamente costosa debido al elevado consumo energético, incluso si el costo se está volviendo cada vez más competitivo. La producción y eliminación de un hiper concentrado salino (“salmuera”), un derivado del proceso es otro desafío en términos de costos e impactos ambientales asociados. Dada la naturaleza ilimitada del agua de mar y la disminución del costo de las fuentes de energía renovables, la desalinización tiene potencial para mejorar significativamente el suministro de agua en el futuro e incluso puede reemplazar la demanda de agua doméstica e industrial en la franja costera de 100 km para 2050 (Sood y Smakhtin, 2014).

**La captación de humedad atmosférica,** como la siembra de nubes, o la recolección del agua de niebla en áreas donde la niebla de advección es abundante, se practica en partes de América del Sur, Oriente Medio y América del Norte. Se han identificado en todo el mundo muchos lugares con un alto potencial estimado para la recolección de agua de niebla (Klemm et al., 2012). A diferencia del potencial masivo que proporciona la desalinización, el agua de niebla es principalmente de importancia local, como un enfoque de bajo costo y bajo mantenimiento (Qadir et al., 2018).

**Acuíferos en alta mar.** La atención crece alrededor de las alternativas de aguas subterráneas en alta mar. Se estima que existen 0.5 millones de km<sup>3</sup> de agua dulce/salobre en acuíferos en alta mar situados debajo de aguas poco profundas (<500 m) del océano dentro de 100 km de la costa (Post et al., 2013). Hay múltiples ubicaciones en todo el mundo donde se han observado aguas subterráneas de baja salinidad en alta mar (Person et al., 2017). Post et al., (2013, pág. 76), sin embargo, sugieren que “las aguas subterráneas en alta mar no son la respuesta a las crisis mundiales del agua”, pero “... se puede sopesar contra otras alternativas en estrategias a largo plazo”.

**Transporte físico de agua dulce por mar.** Estas alternativas son las más “ficticias” en la actualidad, pero las ideas y los intentos de cosecharlas se están haciendo más fuertes (Rafico, 2014). El agua puede ser transportada desde los deltas/estuarios de los grandes ríos, como el Amazonas o el Congo (la descarga anual total de ambos es cercana a 8 000 km<sup>3</sup>, unas 20 veces la cantidad total de aguas residuales a nivel mundial) por camiones cisterna o bolsas a zonas como Ciudad del Cabo, que casi se quedó sin agua durante la reciente sequía de 2017-2018 (Schreiber, 2019.) Existen evaluaciones de la posibilidad de transportar agua desde lugares muy separados y abundantes en el agua a regiones con escasez de agua como Namibia y Sudáfrica (Valentine, 2017). Del mismo modo, se han presentado las ideas para el transporte de icebergs, ya sea en su totalidad o “hielo recortado” en los buques cisterna (Ruiz, 2015). Estas alternativas en la actualidad existen sólo como conceptos debido a su alto costo, gran flota de tanques requeridos y grandes pérdidas calculadas.

La producción y/o utilización de algunos de los recursos hídricos no convencionales, como el agua desalinizada o las aguas residuales, puede dar lugar a impactos ambientales y/o riesgos para la salud asociados. Por lo tanto, estas diferentes alternativas para los recursos hídricos no convencionales necesitan evaluaciones de riesgos para la salud y el medio ambiente y alternativas de mitigación pertinentes (Grangier et al., 2012; WWAP, 2017; Qadir, 2018; Jones et al., 2019). Algunas fuentes no convencionales, como la reutilización del agua, aumentan la resiliencia al cambio climático a través de la generación de energía renovable, por ejemplo la recuperación de energía de las aguas residuales durante el proceso de tratamiento (Drechsel et al., 2018).

En resumen, ante el cambio climático, el aumento del agua aumenta con fuentes no convencionales que ofrecen soluciones alternativas para aumentar el suministro de agua para satisfacer la creciente demanda de agua, especialmente en regiones y países con escasez física de agua. En la actualidad, entre los recursos hídricos no convencionales, el agua recuperada es vista como la más prometedora con un número creciente de aplicaciones exitosas de la vida real y un mercado mundial de agua regenerada, particularmente para el riego. Para aumentar la reutilización de las aguas residuales en la agricultura y otros sectores, es necesario elaborar y aplicar controles y reglamentaciones eficaces para superar las preocupaciones relacionadas con los riesgos ambientales y para la salud humana. Las aplicaciones de otras fuentes y tecnologías de agua no convencionales probablemente seguirán creciendo en las próximas décadas.

### 3.3 Alternativas de mitigación para la gestión de los recursos hídricos<sup>5</sup>

#### 3.3.1 El sector del suministro de agua y saneamiento

El grueso de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debidos a la gestión hídrica y al saneamiento provienen de 1) la energía utilizada para hacer funcionar los sistemas y 2) los procesos bioquímicos del agua o del tratamiento de las aguas residuales.

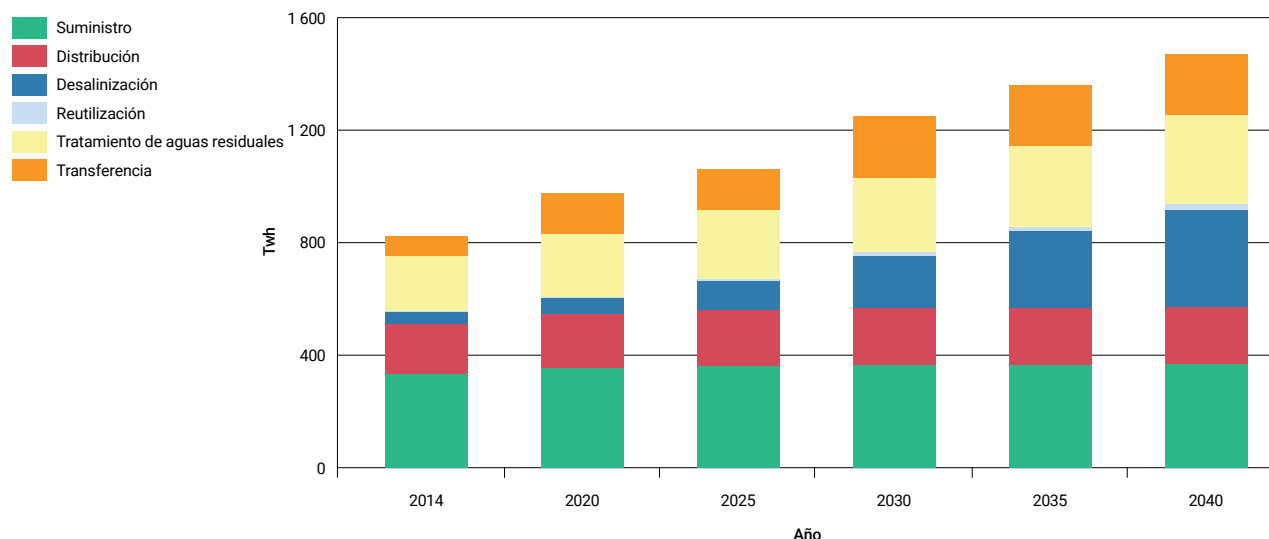
Según los informes, las empresas de servicios públicos de agua y aguas residuales, son responsables de entre el 3 y el 7 % de las emisiones de GEI (Trommsdorf, 2015), pero estas estimaciones no incluyen las emisiones asociadas con la descarga de aguas residuales no tratadas. De hecho, las aguas residuales no tratadas son una fuente importante de GEI. Dado que, en los países en desarrollo, entre el 80 y 90 % de las aguas residuales no se recogen ni se tratan (Corcoran et al., 2010; WWAP, 2017), las emisiones relacionadas con el sector del suministro de agua y saneamiento, y su potencial para contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático, no deben descuidarse.

El uso de electricidad por parte del sector es principalmente para la extracción (40%), transporte (25%) y tratamiento (20%) de agua y aguas residuales, lo que representa alrededor del 4% de la producción mundial de electricidad. Se espera que el consumo de energía en el sector del agua se duplique hasta 2040, como resultado del aumento de la desalinización del agua de mar (Figura 3.2; AIE, 2016). También se espera que el consumo de energía para el tratamiento de aguas residuales aumente en las próximas décadas, lo que parece innecesario ya que, a escala mundial, el potencial de las plantas de tratamiento energéticamente positivas ha aumentado rápidamente (Freyberg, 2016). Incrementar la eficiencia del uso del agua y reducir el consumo innecesario y la pérdida de agua redundan en un menor uso de energía y, por consiguiente, en menores emisiones de GEI. Se ha estimado que el sector del agua en todo el mundo podría reducir su consumo de energía en un 15% hasta 2040 (AIE, 2016.)

La formación de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en vertederos, alcantarillas abiertas y lagunas ascendió a un 13% de las emisiones mundiales distintas de CO<sub>2</sub> en 2005 (USEPA, 2012). Alrededor del 58% de estas emisiones provienen de vertederos, parte de los cuales es la eliminación de lodos de tratamiento de aguas residuales (Guo et al., 2012). Se espera que aumente la contribución de las emisiones distintas de CO<sub>2</sub> de las aguas residuales (US EPA, 2012). La materia orgánica de las aguas residuales contiene más energía de la necesaria para tratarla

<sup>5</sup> Esta sección se basa en gran medida en un borrador avanzado del informe *Stop Floating, Start Swimming: Water and Climate Change – Interlinkages and Prospects for Future Action* (GIZ/adelfi/PIK, próximamente).

Figura 3.2 Consumo de electricidad en el sector del agua por proceso, 2014–2040



Fuente: AIE (2018). Todos los derechos reservados.

(Li et al., 2015). Por lo tanto, la energía procedente de las aguas residuales puede ser una fuente importante para que el sector del agua sea más eficiente energéticamente. Las plantas de tratamiento centralizadas capturan la mayor parte del CH<sub>4</sub> en desarrollo y lo utilizan para la producción de energía, reduciendo así las emisiones directas y las emisiones indirectas del uso de energía. Algunas instalaciones de tratamiento de aguas residuales en Europa y los EE.UU. tienen producción de energía renovable in situ y mejoras en el uso eficiente de la energía, lo que conduce a avances en energía "neta cero" y prácticas de energía positiva (Rothausen y Conway, 2011; Maktabifard et al., 2018).

Las aguas residuales pueden ser una fuente de materias primas como nutrientes o ciertos metales (es decir, aguas residuales industriales), contribuyendo además a reducir la energía necesaria en la extracción de estas materias primas para su uso como fertilizantes (Wang et al., 2018a).

Por lo tanto, al aumentar la eficiencia del uso del agua y al reducir las pérdidas de agua, incluida la reutilización de las aguas residuales (no tratadas o tratadas parcialmente) y sus componentes, los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento no sólo pueden contribuir directa y sustancialmente a la mitigación de los GEI, sino que también se vuelven más rentables.

Además de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales, una fuente pasada por alto de emisiones distintas a las de CO<sub>2</sub> son los embalses de presas (Banco Mundial, 2017b). Las emisiones de CH<sub>4</sub> causadas por la descomposición de material orgánico en los embalses de presas pueden contribuir hasta en un 1.5% de las emisiones globales equivalentes a las de CO<sub>2</sub>, una cifra que puede aumentar debido a la construcción de nuevas presas en ciertas partes del mundo (Zarfl et al., 2016) y al aumento de la erosión debido al cambio de uso del suelo y las prácticas de manejo de la tierra inadecuadas. Además, el aumento de la descarga de aguas residuales y la escorrentía rica en fertilizantes pueden conducir a niveles mejorados de eutrofización. Se estima que las emisiones de metano resultantes de lagos y embalses aumentarán entre un 30% y un 90% hasta 2100 (Beaulieu et al., 2019).

El uso innovador de la infraestructura hídrica también puede ser una fuente de energía. Por ejemplo, las tuberías impulsadas por gravedad para el agua potable pueden estar equipadas con turbinas para generar electricidad. El agua potable de Viena, por ejemplo, proviene de manantiales de montaña a través de dos tuberías de larga distancia. Las turbinas que se instalan, además de producir electricidad, reducen la presión del agua a niveles adecuados para la infraestructura de agua potable de la ciudad (WWAP, 2014).





### 3.3.2 Ecosistemas relacionados con el Agua

Los humedales<sup>6</sup>, incluidas las turberas, albergan las mayores reservas de carbono entre los ecosistemas terrestres y almacenan el doble de carbono que los bosques (Crump, 2017; Moomaw et al., 2018). Sin embargo, los humedales están bajo alta presión, y la tasa de pérdida de humedales es tres veces mayor que la de los bosques (Convención de Ramsar sobre Humedales, 2018). Un humedal mal administrado puede convertirse en una fuente de GEI en lugar de un filtro. La turbera, por ejemplo, consiste en una gruesa capa de turba, una población de carbono que se ha formado a lo largo de miles de años. El drenar turberas para la agricultura u otros fines conduce a la descomposición de la turba, liberando CO<sub>2</sub> y otros GEI a la atmósfera (véanse los capítulos 6 y 9). Como consecuencia, el stock de carbono se reduce. En 2017, alrededor del 15% de las turberas mundiales se consideraron degradadas o destruidas, siendo la agricultura el principal impulsor. Las turberas quemadas y drenadas representan casi el 5% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> causadas por los seres humanos (Crump, 2017). Además, los humedales son sensibles al calentamiento global; climas más cálidos podrían reducir la tasa a la que las turberas acumulan carbono a largo plazo (Gallego-Sala et al., 2018).

Griscom et al. (2017) sugieren que alrededor de un tercio de la mitigación de los GEI hasta 2030 se puede lograr a través de la mitigación basada en ecosistemas, a la que los humedales pueden contribuir con una cuota del 14%. Si se tiene en cuenta que los humedales brindan múltiples beneficios adicionales, como atenuación de inundaciones y sequías, depuración del agua y biodiversidad, su conservación es una medida de mitigación importante.

<sup>6</sup> Un humedal es un ecosistema distinto que se inunda de agua, ya sea de forma permanente o estacional, donde prevalecen los procesos sin oxígeno. Los principales tipos de humedales son pantanos, marismas y turberas (bog y fen), y también incluyen manglares y praderas de pastos marinos (Keddy, 2010).



### **Cuadro 3.2 Cincuenta años de reutilización directa de agua potable en Windhoek, Namibia**

Durante más de 50 años, la ciudad de Windhoek ha estado reutilizando directamente el agua potable del efluente secundario. La utilización directa de las aguas potables ha demostrado ser una forma segura y económicamente viable de complementar los escasos recursos hídricos en Windhoek y superar los efectos de las sequías recurrentes (Du Pisani et al., 2018). El suministro actual de agua potable a los aproximadamente 400 000 habitantes de la ciudad de Windhoek es agua reutilizada en un 25 a 30% (Lahnsteiner y Lempert, 2007).

A falta de legislación, reglamentos, políticas o directrices vigentes sobre el tema, la ciudad de Windhoek decidió utilizar un enfoque centrado en la seguridad de los consumidores al implementar la reutilización directa (Law et al., 2015). Esta experiencia dio lugar a una aceptación y confianza hacia esta fuente no convencional de agua potable (Boucher et al., 2010).

La capacidad de la primera planta de reutilización encargada en 1968 fue de 4 800 m<sup>3</sup>/día, que fue a lo largo de los años adaptada en términos de procesos aplicados. Su capacidad se incrementó entonces a 7 200 m<sup>3</sup>/día (1986) y más tarde a 14 400 m<sup>3</sup>/día (1994). La nueva planta de reutilización, puesta en servicio en 2002, tiene una capacidad de 21 000 m<sup>3</sup>/día (Honer, 2019).

*Contribuido por AquaFed.*



# 4

## Extremos relacionados con el agua y gestión de riesgos



*Este capítulo se centra en los vínculos entre la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres, destacando las oportunidades de construir sistemas más resilientes a través de una combinación de medidas "duras" y "blandas".*

## 4.1 El Clima y agua extremos como desafíos para la gestión del agua

El cambio climático se manifiesta, entre otros, a través de la creciente frecuencia y magnitud de eventos extremos como las olas de calor, lluvias sin precedentes, tormentas eléctricas y eventos de marejadas causadas por ciclones, tifones o huracanes, que, a su vez, hacen que las sociedades sean cada vez más vulnerables a los desastres relacionados con el agua. Alrededor del 74% de todos los desastres naturales entre 2001 y 2018 fueron relacionados con el agua y durante los últimos 20 años, el número total de muertes causadas sólo por inundaciones y sequías superó los 166,000, mientras que las inundaciones y sequías afectaron a más de tres mil millones de personas, y causaron un daño económico total de casi 700 mil millones de dólares (EM-DAT, 2019)<sup>7</sup>. El número de muertes, personas afectadas y pérdidas económicas varía significativamente anualmente y por continente, siendo Asia y África las más afectadas en todos los cargos (Figuras 4.1, 4.2, 4.3).

**Los efectos actuales y los pronósticos de riesgo futuros previstos, asociados a los fenómenos extremos requieren soluciones sostenibles para la adaptación al cambio climático (CCA, por sus siglas en inglés) y la reducción del riesgo de desastres (DRR, por sus siglas en inglés)**

El cambio climático ha hecho que los acontecimientos extremos sean más severos al alterar el momento, la intensidad y la duración de sus acontecimientos (Blöschl et al., 2017). Por ejemplo, en algunos casos ha causado sequías en los meses de invierno, que pueden causar impactos mucho mayores en los sistemas agrícolas y de recursos hídricos que en el verano (FAO, 2018b). Los efectos actuales y los pronósticos de riesgo futuros previstos, asociados a los fenómenos extremos requieren soluciones sostenibles para la adaptación al cambio climático (CCA, por sus siglas en inglés) y la reducción del riesgo de desastres (DRR, por sus siglas en inglés). La CCA y del DRR están conectadas mediante el objetivo común de reducir los impactos del cambio climático, minimizar las consecuencias de los acontecimientos extremos cuando ocurren y aumentar la resiliencia ante los desastres, en particular entre las comunidades vulnerables de los países en desarrollo y los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID). La protección de los derechos humanos durante los acontecimientos extremos es esencial, ya que estos eventos pueden desencadenar inestabilidades políticas, sociales y económicas en los países, degradando la salud, los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria y hídrica. El Marco de Sendai actualmente activo (véase la Sección 2.2.3) es un esfuerzo internacional de importancia crítica que tiene como objetivo hacer que el mundo sea mucho más seguro en 2030, a través de siete metas y cuatro prioridades diseñadas a tiempo para la DRR (UNDRR, 2015a)

<sup>7</sup> La Base de Datos de Eventos de Emergencia (EM-DAT) de CRED (Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, por sus siglas en inglés) se utiliza en este documento para proporcionar estadísticas globales, continentales, nacionales o regionales de desastres.

**Figura 4.1** Distribución espacial de desastres relacionados con el agua (sequías, inundaciones, deslizamientos de tierra y tormentas), 2001–2018

**Número de desastres relacionados con el agua**

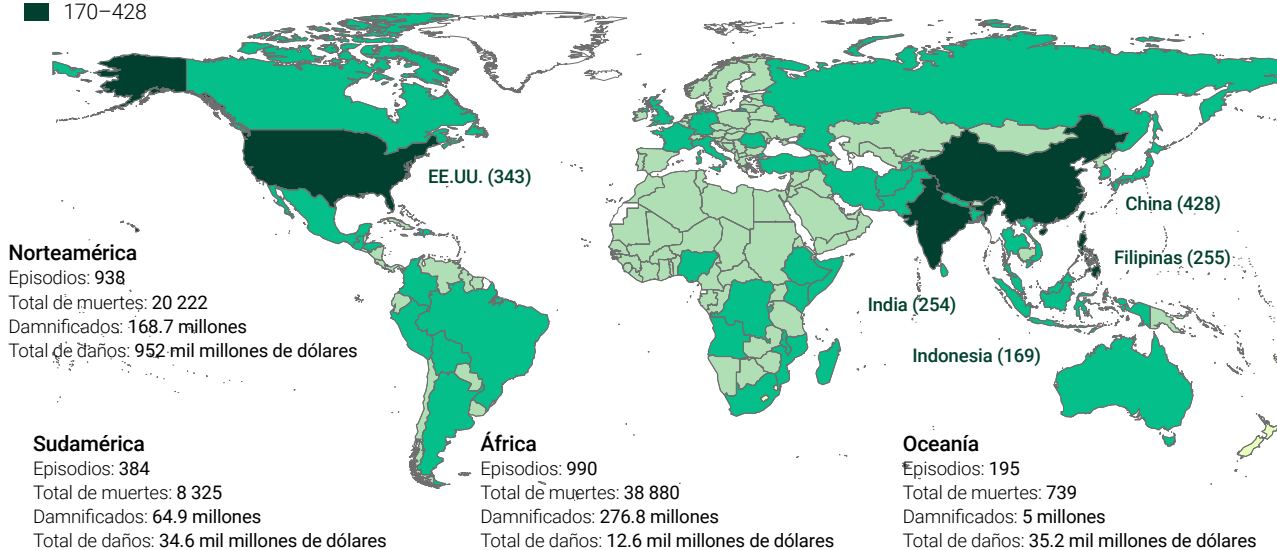
- 1–31
- 32–169
- 170–428

**Europa**

Episodios: 655  
 Total de muertes: 2 910  
 Damnificados: 9.3 millones  
 Total de daños: 147.4 mil millones de dólares

**Asia**

Episodios: 2 206  
 Total de muertes: 255 438  
 Damnificados: 2.9 mil millones  
 Total de daños: 557.5 mil millones de dólares



**Norteamérica**

Episodios: 938  
 Total de muertes: 20 222  
 Damnificados: 168.7 millones  
 Total de daños: 952 mil millones de dólares

**Sudamérica**

Episodios: 384  
 Total de muertes: 8 325  
 Damnificados: 64.9 millones  
 Total de daños: 34.6 mil millones de dólares

**África**

Episodios: 990  
 Total de muertes: 38 880  
 Damnificados: 276.8 millones  
 Total de daños: 12.6 mil millones de dólares

**Oceanía**

Episodios: 195  
 Total de muertes: 739  
 Damnificados: 5 millones  
 Total de daños: 35.2 mil millones de dólares

Fuente: Desarrollado por UNU-INWEH, basado en datos EM-DAT.

**Figura 4.2** Distribución espacial de inundaciones, 2001–2018

**Número de inundaciones**

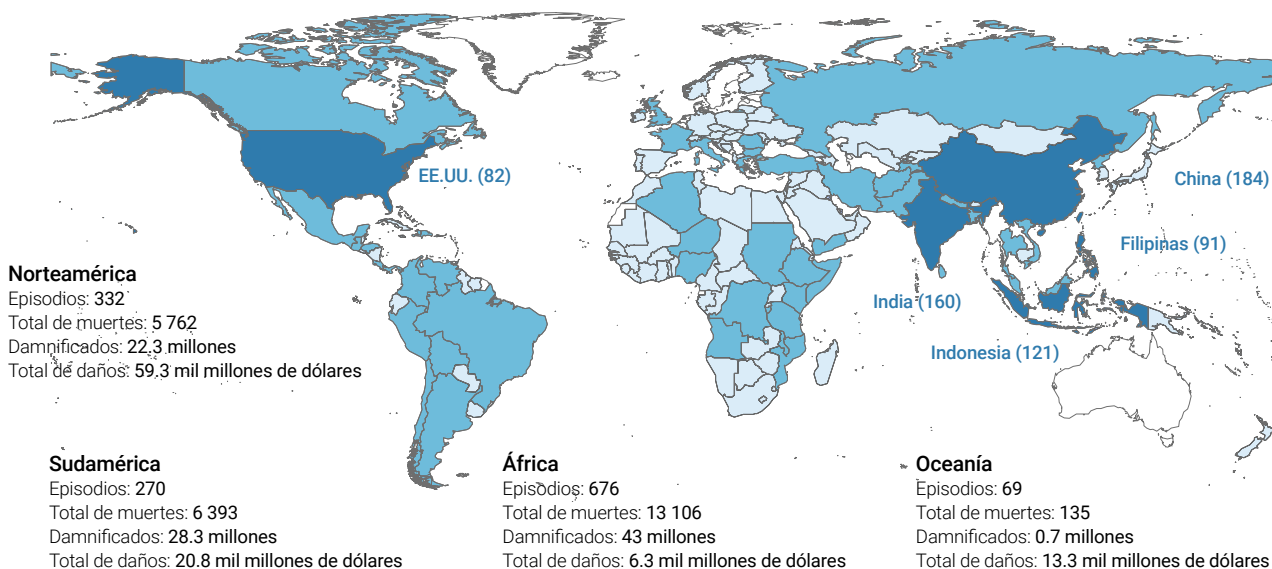
- 1–18
- 19–66
- 67–184

**Europa**

Episodios: 397  
 Total de muertes: 2 008  
 Damnificados: 6.8 millones  
 Total de daños: 86.4 mil millones de dólares

**Asia**

Episodios: 1 158  
 Total de muertes: 66 078  
 Damnificados: 1.4 mil millones  
 Total de daños: 309.4 mil millones de dólares



**Norteamérica**

Episodios: 332  
 Total de muertes: 5 762  
 Damnificados: 22.3 millones  
 Total de daños: 59.3 mil millones de dólares

**Sudamérica**

Episodios: 270  
 Total de muertes: 6 393  
 Damnificados: 28.3 millones  
 Total de daños: 20.8 mil millones de dólares

**África**

Episodios: 676  
 Total de muertes: 13 106  
 Damnificados: 43 millones  
 Total de daños: 6.3 mil millones de dólares

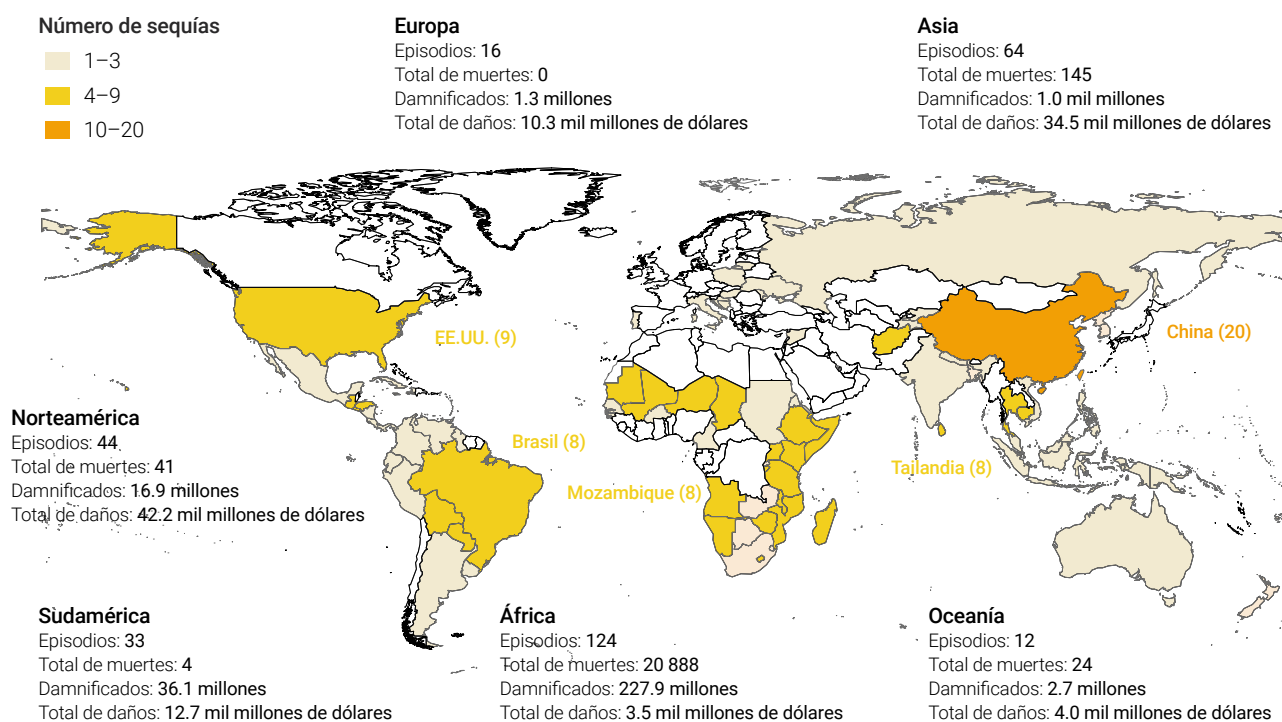
**Oceanía**

Episodios: 69  
 Total de muertes: 135  
 Damnificados: 0.7 millones  
 Total de daños: 13.3 mil millones de dólares

Fuente: Desarrollado por UNU-INWEH, basado en datos EM-DAT.



**Figura 4.3** Distribución espacial de sequías, 2001–2018



Fuente: Desarrollado por UNU-INWEH, basado en datos EM-DAT.

## 4.2 Medidas duras y blandas en la adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres

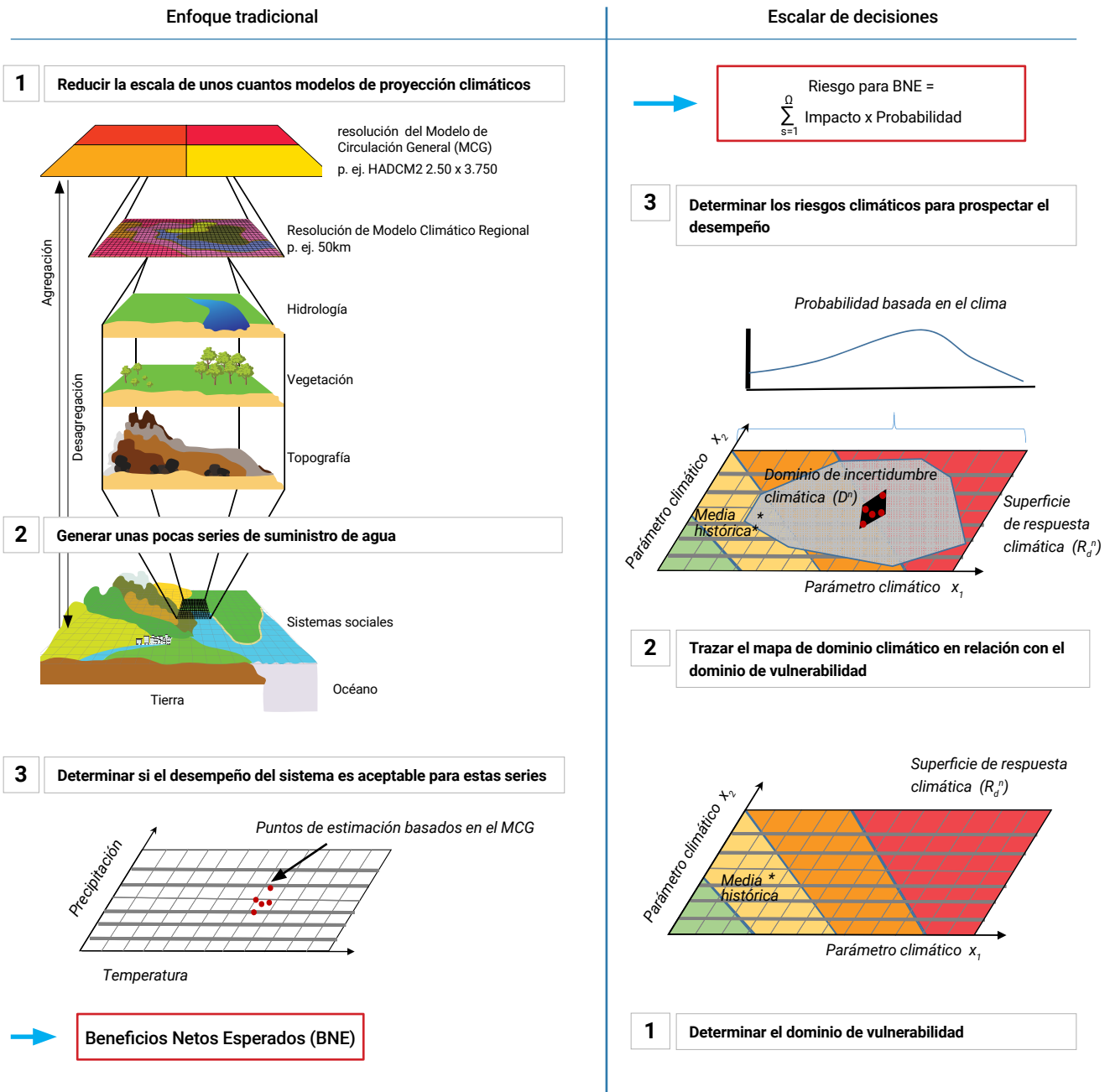
El abanico de estrategias disponibles para la CCA y la DRR que pueden ayudar a superar los impactos de los extremos, es diversa e incluye enfoques duros (estructurales) y blandos (instrumentos de políticas). Algunos ejemplos de medidas duras son el aumento del almacenamiento de agua, la infraestructura a prueba de clima y las mejoras en la resiliencia de los cultivos mediante la introducción de variedades de cultivos resistentes a las inundaciones y a la sequía. Algunos ejemplos de medidas blandas son el seguro contra inundaciones y sequías, los sistemas de pronóstico y alerta temprana, la planificación del uso de la tierra y la creación de capacidad asociada (educación y concienciación) en todo lo anterior. Las medidas duras y blandas a menudo van juntas. Por ejemplo, la aplicación de medidas estructurales de protección contra inundaciones, o mejoras en los sistemas agrícolas, como la diversificación de cultivos o la introducción de variedades de cultivos resistentes a los peligros (es decir, ambas medidas duras esencialmente), necesitan entornos de políticas habilitantes (es decir, medidas blandas en forma de políticas y apoyo institucional).

### 4.2.1 Medidas duras

#### Infraestructura a prueba del clima

La expresión a prueba del clima se refiere a la consideración explícita e internalización de los riesgos y oportunidades que los diferentes escenarios de cambio climático pueden implicar para el diseño, operación y mantenimiento de la infraestructura, incluida la infraestructura hídrica en eventos extremos (PNUD, 2011). La realización de una evaluación del riesgo de desastres es el primer paso esencial de una estrategia de DRR y normalmente incluye tres elementos: la magnitud del peligro expresado en términos de frecuencia y gravedad (profundidad, extensión, duración y velocidades relativas); la exposición de las actividades humanas al peligro; y la vulnerabilidad de los elementos en riesgo (APFM, 2007). La evaluación climática, de abajo hacia arriba, investiga la exposición, vulnerabilidad de las personas y/o comunidades a la variabilidad climática, y la capacidad adaptativa

**Figura 4.4** Evaluación de arriba-abajo del riesgo climático frente a evaluaciones de abajo hacia arriba



Fuente: García et al. (2014, fig. 3.2, pág. 19). © Banco Mundial de openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21066. Licenciado por CC BY 3.0 IGO.

Esta traducción no fue realizada por institución alguna miembro del Grupo del Banco Mundial y no debe considerarse una traducción oficial del Grupo del Banco Mundial. Ninguna institución miembro del Grupo del Banco Mundial será responsable de cualquier contenido o error en esta traducción.

para describir los riesgos (García et al., 2014). Por el contrario, los enfoques de arriba-abajo, se basan en modelos climáticos para predecir un posible futuro y construir su respuesta sobre el resultado de estos modelos (Figura 4.4). Aunque ambos enfoques se pueden utilizar de manera complementaria, a menudo sólo se utiliza uno de los dos. Una guía de políticas para conducir riesgos nacionales de desastres la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2017).

Los enfoques inteligentes y adaptables de la infraestructura relacionada con el agua, como presas, desvíos, diques y desarrollo de sistemas de drenaje son conscientes de que el pasado es una guía poco fiable para hacer frente a los eventos extremos presentes y futuros, debido a la incertidumbre causada por el cambio climático. Entre la infraestructura relacionada con el agua que necesita ser a prueba de clima, se encuentran las presas. Si bien almacenar agua durante períodos de escasez suele ser la principal preocupación, aumentar la capacidad de absorber las inundaciones puede ser igualmente importante, con implicaciones de gestión potencialmente contradictorias de ambas funciones. Para hacer mejor frente a la creciente variabilidad de los caudales fluviales, se pueden implementar diversas medidas, que van desde la reducción general del nivel del agua del embalse, hasta el aumento de las capacidades de retención de inundaciones (Sieber y Socher, 2010), hasta el aumento de la capacidad (técnica) para la extracción de agua dentro de las presas. Esto permite una reducción más eficiente de los niveles de agua en caso de un evento de inundación esperado. Añadir estructuras de salida a diferentes profundidades también mejora las opciones para utilizarlas para la gestión de la calidad del agua mediante la extracción de agua, en condiciones estratificadas, de capas de agua problemáticas (Klapper, 2003). Dichas medidas deben ir acompañadas de medidas en la cuenca de drenaje agua arriba de los embalses.

### **Soluciones basadas en la naturaleza**

"Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) están inspiradas y apoyadas por la naturaleza y utilizan, o imitan, procesos naturales para contribuir a la mejora de la gestión del agua" (WWAP/ONU-Agua, 2018, pág. 2). Las SbN incluyen el uso de la tierra adaptado para aumentar las capacidades de almacenamiento de agua en el subsuelo, evitando la erosión y el excesivo flujo terrestre, pero también medidas técnicas como la construcción de presas previas (Paul y Pütz, 2008). La adaptación basada en ecosistemas (EbA) es particularmente relevante para la CCA y la DRR, ya que utiliza la biodiversidad y los servicios eco sistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para superar los efectos adversos del cambio climático y los eventos extremos (UICN, 2017). La EbA podría implementarse mediante el mantenimiento y restauración de los ecosistemas a un buen estado ecológico, utilizando ecosistemas como los escenarios naturalmente "diseñados" para ayudar en la DRR en el cambio climático, e integrando las medidas de CCA en los humedales y otras estrategias y planes de gestión de ecosistemas y viceversa (CEPE/UNDRR, 2018).

### **4.2.2 Medidas blandas**

#### **Sistemas de predicción y alerta temprana**

La concienciación y la preparación, son componentes fundamentales de la resiliencia, la DRR y la respuesta a los desastres relacionados con el agua. Los sistemas de alerta temprana desempeñan un papel importante en la DRR, especialmente para evaluar los riesgos inminentes de inundaciones y sequías, mejorar las estrategias de toma de decisiones, mejorar la preparación de la comunidad y mitigar los daños causados por eventos extremos a través de acciones oportunas y eficaces. La UNDRR (s.f.) define los sistemas de alerta temprana como "un sistema integrado de monitoreo de peligros, previsión y predicción, evaluación del riesgo de desastres, sistemas y procesos de actividades de comunicación y preparación, que permiten a individuos, comunidades, gobiernos, empresas y otros tomar medidas oportunas para reducir los riesgos de desastres antes de eventos peligrosos".

Gracias a las importantes mejoras de las últimas décadas en las herramientas de predicción y pronóstico relacionadas con el clima y el estado del tiempo, las comunidades en riesgo a menudo pueden disponer de tiempo suficiente para responder a desastres inminentes (OMM, 2015a; 2015b; 2016). Los plazos en los que se proporcionan las predicciones a menudo se dividen "ahora", con plazos en el orden de 0 a 6 horas de anticipación; predicciones a corto plazo (0-3 días); predicciones de mediano plazo (3-15 días); y a largo plazo de sub estacional (1-3 meses) a estacionales (3-6 meses) (Golding, 2009). Si bien los plazos más cortos conducen a una mayor precisión, la elección de la escala de tiempo más adecuada suele ser concomitante con los procesos de decisión que las predicciones proporcionadas pretenden informar. En el ejemplo de informar las respuestas a las inundaciones repentinas las predicciones de "ahora" y de corto plazo son la escala de tiempo adecuada, mientras que los procesos de decisión definidos en los planes de gestión de la sequía pueden estar respaldados por predicciones en escalas de sub estacional a estacional.

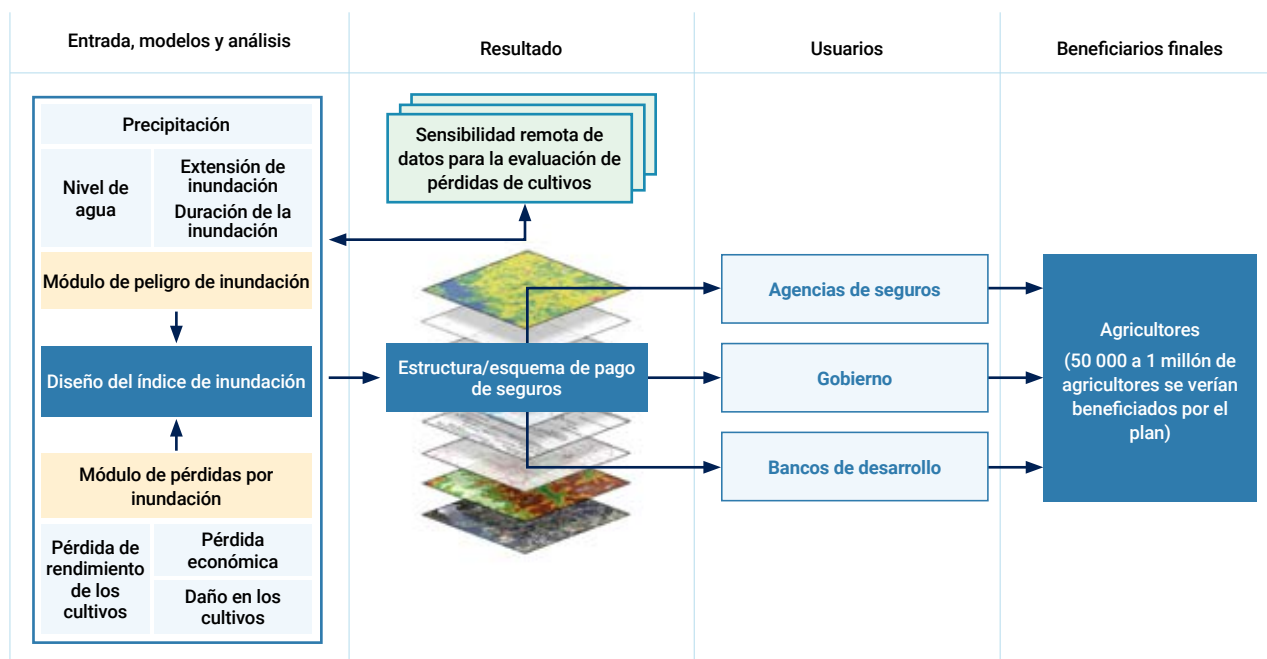
El aumento en la anticipación de los plazos puede ayudar a mejorar la eficacia de los sistemas de alerta temprana, pero debe complementarse con una comunicación clara, y el desarrollo y compromiso con las comunidades en riesgo (Parker y Priest, 2012; Cools et al., 2016), especialmente en las cuencas transfronterizas, donde la coordinación, cooperación y el intercambio de datos a veces son limitados debido a conflictos políticos y débiles gobernanzas dentro de y entre los países (Bakker, 2009a; 2009b). Los métodos de comunicación modernos, como las redes sociales y los servicios de telefonía móvil, ofrecen oportunidades significativas para ayudar a mejorar la comunicación y la eficacia de las alertas tempranas (Cumiskey et al., 2015) (véase el capítulo 13). También se están realizando esfuerzos cada vez mayores para ir más allá de la información que tradicionalmente proporcionan los sistemas de alerta temprana, mediante el desarrollo de predicciones basadas en el impacto (OMM, 2015b). En lugar de proporcionar sólo predicciones de variables hidrometeorológicas, las predicciones basadas en el impacto también tienen como objetivo proporcionar información clara y específica del sector sobre los impactos esperados de los eventos extremos. Del mismo modo, se están utilizando iniciativas de predicción basadas en acciones como la financiación basada en predicciones (Coughlan de Perez et al., 2016) para informar la respuesta humanitaria. El desarrollo económico y social sostenible requiere que los sistemas de predicción, predicción y advertencia de las comunidades en riesgo se desarrollen, revisen y refinen continuamente, lo que a su vez exige una combinación óptima de datos, herramientas de predicción y especialistas bien formados y debe complementarse con acciones precisas de gestión de riesgos (Leonard et al., 2007). La integración del género en los sistemas de alerta temprana es importante, ya que se informa que las mujeres y los niños tienen 14 veces más probabilidades que los hombres de morir durante un desastre (PNUD, 2013). También desempeñan un papel fundamental en la preparación y las respuestas ante emergencias, así como en la DRR (UNDRR, 2015b), siempre que estén facultados para hacerlo.

Los servicios operativos de predicción y advertencia han estado en desarrollo durante varias décadas, proporcionando muchos ejemplos (Pappenberger et al., 2015; Adams y Pagano, 2016; Smith et al., 2017). Estos incluyen servicios prestados a escala de cuenca y a escala nacional (una visión general de varios de estos sistemas se puede encontrar en Adams y Pagano, 2016) hasta la escala continental e incluso global (Emmerton et al., 2016). Sin embargo, actualmente falta un panorama coherente a nivel mundial sobre la disponibilidad y el estado de los sistemas operativos de alerta temprana para las inundaciones, especialmente en lo que respecta al logro de los objetivos fijados en las agendas mundiales, como el Marco de Sendai y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Perera et al., 2019). También hay muchos desafíos técnicos, financieros, institucionales y sociales, incluidas redes hidrometeorológicas inadecuadas, falta de conocimientos técnicos y recursos humanos limitados para realizar predicciones, y falta de conocimiento sobre la eficacia operativa de los sistemas de alerta temprana, entre otros.

Los sistemas de vigilancia y de alerta temprana de sequía son igualmente diversos y se enfrentan a desafíos similares. Los sistemas de alerta temprana de sequía, como los basados en sistemas previsión estacionales, por ejemplo, en los índices de el Niño/Oscilación del Sur (ENOA), pueden utilizarse para proporcionar una advertencia anticipada de las condiciones de sequía, o de continuación de las condiciones de sequía, que a su vez permiten toma de decisiones proactiva de gestión de la sequía, como la reducción del inventario de animales, la reducción de la superficie plantada o la siembra de diferentes cultivos. La previsión de sequía estacional ha mostrado éxito en el sudeste de Asia y el oeste de América del Sur (en gran parte debido a su proximidad al Océano Pacífico, donde se origina la ENOA). Sin embargo, las predicciones de sequía estacional en África siguen siendo menos precisas. Hay muchos ejemplos de sistemas de monitoreo de sequía, nacionales y regionales en funcionamiento (OMM/GWP, 2016).

La gestión comunitaria de la sequía, se ha centrado en avanzar en un enfoque de tres pilares para la gestión de la sequía, incorporando: i) sistemas integrales de vigilancia de la sequía y alerta temprana; ii) evaluaciones de vulnerabilidad e impacto; y iii) medidas apropiadas de mitigación y respuesta al riesgo de sequía (Pischke y Stefanski, 2018). El enfoque subraya la importancia de interconectar estos tres pilares mediante la participación de las partes interesadas encaminadas a desarrollar e implementar planes o políticas proactivas de gestión de la sequía.

**Figura 4.5** Marco conceptual de un plan de seguro de inundaciones basado en índices, desde el diseño hasta su implementación



Fuente: Amarnath (2017).

**Los sistemas de monitoreo de sequías e inundaciones son un componente importante de la reducción del riesgo**

Los sistemas de monitoreo de sequías e inundaciones son un componente importante de la reducción del riesgo. Sin embargo, deben integrarse en una estrategia integral de gestión de la sequía y las inundaciones, que se base en la comprensión de quién y qué está en riesgo y por qué, al tiempo que identifican las medidas adecuadas para reducir el riesgo, así como las formas de responder en función de un umbral establecido. Se han elaborado orientaciones para la selección de medidas en la comunidad de gestión de inundaciones (APFM 2013a; 2013b).

### Seguro contra inundaciones y sequías

Mejorar la accesibilidad a los seguros de riesgo climático permite a las comunidades mejorar su resiliencia a los desastres y desempeña un papel importante en el apoyo a la recuperación de eventos extremos, como inundaciones y sequías, proporcionando pagos oportunos. Los seguros pueden apoyar la preparación y gestión de desastres si van acompañados de requisitos o incentivos para tomar medidas preventivas, constituyendo por lo tanto un elemento importante de una estrategia rentable de DRR (UNDRR, 2017).

El seguro establece un umbral mínimo para un nivel aceptable de riesgo, estableciendo una estimación de costos sobre el riesgo y estableciendo estándares de prevención de riesgos. La creación de resiliencia se incentiva a medida que las primas de menor riesgo se traducen en primas más bajas (GWP, 2018a). Un sistema de seguro de inundaciones basado en índices (Figura 4.5) puede simplificar la toma de decisiones y acelerar la entrega de pagos de seguros para compensar a los agricultores por los cultivos arruinados por las inundaciones a través de un enfoque de alta tecnología que ha demostrado ser más eficiente que las evaluaciones convencionales de campo (Amarnath et al., 2017; Amarnath y Sikka, 2018).

Además, las compañías de seguros también pueden movilizar financiación significativa para la DRR a través de inversiones de capital en resiliencia y medidas de reconstrucción. En general, los seguros pueden ayudar a movilizar financiación externa adicional porque el riesgo económico de los desastres es menor. Otra posibilidad en el contexto de los mecanismos de transferencia de riesgos es el desarrollo de bonos de resiliencia, que fomentan las inversiones en medidas que fortalecen la resiliencia (Hermann et al., 2016).



## Urbanismo

La planificación urbana es una de las medidas blandas/no estructurales que ofrecen excelentes oportunidades para la DRR y la CCA. Por ejemplo, se puede lograr una mayor resiliencia a los riesgos de inundación mediante el desarrollo de sistemas de drenaje urbano, integrados en el diseño de la infraestructura urbana para proporcionar espacios seguros en una inundación. La ciudad actúa así como una "esponja", limitando las subidas de los niveles del agua y liberando el agua de lluvia como un recurso (Liu et al., 2016). El Programa Delta adoptado por el gobierno neerlandés para garantizar que los Países Bajos estén protegidos contra las inundaciones (van Herk et al., 2013; Gersonius et al., 2016) y la Cuenca para el Retardo Multipropósitos del Río Tsurumi en Japón (Ikeuchi, 2012), que utiliza espacios normalmente utilizados para parques y estadios como área para retardar el agua de la inundación, son dos ejemplos de integración exitosa de DRR en la planificación urbana.

## Planeación de contingencias

Diseñar un plan de contingencia para inundaciones en preparación para los desastres aumenta la capacidad de respuesta de los oficiales a cargo ante desastres y mejora la resiliencia local. Una de las herramientas potenciales para alcanzar estos objetivos es la "planificación de contingencias por inundaciones basada en evidencias", que se basa en enfoques científicos como la simulación de inundaciones y la evaluación cuantitativa del riesgo. Consta de seis pasos: i) comprensión de las condiciones actuales; ii) identificación de riesgos a través de una simulación de inundación; iii) análisis de impacto; iv) desarrollo de una estrategia de respuesta; v) la elaboración de un plan de contingencia; y vi) compartir el plan. Esta herramienta, que está diseñada para ser aplicable en cualquier área propensa a inundaciones, ha sido probada en la isla de Luzón en Filipinas (Ohara et al., 2018).

## 4.3 Métodos de planificación y evaluación para la reducción del riesgo de desastres

Para reducir los riesgos de desastre relacionados con el agua en el marco del cambio climático, es necesario integrar la DRR en diferentes políticas y planes sectoriales (Birkmann y Von Teichman; 2010; Reinmar et al., 2018). Este proceso de integración incluye la evaluación de las implicaciones de los desastres y el cambio de clima en cualquier acción de desarrollo planificada en todas las áreas temáticas y sectores a todos los niveles. Esto también requiere identificar los instrumentos jurídicos y políticos sectoriales existentes, que ya tienen en cuenta las medidas de la DRR.

La participación de las partes interesadas es crucial en cada paso durante el desarrollo y aplicación de las estrategias de DRR. Es importante identificar a las partes interesadas y sus responsabilidades en la DRR, facilitar su participación (diferentes sectores, incluidas las comunidades locales) proporcionándoles la información pertinente y desarrollar la capacidad de las partes interesadas para prepararlas para las emergencias. La integración de la perspectiva de género y la participación de la comunidad en los procesos de toma de decisiones debe ser un elemento clave en las estrategias de DRR. Las dimensiones de género de la DRR en el contexto del cambio climático están bien expresadas en la Recomendación General 37 del Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer (CEDAW, 2018).

Una evaluación de la DRR a nivel de cuenca transfronteriza ofrece oportunidades para evaluar los riesgos más graves a los que se enfrenta toda la cuenca y fomentar los esfuerzos conjuntos entre los países ribereños. Abordar los desastres a nivel de cuenca amplía el espacio de decisión y la gama de posibles soluciones (CEPE, 2009; 2015). Las soluciones a los desastres transfronterizos relacionados con el agua que emanan de la consulta y la acción conjunta entre los países ribereños pueden ayudar a lograr beneficios mutuos (p. ej., compartir costos e información, sistemas comunes de alerta temprana). También hace que la preparación sea más eficaz y ayuda a evitar medidas unilaterales que puedan tener impactos negativos en otros países ribereños. Enfoques y herramientas para los creadores de políticas y los practicantes sobre cómo abordar los desastres relacionados con el agua en el marco del cambio climático en las cuencas transfronterizas de proporcionan en la CEPE/UNDRR (2018).

## 4.4 Oportunidades

Están surgiendo nuevos conocimientos y enfoques para construir sociedades resilientes y maximizar las sinergias entre CCA y DRR (Birkmann y Von Teichman, 2010; Reinmar et al., 2018) (véase el capítulo 13). La inteligencia artificial (IA), "big data", los sofisticados modelos climáticos e hidrológicos, las tecnologías avanzadas de teledetección, las SbN y las redes sociales pueden fortalecer las agendas mundiales en CCA y DRR. La IA y el aprendizaje automático tienen el potencial de mejorar significativamente los esfuerzos en monitoreo ambiental, predicciones de inundaciones y comunicación ante desastres (Sermet y Demir, 2018). Los flujos de datos de redes sociales pueden proporcionar información crítica para ubicaciones no evaluadas en el monitoreo de inundaciones (Wang et al., 2018b; Sit et al., 2019). Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (Demir et al., 2018; Newman et al., 2017) reforzado con enfoques serios de actuación puede facilitar la toma de decisiones participativas en la mitigación de múltiples riesgos (Meera et al., 2016; Carson et al., 2018). Es posible que las técnicas emergentes no sustituyan completamente las medidas tradicionales de la DRR, pero pueden complementar estas últimas para aumentar la capacidad de hacer frente a los desastres relacionados con el agua (Gan et al., 2016).

***Es necesaria una mejor coordinación interinstitucional en los recursos hídricos y la gestión del riesgo de desastres, especialmente en las cuencas transfronterizas, donde permanece fragmentada en la mayor parte del mundo***

Maximizar los beneficios de estas herramientas innovadoras requiere eliminar (o al menos reducir) la brecha entre los conocimientos científicos y las medidas adoptadas por los responsables, crear las políticas y los profesionales. Es necesaria una mejor coordinación interinstitucional en los recursos hídricos y la gestión del riesgo de desastres, especialmente en las cuencas transfronterizas, donde permanece fragmentada en la mayor parte del mundo. También es importante que estos desarrollos estén vinculados a las políticas y la planificación proactivas. Los organismos gubernamentales no sólo deben anticiparse a los acontecimientos y conocer su alcance e intensidad cuando se producen. Deben haber elaborado y acordado planes de acción para reaccionar oportuna y adecuadamente a fin de garantizar que se gestionen los costos de los impactos y que las comunidades y las empresas puedan volver a la normalidad lo antes posible.

# 5

## Impactos en la salud humana relacionados con el agua, saneamiento y cambio climático



Niños Jakún aprenden a lavarse las manos adecuadamente (Malasia).

**OMS** | Kate Medlicott, Jennifer De France, Elena Villalobos-Prats y Bruce Gordon

**Con contribuciones de:** Halshka Graczyk (OIT); Sarantuyaa Zandaryaa (UNESCO-PHI); Javier Mateo-Sagasta (IWMI); Rio Hada (ACNUDH); Serena Caucci (UNU-FLORES); Vladimir Smakhtin (UNU-INWEH); y Lesley Pories (Water.org)

*Este capítulo se centra en los impactos en la salud humana asociados con los cambios en la calidad y cantidad del agua debido al cambio climático. Las tendencias en morbilidad y mortalidad se examinan en el contexto de los riesgos para la salud asociados con el cambio climático, y se presentan alternativas de respuesta relacionadas con el suministro de agua y el saneamiento.*

## 5.1 Introducción

Cada vez está más claro que el cambio climático tiene graves impactos en la salud y que muchos de estos impactos están relacionados con el agua. El cambio climático amenaza todos los aspectos de la sociedad, y el continuo retraso en abordar el desafío aumenta aún más los riesgos para las vidas humanas y el derecho a la salud (OMS, 2018b). Si las tendencias actuales de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) continúan, el cambio climático desencadenará una serie de impactos en la salud, concentrados en las poblaciones más pobres y vulnerables, profundizando así las desigualdades tanto dentro como entre los países.

Los impactos previstos a causa del cambio climático, relacionados con la salud del agua, son principalmente transmitidas por vectores de enfermedades en el agua a los alimentos; muerte y lesiones asociadas con fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones de la costa y de las tierras del interior, así como la desnutrición como resultado de la escasez de alimentos causada por sequías e inundaciones. El impacto en la salud mental asociado con enfermedades, lesiones, pérdidas económicas y desplazamientos, también puede ser sustancial, aunque difícil de cuantificar. Incluso considerando sólo un subconjunto de los riesgos para la salud y haciendo suposiciones optimistas sobre el crecimiento económico, cabe esperar que el cambio climático cause 250,000 muertes adicionales por año para 2030, al obstaculizar los progresos que se están haciendo contra riesgos mortales como la desnutrición, el paludismo y la diarrea (OMS, 2014).

Los impulsores del cambio climático (véase el capítulo 1) causan una pesada carga de morbilidad (OMS, 2018b). Los esfuerzos de mitigación centrados en la reducción de las emisiones de GEI, seguirán siendo esenciales para mantener las condiciones sociales y ambientales para combatir las enfermedades a largo plazo. Estos esfuerzos también son necesarios para evitar riesgos inminentes, pero potencialmente graves relacionados con el agua que son determinantes de la salud, incluidos los fenómenos meteorológicos extremos que abruma los sistemas de salud, las averías en los sistemas alimentarios, el desplazamiento de la población a gran escala y la exacerbación de la pobreza. Estos factores amenazan con revertir el progreso en salud y desarrollo en general.

Es probable que los efectos del cambio climático en la salud queden rezagados frente a la reducción de las emisiones de GEI por varias décadas, debido a los retrasos entre los cambios sociales y ambientales determinantes de la salud (p.ej., la migración debida a la escasez de alimentos) y los resultados sanitarios asociados (p. ej., desnutrición y retraso en el crecimiento, consecuencias de salud mental por migración). Sin embargo, existe una importante oportunidad para una acción coordinada para abordar inmediatamente el cambio climático y mejorar la salud, basándose en los principios del enfoque "Una salud", que combina intervenciones con seres humanos, animales y ecosistemas para mejorar los resultados de salud pública. El fortalecimiento de la resiliencia de los servicios de agua y saneamiento, así como de los sistemas de salud, salvaría vidas ahora y protegería a las poblaciones de gran parte de los posibles impactos del cambio climático en la salud.



La comunidad internacional ha realizado importantes progresos en los últimos años. Los acuerdos mundiales sobre clima y salud, en particular el Acuerdo de París (el documento resultante de la 21a Conferencia de las Partes (CP), o Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), ahora establecen mandatos claros para tomar medidas más firmes para proteger la salud humana de los riesgos climáticos y promover los beneficios para la salud de las alternativas de desarrollo más limpias. Actualmente se dispone de una serie de diferentes alternativas de políticas y apoyo técnico en materia de agua y, en menor medida, de saneamiento para apoyar a los países en sus esfuerzos por incluir la salud en las políticas de adaptación y mitigación. Lo que ahora se necesita es una implementación más sistemática, basada en pruebas y progresiva (OMS, 2015b)

## 5.2 Tendencias de morbilidad y mortalidad relacionadas con el agua

El acceso a los derechos humanos para el acceso a agua segura y suficiente, así como el saneamiento adecuado, especialmente para los más pobres, mejorará la salud y la calidad de vida de millones de personas. También lo harán las mejoras en la higiene personal, doméstica y comunitaria. Además, una mejor gestión de los recursos hídricos para reducir la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores, tales como las enfermedades virales transmitidas por mosquitos (Kibret et al., 2016), y para garantizar que los lagos y ríos de uso recreativo no contengan niveles nocivos de contaminación fecal o floraciones de algas, puede salvar muchas vidas y tiene amplios beneficios económicos directos e indirectos, tanto a nivel de los hogares como a nivel de las economías nacionales (OMS, 2019a). Muchas enfermedades transmitidas por los alimentos (Tabla 5.1) también están relacionadas con la mala calidad del agua utilizada en la producción de alimentos, el procesamiento posterior a la cosecha y/o la preparación de alimentos (OMS, 2006). Estimaciones recientes sugieren que la superficie total de tierras de cultivo en zonas periurbanas que se riega por aguas residuales urbanas, en su mayoría no tratadas, ha alcanzado alrededor de los 36 millones de hectáreas, lo que es equivalente al tamaño de Alemania (Thebo et al., 2017).

Se ha estimado conservadoramente, que el agua y el saneamiento inadecuados son causa de casi dos millones de muertes prevenibles en todo el mundo cada año, así como 123 millones años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD)<sup>8</sup> que pudieron haber sido evitados, y la mayor carga recae sobre los niños menores de cinco años (OMS, 2019a) (Tabla 5.2). Desde el año 2000, los progresos en materia de mortalidad asociados con todas las principales enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento han mostrado una tendencia a la baja alentadora (OMS, s.f.) en consonancia con los avances en el acceso al suministro de agua y al saneamiento. Sin embargo, la morbilidad ha disminuido de forma más lenta y, en muchas regiones, la carga social y económica del agua, el saneamiento y la higiene inadecuados (WASH) recae desproporcionadamente en las mujeres y las niñas (p. ej., pérdida de oportunidades de trabajo o educación debido a tareas de recolección de agua o vergüenza y ansiedad por el uso del baño, así como cuestiones relacionadas con la higiene menstrual) (Wendland et al., 2017).

Al final del período de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000-2015), el 91% de la población mundial utilizó una fuente mejorada de agua potable y el 68% utilizó instalaciones de saneamiento mejoradas (OMS/UNICEF, 2015). Queda mucho por hacer para alcanzar los nuevos niveles más elevados de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento gestionados de forma segura, tal como se definen en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para los 2.2 mil millones y 4.2 mil millones de personas, respectivamente, que carecen de este nivel superior de servicio (OMS/UNICEF, 2017). Los servicios gestionados de forma segura son esenciales para lograr importantes beneficios para la salud del WASH (OMS, 2014)<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Los años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) es una medida de la carga general de morbilidad, expresada como el número de años perdidos debido a discapacidad o muerte prematura.

<sup>9</sup> Consulte las actualizaciones 2017 de metodología del Programa Conjunto de Seguimiento (OMS-UNICEF) y las Líneas de base de los ODS para las definiciones de mejora del agua potable, saneamiento mejorado, y servicios de abastecimiento de agua y saneamiento gestionados de forma segura (OMS/UNICEF, 2018).



**Tabla 5.1 Impactos sanitarios del agua y el saneamiento inseguros que pueden verse exacerbados por el cambio climático**

Impacto en la salud	Ejemplo
Bienestar humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo perdido en la mejora económica o educativa y el miedo, la ansiedad y el estrés causados por servicios de agua y saneamiento distantes y/o inseguros, inundaciones y sequías.</li> <li>• Ansiedad provocada por los costos del tratamiento médico en caso de enfermedad y/o pérdida de ingresos mientras se recupera de una enfermedad.</li> </ul>
Infecciones microbianas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infecciones fecales-orales (diarrea, cólera, disentería, tifoidea, poliomielitis) e infecciones helmínticas causadas por falta de saneamiento e higiene, agua o comida contaminada, o condiciones causadas por infecciones microbianas recurrentes (retraso en el crecimiento, neumonía, anemia).</li> <li>• Enfermedades derivadas de vectores causadas por mala gestión del agua.</li> </ul>
Lesiones físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahogamientos y/o lesiones en el lugar de trabajo a los trabajadores de agua y saneamiento.</li> <li>• Lesiones físicas causadas por inundaciones.</li> </ul>
Intoxicación química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingestión de niveles elevados de nitratos, flúor, arsénico y otros contaminantes químicos en el agua potable.</li> </ul>
Desnutrición y retraso en el crecimiento (y deterioro cognitivo deteriorado asociado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diarrea recurrente, infecciones helmínticas derivadas de agua y saneamiento inseguros, causando así enteropatía ambiental, desnutrición y retraso en el crecimiento.</li> </ul>
Cuestiones emergentes de preocupación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia antimicrobiana exacerbada por la falta de agua y saneamiento para la prevención y el control de infecciones, en comunidades y centros de salud, y la descarga de residuos de antibióticos, bacterias resistentes y genes en aguas residuales, fomentando aún más dicha resistencia.</li> </ul>

Fuente: Basado en la OMS (2011; 2017; 2018b).

**Tabla 5.2 Carga de enfermedades derivadas de WASH inadecuado del año 2016**

Enfermedades	Muertes	AVAD ('000)	Fracción atribuible de población
Enfermedades diarreicas	828 651	49 774	0.60
Infecciones helmínticas transmitidas por la tierra	6 248	3 431	1
Infecciones respiratorias agudas	370 370	17 308	0.13
Desnutrición*	28 194	2 995	0.16
Tracoma	<10	244	1
Esquistosomiasis	10 405	1 096	0.43
Filariasis linfática	<10	782	0.67
<b>Subtotal de agua potable, saneamiento e higiene</b>	<b>1 243 869</b>	<b>75 630</b>	<b>ND</b>
Malaria	354 924	29 708	0.80
Dengue	38 315	2 936	0.95
Oncocercosis	<10	96	0.10
<b>Sub-total del gestión de los recursos hídricos</b>	<b>393 239</b>	<b>32 740</b>	<b>ND</b>
Ahogamientos	233 890	14 723	0.73 (0.74 para LMIC, 0.54 para HIC)
<b>Sub-total del seguridad de los ambientes acuáticos</b>	<b>233 890</b>	<b>14 723</b>	<b>ND</b>
<b>Total de agua, saneamiento e higiene inadecuados</b>	<b>1 870 998</b>	<b>123 093</b>	<b>ND</b>

**Nota:** LMIC (por sus siglas en inglés): países de ingresos mediano bajo, HIC (por sus siglas en inglés): países de ingresos altos, AVAD: años de vida ajustados en función de la discapacidad, NA: no aplicable. Las estimaciones de la carga de enfermedades son para los países de ingresos bajos y medianos. Las estimaciones de diarrea, infecciones respiratorias agudas y ahogamientos también incluyen la carga de morbilidad en los países de ingresos altos.

\* Incluye la carga de morbilidad por desnutrición proteica-calórica (MPC) y las consecuencias sólo en niños menores de cinco años.

Fuente: OMS (2019a, tabla 2, pág. 44).

## 5.3 Riesgos para la salud asociados con el cambio climático

El Acuerdo de París de 2015 concluyó que el cambio climático ya está afectando a la salud humana, con una exposición y vulnerabilidad cada vez mayores registradas en todo el mundo. Además, el calentamiento de incluso 1.5°C, no se considera seguro para la salud humana. Se espera que la salud física y mental de las poblaciones más desfavorecidas, vulnerables y pobres, se vea afectada desproporcionadamente. Por lo tanto, el cambio climático se considera como un multiplicador de la pobreza, lo que podría empujar a 100 millones de personas a la pobreza extrema para 2030 (OMS, 2018b).

***El cambio climático ya está afectando a la salud humana, con una exposición y vulnerabilidad cada vez mayores registradas en todo el mundo***

Los impactos directos del cambio climático en la salud, incluyen los efectos fisiológicos de la exposición a temperaturas más altas, el aumento en la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares y lesiones; así como la muerte debido a fenómenos meteorológicos extremos como sequías, inundaciones, olas de calor, tormentas e incendios forestales. Los efectos indirectos sobre la salud se derivan de cambios ecológicos, como la inseguridad alimentaria e hídrica y la propagación de enfermedades infecciosas sensibles al clima, y también de las respuestas sociales al cambio climático, como el desplazamiento de la población y la reducción del acceso a servicios de salud. Los impactos en la salud mental después de fenómenos meteorológicos extremos, desplazamientos relacionados con el clima, inmigración y pérdida de cultura, pueden ser de por vida. Dado que los efectos indirectos del cambio climático pueden ser el resultado de largas rutas causales, son particularmente difíciles de anticipar o prevenir (OMS, 2018b).

Las enfermedades relacionadas con el agua, provocadas por el cambio climático a través del agua, son principalmente aquellas transmitidas por alimentos, agua y vectores (con desafíos particulares en caso de inundación), así como las muertes y lesiones asociadas con las inundaciones y sequías costeras y de tierras del interior. Los impactos en la salud también pueden ocurrir debido a una mayor exposición a patógenos, toxinas o químicos en el agua potable, y a la desnutrición en caso de que los cultivos fallen (OMS, 2017). Los impactos en la salud afectarán desproporcionadamente a las personas que trabajan en ocupaciones en las que experimentan una mayor exposición diaria a estos peligros, incluido el trabajo agrícola (OIT, 2016).

En la Tabla 5.3 se resumen las principales rutas causales por las que las exposiciones relacionadas con la variabilidad y el cambio climáticos, determinan los impactos en la salud, principalmente a través de la calidad y cantidad del agua potable. Los Planes de seguridad Hídrica (PSA) resilientes al clima tienen el potencial de contribuir a reducir las tasas de enfermedades, al mitigar estos efectos.

Existe mucha incertidumbre en torno a la cuantificación de la carga adicional de morbilidad asociada al cambio climático, debido a la variabilidad de los escenarios climáticos y al efecto mediador de las respuestas sociales (OMS, 2018b). Sin embargo, está claro que el cambio climático posiblemente desacelerará o mermará el progreso en el acceso al agua y saneamiento gestionados de forma segura, y conducirá a un uso ineficaz de los recursos si el diseño y la gestión de los sistemas son resilientes al clima. Por extensión, los progresos en la eliminación y el control de las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento también se verán ralentizados o mermados por el cambio climático. Las estimaciones anteriores de los cambios en las enfermedades asociadas con el cambio climático para 2030, en comparación con los niveles de 2000, apuntan a un aumento del 10% de riesgo de diarrea en algunas regiones (McMichael et al., 2004). Además, incluso las pérdidas relativamente pequeñas de cobertura de agua y saneamiento a nivel comunitario, debido a la mala resiliencia climática, podrían tener efectos desproporcionados en la salud humana. En el caso del saneamiento en particular, un pequeño número de hogares con letrinas que se inundan periódicamente, por ejemplo, pueden contaminar a toda la comunidad, potencialmente exponiendo a toda la colectividad, incluso si su propio inodoro no se vio afectado. Por lo tanto, garantizar servicios de agua y saneamiento resistentes al clima para comunidades enteras, será fundamental para proteger la salud pública (OMS 2018a; Wolf et al., 2019). Además, es probable que las pérdidas relacionadas con el cambio climático en las precipitaciones y las aguas subterráneas, aumenten la demanda de aguas residuales como fuente de agua de riego. Mientras tanto, es probable que el aumento de las inundaciones y las sequías exacerbe la contaminación del agua por el desbordamiento de los sistemas de saneamiento durante las inundaciones y concentración de la

contaminación durante las sequías (HLPE, 2015). Esto probablemente conducirá a un mayor volumen de riego con menor calidad de agua, con aumentos proporcionales en las enfermedades transmitidas por alimentos, a menos que se implementen suficientes medidas de tratamiento y control en la granja y el mercado (Qadir, 2018).

La capacidad de los vectores para propagar enfermedades infecciosas se está acrecentando a medida que el aumento de la temperatura del agua aumentará la gama de lugares de reproducción favorables para ciertos vectores de enfermedades (como el paludismo, el dengue, el Nilo Occidental y la enfermedad de Lyme, así como las enfermedades tropicales desatendidas). Los insectos y los vectores animales pueden permitirles viajar a zonas como Europa y América del Norte, que antes eran demasiado frías para permitir la transmisión. Por ejemplo, la capacidad vectorial de los mosquitos, que son los principales responsables de la transmisión del dengue, ha aumentado aproximadamente un 10% desde la década de 1950 (OMS, 2018b). Este aumento del rango también se prevé para el paludismo en las regiones fronterizas con las zonas endémicas actuales, con cambios menores que se producen en las zonas endémicas actualmente. También se prevé que el cambio climático y el aumento de la población exacerben significativamente el impacto de las presas, que proporcionan lugares de reproducción de mosquitos, en la propagación del paludismo, en particular en el África Subsahariana (Kibret et al., 2016).

***El cambio climático  
posiblemente  
desacelerará o  
mermará el progreso  
en el acceso al  
agua y saneamiento  
gestionados de forma  
segura***

Los cambios ecológicos debidos a los cambios provocados por el clima en la disponibilidad de agua, pueden causar inseguridad alimentaria y desnutrición. La variación climática y los extremos se encuentran entre las principales causas de las crisis alimentarias graves, y el efecto acumulativo está socavando todas las dimensiones de la seguridad alimentaria, incluida la disponibilidad, el acceso, el uso y la estabilidad. Se estima que la desnutrición es una de las mayores amenazas para la salud resultantes del cambio climático. Se prevé que entre 540 y 590 millones de personas estarán desnutridas con un calentamiento de 2°C, y que los jóvenes y los ancianos se verán particularmente afectados. El aumento de las temperaturas, las inundaciones y las sequías también afectan a la seguridad de los alimentos. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas puede incrementar los niveles de patógenos en las fuentes de alimentos (como la ciguatera en los peces) y en los alimentos en sí, mientras que las inundaciones aumentan el riesgo de que los patógenos se propaguen del ganado (OMS, 2018b).

Se prevé que los cambios proporcionales estimados en el número de personas muertas o heridas en marejadas de tormenta y las grandes inundaciones costeras ocasionen impactos agudos en la salud (p. ej., lesiones y ahogamientos,) y las inundaciones de tierra interior aumenten en una proporción similar a los afectados por desnutrición (OMS, 2018b). Los aumentos en la eutrofización y las floraciones de algas nocivas (HAB) causados por temperaturas cálidas del agua son de particular preocupación. La exposición a cianotoxinas de HAB a través del agua potable, peces y actividades recreativas, causa intoxicación aguda o crónica en seres humanos y animales (CRS, 2018). Un estudio reciente indica que los brotes de intoxicación por cianotoxinas se han vuelto más comunes en las últimas tres décadas (Trevino-Garrison et al., 2015).

Cuando la salud humana se ve comprometida, otros componentes del desarrollo se ponen en riesgo. Por ejemplo, cuando un adulto se enferma, no puede trabajar ni cuidar de los demás. Si les sucede a los jóvenes, no pueden asistir a la escuela y los padres pueden faltar al trabajo para cuidarlos. Mientras tanto, es probable que las facturas médicas se acumulen, cargando los ingresos del hogar. Por lo tanto, los hogares están retrocediendo económicamente e incluso enfrentando la migración económica (Capítulo 8) como consecuencia de lidiar con la carga sanitaria adicional del cambio climático. No establecer las conexiones entre el agua, el saneamiento y los ingresos, es uno de varios descuidos que llevaron a enfoques de desarrollo que ignoraron los mercados financieros como un aliado importante en el esfuerzo mundial para erradicar la crisis del agua y el saneamiento (Pories, 2016). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el acceso universal al agua potable y al saneamiento seguros, daría lugar a 170 mil millones de dólares de beneficios económicos cada año debido a la reducción de los costos sanitarios y al aumento de la productividad de la reducción de enfermedades (OMS, 2012).

**Tabla 5.3 Los impactos en la salud derivados de la variabilidad climática y exposiciones al cambio: vías causales**

Recursos hídricos y suministro de agua potable		
Exposiciones afectadas por el cambio climático	Impacto potencial sobre los recursos hídricos	Impactos potenciales en salud y otros
Aumento de las temperaturas medias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento acelerado, supervivencia, persistencia, transmisión y virulencia de patógenos transmitidos por el agua, agravado por la reducción de la estabilidad de los residuos de cloro.</li> <li>• Aumento en la formación de subproductos de desinfección.</li> <li>• Aumento de la evapotranspiración y disminución de la disponibilidad de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de los riesgos de enfermedades por patógenos, transmitidas por alimentos y agua.</li> <li>• Posible aumento del riesgo de cáncer por exposición a largo plazo a subproductos de desinfección.</li> <li>• Impactos similares a los de las sequías.</li> </ul>
Aumento de sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor disponibilidad de agua para el lavado, la cocción y la higiene, lo que aumenta la exposición a la contaminación transmitida por el agua.</li> <li>• Aumento de la concentración de contaminantes cuando las condiciones son más secas. Esto preocupa en las fuentes de aguas subterráneas que ya son de baja calidad, por ejemplo en ciertos lugares de la India y Bangladesh, América del Norte y América Latina, y África, donde las concentraciones de arsénico, hierro, manganeso y flúor son a menudo problemáticas.</li> <li>• La reducción del nivel freático de agua subterránea y los flujos de agua superficial pueden causar que los pozos se sequen, aumentando las distancias que se deben recorrer para obtener agua (potencialmente insegura) y aumentando la contaminación de las fuentes hídricas.</li> <li>• Las bajas precipitaciones pueden aumentar la reproducción de vectores al ralentizar el flujo de los ríos.</li> <li>• Disminución de la seguridad alimentaria debido a la menor producción de alimentos en los trópicos; menor acceso a los alimentos debido a la reducción de la oferta y el aumento de los precios.</li> <li>• El aumento en la construcción de presas, para adaptarse a sequías más frecuentes, puede intensificar la transmisión y cambiar los patrones de infección por paludismo (Kibret et al., 2015).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la carga por enfermedades transmitidas por alimentos y por el agua.</li> <li>• Fluoruro: fluorosis dental y esquelética.</li> <li>• Arsénico: cambios en la piel (cambios de pigmentación, hiperqueratosis), cáncer (piel, vejiga, pulmón), etc.</li> <li>• Hierro y manganeso: agua decolorada, sabor desagradable.</li> <li>• Mayor riesgo de impactos en la salud asociados con la desnutrición, como consecuencia de la interacción entre una menor producción e ingesta de alimentos en regiones pobres, así como mayores tasas de enfermedades infecciosas.</li> <li>• Efectos combinados de la desnutrición y las enfermedades infecciosas; efectos crónicos del retraso en el crecimiento y el desperdicio en los niños.</li> </ul>
Eventos de precipitaciones más extremas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La falta de agua para higiene, daños causados por las inundaciones a las infraestructuras de agua y saneamiento, y contaminación de los recursos hídricos por desbordamiento.</li> <li>• Eventos de lluvias más intensos y escorrentía de las tormentas, causando una mayor carga de patógenos, químicos, y sedimentos suspendidos en aguas superficiales.</li> <li>• Inundaciones causantes de desbordamientos y contaminación derivada de los sistemas de alcantarillado, en particular donde la infraestructura es mala.</li> <li>• Incrementos a largo plazo en las precipitaciones causando elevación de los niveles de aguas subterráneas, lo que puede disminuir la eficiencia de los procesos naturales de purificación.</li> <li>• El incremento de aguas superficiales puede expandir los sitios de reproducción de vectores, al mismo tiempo que el aumento de precipitaciones puede favorecer el crecimiento de vegetación y permitir la expansión del número de huéspedes vertebrados.</li> <li>• Las inundaciones también pueden obligar a los huéspedes vertebrados a acercarse y mayor contacto con los humanos.</li> <li>• Grandes precipitaciones pueden reducir el número de insectos vectores y de huéspedes intermediarios de enfermedades infecciosas (p. ej. esquistosomiasis) al enjuagar larvas en el agua estancada sacándolas de su hábitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de los riesgos de enfermedades alimentarias y transmitidas por el agua y de exposición a sustancias químicas potencialmente tóxicas.</li> <li>• Aumento o disminución del riesgo de enfermedades transmitidas por vectores, dependiendo de la ecología local.</li> </ul>

Recursos hídricos y suministro de agua potable		
Exposiciones afectadas por el cambio climático	Impacto potencial sobre los recursos hídricos	Impactos potenciales en salud y otros
Temperaturas más elevadas del agua dulce (con una menor concentración de oxígeno y con mayor concentración de nutrientes, tales como fósforo, y otros factores)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio de las distribuciones geográficas y estacionales de patógenos, p. ej. <i>Vibrio cholerae</i> y <i>Schistosoma</i> spp.</li> <li>Aumento en la formación de floraciones de algas nocivas (cianobacterias y otras bacterias) en agua dulce.</li> <li>Condiciones más favorable para el crecimiento microbiano y la proliferación que viene asociada con patógenos relacionados con el agua.</li> <li>El agua más cálida y menos oxigenada puede aumentar la liberación de nutrientes bentónicos (p. ej. fósforo), a su vez promoviendo una actividad más elevada del fitoplancton, y liberar metales (p. ej., hierro y manganeso) de los sedimentos del lago hacia los cuerpos de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos, por el agua y enfermedades con base en agua, como el cólera y la esquistosomiasis.</li> <li>Daño hepático, promotor tumoral, neurotoxicidad, toxicidad dermatológica y respiratoria (efectos a largo plazo dependiendo de la toxina a la que se estuvo expuesto).</li> <li>Sabor y olor desagradables.</li> <li>Impacto en la productividad de los ecosistemas hídricos con efectos sobre el suministro de alimentos y la seguridad.</li> </ul>
Elevación del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las zonas costeras que experimentan un aumento del nivel del mar pueden volverse inhabitables e influir en el desplazamiento de la población.</li> <li>El aumento del nivel del mar que eleva la salinidad de los acuíferos costeros, donde también se espera que disminuya la recarga de aguas subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, impactos en la salud por consumo elevado de sal en enfermedades no transmisibles.</li> </ul>
Saneamiento y gestión de aguas residuales		
Impacto del cambio climático	Ejemplo de impacto en el saneamiento	Ejemplos de efectos asociados a la salud
Precipitaciones más intensas (conducentes a eventos de lluvia extrema, inundaciones, deslaves, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundación de sistemas in situ que causan derrames, desbordamiento y contaminación ambiental (p. ej. en suministros de agua, crecida, aguas superficiales, suelo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua y los vectores y propagación de la resistencia a los antimicrobianos.</li> <li>Aumento de los riesgos de impactos en la salud asociados con la desnutrición.</li> </ul>
Disminuciones en el largo plazo en las lluvias y escorrentía (que conllevan p. ej. sequías en el largo plazo, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del suministro de agua que impida la función de los sistemas de saneamiento que dependen del agua (p. ej. inodoros, alcantarillado).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua y los vectores (p. ej. debido a la falta de agua para la limpieza, lo que resulta en malas condiciones sanitarias y una higiene deficiente).</li> <li>Aumento de los riesgos asociados con la desnutrición como resultado de la interacción con la disminución de la producción de alimentos y su ingesta en regiones pobres, y el aumento de las enfermedades asociadas con la desnutrición.</li> <li>Aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua y los vectores relacionados con el uso de aguas residuales no tratadas para la producción de alimentos.</li> </ul>
Temperaturas más altas (que conllevan p. ej. temperaturas más cálidas de las aguas superficiales y del suelo, olas de calor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompostura, avería o inaccesibilidad a los sistemas de saneamiento que desincentivan comportamientos seguros de saneamiento (p. ej. fuertes olores durante las olas de calor que disuaden el uso de letrinas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en la salud resultantes del uso inseguro o la no utilización de sistemas de saneamiento (p. ej. condiciones físicas o mentales derivadas de la necesidad suprimida de orinar/defecar).</li> </ul>

Fuente: Basado en la OMS (2017; 2019b).



## 5.4 Alternativas de respuesta para el abastecimiento de agua y saneamiento

Ante el cambio climático, el cumplimiento de las metas de salud, nutrición y agua de los ODS, requerirán intervenciones sectoriales pero también coordinadas y vinculadas (Ringler et al., 2018). La adaptación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, es fundamental para evitar los posibles riesgos para la salud asociados con el cambio climático. En el caso del saneamiento, la elección de las instalaciones de saneamiento in situ, las tecnologías de tratamiento de aguas residuales y la forma en que se gestionan, también pueden desempeñar un papel en la mitigación (OMS/DFID, 2009).

***La adaptación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, es fundamental para evitar los posibles riesgos para la salud asociados con el cambio climático***

Las medidas de adaptación para hacer que los sistemas de agua y saneamiento sean más resistentes al clima pueden considerarse en el marco de seis componentes fundamentales de los sistemas de salud: políticas y gobernanza, financiación, prestación de servicios, tecnologías e infraestructura, mano de obra y sistemas de información (incluidos el monitoreo, la vigilancia y la investigación) (OMS, 2015c). Medidas como los sistemas de recopilación y monitoreo de datos, planes de respuesta y rehabilitación ante desastres y programas de cambio de comportamiento, pueden apoyar una adaptación eficaz. La mejora de los mecanismos de financiación para los prestadores de servicios de agua y saneamiento que faciliten la capacidad de estas entidades para construir reservas de emergencia, los dejaría mejor preparados para responder a los eventos climáticos. En la Tabla 5.4 se resumen ejemplos de medidas clave de adaptación y mitigación. En el capítulo 3 se detallan medidas adicionales de adaptación y mitigación del sector del agua.

Si bien muchas de las responsabilidades para la aplicación de las alternativas de adaptación están fuera de los ministerios de salud, el sector de la salud debe cumplir sus funciones básicas dentro de la prestación de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Una de estas funciones es contribuir a la coordinación del sector y garantizar que la protección a la salud se incluyan en las normas y estándares. Otra función principal es incorporar los riesgos climáticos relacionados con el agua y el saneamiento a las políticas sanitarias, sistemas de vigilancia de la salud y actividades de promoción de la salud, en los cuales el agua y el saneamiento son necesarios para la prevención primaria de enfermedades y para la reducción del uso de antimicrobianos.

Un aspecto en el que el sector de salud tiene plena responsabilidad, es la resiliencia climática de los centros de salud, incluidos el suministro de agua resiliente y servicio de saneamiento dentro de éstos. El sector también es responsable de garantizar la preparación de los centros de salud para manejar la carga adicional de pacientes asociadas con eventos extremos, y de adaptarse a los lentos cambios en la carga de morbilidad asociados con el cambio climático.

Para planificar y adoptar la combinación más rentable de soluciones, será fundamental desarrollar modelos y marcos de análisis de escenarios que permitan una mejor comprensión de las fuentes de la carga de morbilidad local, así como de los posibles cambios futuros como resultado del cambio climático, informar sobre la gestión de los recursos hídricos resiliente al clima y la gestión de los recursos hídricos que proteja a la salud (Hofstra et al., 2019).

**Tabla 5.4 Medidas clave de adaptación y mitigación organizadas por los pilares del sistema de salud**

Categoría	Ejemplo
Políticas y gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y estrategias nacionales informadas por WASH y evaluaciones de vulnerabilidad sanitaria para garantizar la sostenibilidad de las inversiones (OMS, 2018a).</li> <li>• Incorporación del enfoque “Una Salud”, que aborda los determinantes humanos, animales y ecológicos de la salud.</li> </ul>
Financiación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar enfoques de gestión de riesgos para identificar el costo de los riesgos adicionales relacionados con el clima e integrarlos en los planes de financiación del agua y la salud, así como en los planes de operación y financiación de infraestructuras de abastecimiento de agua y saneamiento (OMS, 2018a).</li> <li>• Las actividades de inclusión financiera que proporcionan crédito y/o seguro a los hogares de bajos ingresos, pueden permitir que las víctimas de eventos climáticos intensos se recuperen más fácilmente de la destrucción de casas o cultivos.</li> </ul>
Prestación de servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de enfoques de gestión de riesgos de agua y saneamiento informados en cuanto al clima a nivel local, p. ej. planificación de la seguridad del agua resiliente al clima (ver OMS, 2017, tabla 3, pág. 35 para ejemplos de peligros y medidas de control) y la planeación de seguridad del saneamiento resiliente al clima (ver OMS, 2016 y 2018b, tabla 3.6, pág. 54 para opciones de adaptación del sistema de saneamiento), implementado por los prestadores de servicios y municipios.</li> <li>• Abordar la escasez de agua mediante el uso seguro de las aguas residuales en la agricultura y recarga de aguas subterráneas.</li> </ul>
Tecnologías e infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigación de las emisiones procedentes del saneamiento y el tratamiento de las aguas residuales, p. ej., emisiones de letrinas y planes de tratamiento de aguas residuales; potencial para la recuperación de energía y biogás.</li> <li>• Fortalecer la resiliencia de los sistemas de salud, agua y saneamiento, p. ej. WASH resiliente al clima en instalaciones de servicios de salud, preparados para las admisiones relacionadas con el clima, y tecnologías de agua y saneamiento resilientes al clima (OMS, 2018a).</li> </ul>
Fuerza laboral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la fuerza de trabajo adecuada para los servicios de agua y saneamiento y toma de conciencia de los trabajadores.</li> <li>• Capacitación y protección para prevenir enfermedades y lesiones relacionadas con el lugar de trabajo, por riesgos climáticos (OIT, 2016; OMS, 2018b).</li> </ul>
Sistemas de información (incluyendo monitoreo y vigilancia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar que los sistemas de monitoreo y vigilancia de la salud incluyan datos sobre el acceso y el uso de los servicios de agua y saneamiento y que se analicen en conjunto con los datos sobre el clima, para documentar la adaptación de los programas de salud y la prestación de servicios de agua y saneamiento (OMS, 2018b).</li> <li>• Fortalecer los programas de monitoreo y vigilancia de agua potable, de riego y de uso recreativo, especialmente durante fenómenos meteorológicos extremos y desastres relacionados con el agua (OMS, 2018a).</li> </ul>
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar y abordar los principales vacíos de conocimientos en la interfaz del agua, el cambio climático y la salud humana, incluida la cantidad de agua y modelos de calidad, para anticipar, cambiar y planificar servicios resistentes al clima (Hofstra et al., 2019).</li> </ul>

Fuente: Autores.



# 6

## Agricultura y seguridad alimentaria



Comunidades usaron terrazas en colinas y valles, durante la estación seca, para poder retener el mantillo, nutrientes y agua (Ruanda).

*Este capítulo destaca los casos donde se espera que los vínculos tierra-agua se hagan evidentes en términos de impactos climáticos y en dónde los enfoques prácticos para la gestión de la tierra y del agua ofrecen posibilidades tanto para la adaptación al clima como para la mitigación a través de la agricultura. También proporciona una perspectiva agrícola desde la cual seguir involucrando a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en términos de gestión del agua.*

## 6.1 Introducción

El clima es un recurso para la agricultura. Los sistemas humanos de producción de cultivos, ganadería, acuicultura de agua dulce y pesca cercana en la costa, se han adaptado a las distribuciones de temperatura y precipitación a lo largo de milenios. En este sentido, la exposición de la agricultura a los riesgos de las variaciones diarias en el clima, los patrones a largo plazo de los cambios de la temperatura y las precipitaciones estacionales e interanuales son bien reconocidos por los agricultores y los comerciantes de mercancías. Lo que preocupa es la creciente tasa y magnitud de estos cambios y las perspectivas de nuevos cambios en los próximos 50 a 100 años, en particular para los pobres rurales que no tienen alternativa a la agricultura para mantener sus medios de subsistencia.

A pesar de que el sistema alimentario mundial ha logrado en general satisfacer la creciente demanda de calorías, 821 millones de personas (o el 11% de la población mundial) siguen estando gravemente desnutridas y este número está aumentando en términos absolutos. Si bien el impacto de los choques abruptos relacionados con el clima es generalmente reconocido, la pobreza crónica, la asimetría económica y la lejanía del mercado, han hecho que los productores rurales sean vulnerables a los cambios climáticos a largo plazo. Las tendencias de sequía, las temperaturas nocturnas elevadas, la incidencia de heladas o el aumento de la humedad relativa tendrán impactos a largo plazo en las funciones agroecológicas, además de los choques climáticos a corto plazo. Esta interrupción de los patrones de producción de alimentos no siempre se sustituye por la oferta alternativa (importada) a precios asequibles, y los sistemas de distribución de ayuda alimentaria no siempre son capaces de satisfacer la demanda de calorías básicas y suplementos nutricionales. Por lo tanto, se espera que el aumento de la variabilidad y los extremos climáticos amenacen la seguridad alimentaria, incluido el acceso de las personas a dietas saludables y nutritivas (FAO/FIDA/UNICEF/PMA (WFP)/OMS, 2018).

En el marco del cambio climático, los retos específicos de la gestión del agua agrícola son dobles. El primero es la necesidad de adaptar las formas de producción existentes para hacer frente a una mayor incidencia de escasez de agua (física y económica) y exceso de agua (protección frente a inundaciones y drenaje). El segundo es responder a las políticas para impulsar el "descarbonizar" la agricultura a través de medidas de mitigación que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mejoren la disponibilidad del agua. El papel de la gestión del agua agrícola es fundamental para la respuesta adaptativa de la agricultura, permitiendo ciclos flexibles de producción de cultivos industriales y algunos alimentos básicos, en particular el arroz. La gestión de la humedad en los suelos de secano también es crucial para mantener la estructura del suelo y promover el crecimiento de las raíces y el establecimiento de plantas para retener el carbono.

La escala global de estos desafíos no es trivial. Se estima que la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra, el "sector" AFOLU (por sus siglas en inglés) bautizado así por el Grupo Intergubernamental de



Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), representan el 23% de las emisiones totales de GEI antropogénicas para el período 2007-2016 (IPCC, 2019 b). Las estadísticas agrícolas notificadas (FAOSTAT, s.f.) indican que para 2016, el 37% (48.7 millones de km<sup>2</sup>) del área total de tierra (130.1 millones de km<sup>2</sup>) estaba bajo algún tipo de gestión agrícola. Esto incluye tierras cultivadas, cultivos permanentes, pastos y humedales gestionados. La tasa a la que se está produciendo la conversión del uso de la tierra y la tendencia de los insumos agrícolas de mayor intensidad en la tierra (fertilizantes inorgánicos en particular), establecen un nivel alto para la adoptar medidas de adaptación sostenibles y medidas de mitigación eficaces, que son cruciales para que el sector haga una contribución positiva a la consecución de los objetivos climáticos.

Se han elevado los resultados ambientales perjudiciales del actual sistema de producción de alimentos, en particular en lo que respecta a las emisiones, la pérdida de biodiversidad y el agotamiento de los recursos naturales, como parte de los llamados "límites planetarios" (Springmann et al., 2018; Willet et al., 2019). Dados estos límites establecidos de tierras y agua, las iniciativas mundiales en la intensificación sostenible de la agricultura, el mantenimiento de los niveles de crecimiento de la producción agrícola, al tiempo que se reducen el crecimiento de los insumos y los niveles de emisión, ya están en evidencia bajo el término hiperónimo de "Agricultura Climáticamente Inteligente" (CSA por sus siglas en inglés) (Cuadro 6.1).

**Todavía hay 2.1 mil millones de pobres y 767 millones de personas que viven en la pobreza extrema, el 80% de las cuales viven en zonas rurales**

CSA es un conjunto reconocido de enfoques bien informados para la gestión de la tierra y el agua, la conservación del suelo y la práctica agronómica, que anticipan la variabilidad climática, pueden retener carbono y reducir las emisiones de GEI. En muchos casos, se trata de prácticas agrícolas de conservación bien establecidas (Corsi, 2019) que se pueden empaquetar para retener la estructura del suelo, la materia orgánica y la humedad en condiciones más secas, pero también incluyen técnicas agronómicas (incluyendo riego y drenaje) para ajustar o ampliar los calendarios de cultivo para adaptarse a los cambios climáticos estacionales e interanuales. La flexibilidad que ofrecen el riego y el drenaje hacen de cultivos temporales y permanentes. Sin embargo, esta flexibilidad puede tener un costo en términos de agotamiento de los recursos hídricos locales y deterioro de la calidad del agua. También deben tenerse en cuenta las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para la escasez de agua y el deterioro de la calidad del agua. Estos incluyen una restauración del entorno como parte de la práctica agrícola (WWAP/ONU-Agua, 2018).

Todavía hay 2.1 mil millones de pobres y 767 millones de personas que viven en la pobreza extrema, el 80% de las cuales viven en zonas rurales, con la distribución mundial de la pobreza muy sesgada (95% de los pobres rurales) hacia África subsahariana y South/Sureste Asia (Banco Mundial, 2016b). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que unos 475 millones de pequeñas explotaciones (de hasta 2 ha de tamaño) producen cultivos de subsistencia y efectivo en sólo el 12% de las tierras de cultivo mundiales (FAO, 2015b).

Se espera que el cambio climático aumente la incidencia de la pobreza rural. Incluso los pequeños cambios en la estacionalidad pueden provocar la inseguridad alimentaria (a medida que aumentan los precios de los alimentos) y también dar lugar a un aumento de la incidencia de enfermedades vegetales, animales y humanas. La incorporación de tales perturbaciones relacionadas con el clima puede entonces reducir progresivamente los ingresos rurales y el crecimiento económico, comprometiendo severamente el acceso de los pobres rurales a la tierra, el agua, los bosques y los recursos pesqueros. Con la reducción general de su base de activos primarios, la resiliencia a largo plazo de los pobres rurales, disminuye (FAO, 2019).

Se espera que los impactos combinados de los cambios en la temperatura y la incidencia del clima extremo en las zonas tropicales empujen a estas poblaciones, ya vulnerables, a la pobreza extrema o fuera de la agricultura por completo. Como tal, el cambio climático es reconocido como un obstáculo para poner fin a la pobreza rural. El 80% de los efectos de la sequía son absorbidos por los productores rurales, la presión sobre los recursos hídricos locales y la dependencia de la tecnología de elevación de agua en particular, aumentarán (FAO, 2019).

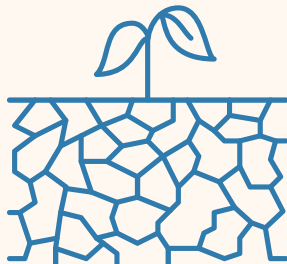


## Cuadro 6.1 Clima-Agricultura Inteligente

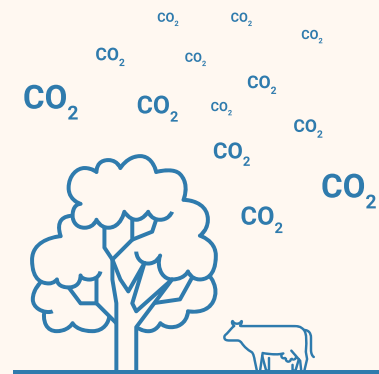
Aumentar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas



Adaptar y desarrollar la resiliencia al cambio climático



Reducir y/o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero siempre que sea posible



Fuente: Basado en la FAO (2017b).

"Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA) es un enfoque para desarrollar las acciones necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas a fin de apoyar eficazmente el desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el marco del cambio climático. CSA tiene como objetivo abordar tres objetivos principales: aumentar de manera sostenible la productividad y los ingresos agrícolas; adaptar y fomentar la resiliencia al cambio climático; y reducir y/o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre que sea posible." (FAO, s.f.a).

"CSA no es un conjunto de prácticas que se pueden aplicar universalmente, sino más bien un enfoque que implica diferentes elementos incrustados en la granja y más allá de la granja e incorpora tecnologías, políticas, instituciones e inversiones." (FAO, 2017 b).

Las medidas de adaptación seleccionadas incluyen:

- Mojado alternado y secado del arroz de regadío;
- Intercultivos para reducir las temperaturas del dosel;
- Gestión de plagas inteligente en cuanto al clima;
- Herramientas de gestión de riesgos basadas en índices.

Las medidas de mitigación seleccionadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) incluyen:

- Bombeo con energía solar para reducir los insumos de energía a base de petróleo y las emisiones conexas;
- Gestión de nutrientes específica en el sitio para reducir el insumo de fertilizantes inorgánicos y aumentar la retención de materia orgánica del suelo (carbono).

Las medidas con co-beneficios incluyen:

- Técnicas de agricultura de conservación\* para aumentar la fijación de carbono del suelo, retener la humedad del suelo y evitar la perturbación del suelo;
- Gestión de la fertilidad del suelo para reducir las emisiones de GEI de los fertilizantes inorgánicos, para mejorar la capacidad de retención de agua.

Información adicional sobre CSA se puede encontrar en línea, en:

- Libros de consulta y de educación en línea<sup>1</sup> ;
- Compendios relacionados<sup>2</sup>.

\*La agricultura de conservación es un sistema de cultivo que promueve el mantenimiento cobertura permanente del suelo, la mínima perturbación del suelo (es decir, sin labranza, perforación de semillas) y la diversificación de las especies vegetales. Mejora la biodiversidad y los procesos biológicos naturales por encima y por debajo de la superficie del suelo, contribuyendo así a aumentar la eficiencia del uso de agua y nutrientes y a una mejor y sostenida producción de cultivos" (FAO, s.f.b)

<sup>1</sup> Para más información, consulte <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/es/>.

<sup>2</sup> Para más información, consulte [www.fao.org/gacsa/resources/gacsa-csa-documents/en/](http://www.fao.org/gacsa/resources/gacsa-csa-documents/en/).

Por lo tanto, es significativo que las interacciones clima-tierra y la gestión agrícola en la generación o compensación de emisiones de GEI, sean objeto de un Reporte Especial del IPCC sobre el cambio climático y la tierra (IPCC, 2019b). También es significativo que la gestión del agua agrícola sea ahora una parte explícita de las negociaciones sobre el clima, habida cuenta de los compromisos contraídos en virtud de la Decisión 4/CP.23 la labor Conjunta de Koronivia sobre la Agricultura (CMNUCC, 2017) (Cuadro 6.2).

## 6.2 Impactos climáticos y la línea de base agrícola: diferencia entre shock y tendencias

Se espera que el efecto inmediato del calentamiento global en la aceleración del ciclo hidrológico y el aumento de la potencia evaporativa de la atmósfera, redunde en una mayor demanda de recursos hídricos, ya que el sector agrícola se esfuerza por mantener el ritmo del crecimiento de la demanda de producción (FAO, 2011b). La gama de impactos climáticos en la agricultura y las implicaciones para la gestión del agua agrícola, se han establecido en una tipología global que indica la vulnerabilidad relativa y adaptabilidad en los principales sistemas agrícolas (Tabla 6.1), incluidas las zonas sensibles al riesgo que se destacan en el prólogo. Las opciones de respuesta de gestión del agua indican la gama de enfoques adaptativos aplicables a cada caso.

En general, se pueden prever los impactos de las distribuciones cambiantes de la temperatura y adoptar enfoques de adaptación a largo plazo sobre la base de proyecciones del modelo climático. Sin embargo, el aumento de la volatilidad de las precipitaciones y las lluvias en particular (intensidad, duración y frecuencia), desafía las respuestas adaptativas en algunos de los sistemas agrícolas más productivos. También impide los intentos de incorporar la humedad atmosférica en los Modelo de Circulación General (MCG). La gama de tensiones de agua modeladas atribuidas a la extracción de agua agrícola en el Informe Especial del IPCC sobre la tierra es ilustrativo de la incertidumbre asociada a las diversas proyecciones modelo que se han evaluado (IPCC, 2019b). No obstante, el calentamiento global, combinado con una mayor variabilidad climática y un ciclo hidrológico acelerado, ofrecerá nuevas oportunidades agroclimáticas (p. ej., temporadas de cultivo prolongadas) para algunos, al tiempo que creará impedimentos para otros (p. ej., períodos prolongados o desplazados de déficit de humedad del suelo). Estos patrones cambiantes de producción se están originando en un contexto económico que se ve limitado por el estrechamiento de las opciones de recursos naturales y la competencia intersectorial por la tierra y el agua. La transformación estructural de la agricultura en general (las poblaciones trabajadoras que salen de

### Cuadro 6.2 Hacer visible el uso del agua agrícola en el proceso de Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

En la 23ª Conferencia de las Partes (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2017, COP23), las Partes adoptaron una decisión sobre los próximos pasos para la agricultura en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Conocida como La Labor Conjunta de Koronivia sobre la Agricultura (KJWA, por sus siglas en inglés), esta histórica decisión representa un importante paso adelante en las negociaciones en el seno de la CMNUCC relacionadas con la agricultura y la seguridad alimentaria.

Se invita a las Partes y a otros actores interesados a que colaboren en el marco de esta decisión para garantizar que el desarrollo agrícola garantice tanto un aumento de la seguridad alimentaria frente al cambio climático, como una reducción de las emisiones. La KJWA abordará seis temas en todos los sectores agrícolas relacionados con la seguridad alimentaria y los impactos socioeconómicos del cambio climático en el suelo, el ganado, los nutrientes y la gestión del agua.

La labor en el marco de la KJWA incorporará por primera vez el agua al proceso de negociación de la CMNUCC, ya que la "gestión del agua" en la agricultura no puede hacerse por separado de otros sectores. Por lo tanto, se aplicará un enfoque integrado de gestión de los recursos hídricos, lo que significa que los «otros usos de agua no agrícola» también se reflejarán en los debates.

la agricultura más la adopción de nuevas tecnologías) también influirán en los tipos y procesos de adaptación, así como en las oportunidades para la mitigación de los GEI.

La producción global de alimentos, fibras y cultivos industriales sigue creciendo ampliamente en línea con la demanda. Las proyecciones a mediano plazo para 2027 para la producción y el consumo agrícolas, sugieren una desaceleración general del crecimiento a medida que disminuye progresivamente la demanda (OCDE/FAO, 2018). Las proyecciones a más largo plazo para 2050 (FAO, 2017a) apuntan a mayores tasas de crecimiento de la demanda de calorías en los países de ingresos bajos y medianos, junto con un mayor riesgo de producción resultante de cambios incrementales en los regímenes climáticos y eventos extremos asociados, particularmente en Oriente Medio (FAO, 2017a). El impacto previsto del cambio climático en todos los aspectos de la producción agrícola se reconoce en estas previsiones macroeconómicas. El IPCC (2014a) y Ray et al. (2015) concluyen que hasta un tercio de la variabilidad del rendimiento de los cultivos mundiales puede explicarse por la variación climática, pero no ha sido posible cuantificar esos impactos de manera integral a través los modelos climáticos. Los cambios en la demanda de agua agrícola también siguen siendo difíciles de estimar. Por ejemplo, la evaluación de 2019 del IPCC sobre el clima y la tierra, apunta a una gama muy amplia de estimaciones modeladas para la demanda de agua de riego, desde una línea de base actual de alrededor de 2 500 km<sup>3</sup>/año en 2005 hasta entre 2 900 y 9 000 km<sup>3</sup>/año para el año 2100 (IPCC, 2019b).

En el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014a) se examinaron escenarios bajo la trayectoria de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés) del forzamiento climático previsto de grandes sistemas agroalimentarios. Esto sugiere que se requieran algunos cambios entre la producción de secano y de regadío para acomodar el impacto agregado de las limitaciones de agua y el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> (Elliot et al., 2014). Además, se estima que emergerán para 2040 cambios en los patrones de lluvia regionales que impacten la producción agrícola para cuatro cultivos principales: trigo, soja, arroz y maíz (Rojas et al., 2019). Esto apunta a cierta urgencia en la adopción de medidas de adaptación con co-beneficios de mitigación, con el fin de mantener los niveles de producción agrícola.

### 6.2.1 Demanda de agua agrícola

La tierra de riego, que es responsable del 69% de las extracciones mundiales de agua (AQUASTAT, 2014), es donde el impacto de las temperaturas elevadas y la aridez se sentirán más. Aunque la extensión actual de este tipo de tierra (alrededor de 3.3 millones de km<sup>2</sup>) representa sólo el 2.5% de la superficie total de la tierra (Figura 6.1), representa el 20% de la tierra cultivada y genera alrededor del 40% de la producción agrícola mundial (FAOSTAT, s.f.). También es donde el proceso de extracción, desvío, aplicación y drenaje de agua, puede producir un conjunto de externalidades ambientales a largo plazo, en particular el agotamiento de los acuíferos, la salinización del suelo y la contaminación por escorrentía y drenaje. Las estimaciones estadísticas de la zona atendida por aguas subterráneas están en el orden de 1 250 000 km<sup>2</sup> (Siebert et al., 2013), la mayor parte de los cuales se alimentan con energía no renovable. Esto se suma a la proliferación de bombeo energizado en los sistemas de riego superficial para distribución y drenaje.

El uso del agua por parte de la agricultura es el de mayor volumen a nivel mundial, pero la competencia de otros sectores está desacelerando el crecimiento de las asignaciones de agua dulce al sector agrícola. La línea de base mundial de las estadísticas agregadas notificadas para el año 2010 estimó retiros agrícolas de 2 769 km<sup>3</sup>/año, frente a un estimado de 2 300 km<sup>3</sup>/año en 1990 (AQUASTAT, 2014) (véase la figura 15).

La expansión e intensificación de la producción agrícola en tierras de regadío es el motor más importante de la demanda de agua agrícola, mientras que a nivel local, la agroforestería y el almacenamiento de agua para la ganadería y la acuicultura, también han afectado a las cuentas de agua de cuenca y captación. La Evaluación Integral de la Gestión del Agua en la Agricultura (2007) y el informe de Gestión de Sistemas en Riesgo (FAO, 2011a) apuntaron a la creciente evidencia del cierre de cuencas fluviales y la descomposición de los sistemas agrícolas a gran escala, como los deltas de regadío y las llanuras aluviales dependientes de las aguas subterráneas. En el caso de la producción de regadío, Hoogeveen et al. (2015) calculan un incremento en la evaporación por encima de las tasas naturales a 1 268 km<sup>3</sup>/año, lo que indica una eficiencia global de aplicación de riego de alrededor del 50% cuando se establece contra las extracciones de agua de 2 769 km<sup>3</sup>/año. Esta diferencia entre las extracciones de las aguas

**Tabla 6.1 Tipología de los impactos climáticos en la gestión del agua en los principales sistemas agrícolas**

Sistema	Estado actual	Impulsores del cambio climático	Vulnerabilidad	Adaptabilidad	Opción de respuesta
<b>1 Sistema de derretimiento de nieve</b>					
Indo	Altamente desarrollado, escasez de agua emergente. Restricciones de sedimentos y salinidad.	20 años de aumento de flujos, seguidos de reducciones sustanciales en la recarga de aguas superficiales y subterráneas. Alteración en la estacionalidad de los flujos, escorrentía y pico. Aumento de los flujos pico e inundaciones. Aumento de la salinidad. Declive de la productividad en lugares.	Muy alta (caudal del río): media alta (presas).	Margen de maniobra limitado (toda la infraestructura ya construida).	Gestión del suministro de agua: aumento del almacenamiento y drenaje del agua; mejor funcionamiento del embalse; cambio en los cultivos y el uso de la tierra; mejor manejo del suelo; gestión de la demanda de agua, incluida la gestión de las aguas subterráneas y el control de la salinidad.
Ganges Brahmaputra	Alto potencial para el uso de aguas subterráneas, problemas establecidos de calidad del agua. Baja productividad.		Alta (caída de aguas freáticas).	Mediana (todavía posibilidades para el desarrollo de aguas subterráneas).	
Norte de China	Escasez extrema de agua y alta productividad.		Alta (implicaciones globales, una alta demanda de alimentos con gran influencia en los precios).	Mediana (adaptabilidad está aumentando debido al aumento de la riqueza).	
Ríos Rojo y Mekong	Alta productividad, alto riesgo de inundación, baja calidad del agua.		Mediana.	Mediana.	
Río Colorado	Escasez de agua, salinidad.		Baja.	Mediana (presión excesiva sobre los recursos).	
<b>2 Deltas</b>					
Ganges Brahmaputra	Densamente poblado. Aguas subterráneas poco profundas, ampliamente utilizadas. Posible adaptación a las inundaciones; baja productividad.	Elevación del nivel del mar. Oleadas de tormentas y daño a la infraestructura. Mayor frecuencia de ciclones (este/sudeste Asiático); intrusión salina en las aguas subterráneas y ríos; aumento de la frecuencia de inundaciones. Posible aumento de la recarga de aguas subterráneas.	Muy alta (inundación, ciclones).	Pobre, excepto la salinidad.	Minimizar el desarrollo de la infraestructura; uso conjuntivo de las aguas superficiales y subterráneas; gestionar las zonas costeras.
Río Nilo	Delta depende en gran medida de la escorrentía y el almacenamiento en Asuán – posibilidad de desarrollo río arriba.		Alta (presión de la población).	Mediana.	
Río Amarillo	Escasez grave de agua.		Alta.	Baja.	
Río Rojo	Actualmente adaptada pero costosa riego de bombeo y drenaje.		Mediana.	Alta, salvo la salinidad.	
Río Mekong	Adaptado uso de aguas subterráneas del delta – sensible a Desarrollo río arriba.		Alta.	Mediana.	
<b>3 Trópicos semiáridos/áridos: derretimiento limitado de nieve/aguas subterráneas limitadas</b>					
Monzón: subcontinente indio	Baja productividad. Cuenca sobre desarrollada (aguas superficiales y subterráneas).	Aumento de las precipitaciones. Aumento de la variabilidad de las precipitaciones. Aumento de la sequía y las inundaciones. Temperaturas más altas.	Alta.	Baja (riego superficial); Mediana (irrigación de aguas subterráneas).	Dilema de almacenamiento; aumento en la recarga y uso de aguas subterráneas; agricultura de mayor valor (Australia).
No monzónico: África subsahariana	Suelos pobres; sistemas llamativos; sobreasignación de agua, la presión de la población en los lugares. Inseguridad alimentaria generalizada.	Aumento de la variabilidad de las precipitaciones. Aumentará la frecuencia de sequías e inundaciones. Menores precipitaciones, temperaturas más altas. Disminución de la escorrentía.	Muy alta. Disminución de los rendimientos de los sistemas alimentados por lluvias. Mayor volatilidad de la producción.	Baja.	
No-monzónico: Australia Meridional y Occidental	Sistemas llamativos; sobreasignación de agua; competencia de otros sectores.		Alta.	Baja.	

Sistema	Estado actual	Impulsores del cambio climático	Vulnerabilidad	Adaptabilidad	Opción de respuesta
<b>4 Trópicos húmedos</b>					
Arroz: sudeste Asiático	Riego superficial. Alta productividad pero estancada.	Aumento de las precipitaciones.	Alta.	Mediana.	Aumento del almacenamiento para la segunda y tercera temporada; seguros contra sequías e inundaciones; diversificación de cultivos.
Arroz: sur de China	Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Baja producción en comparación con el norte de China	Ligeramente aumento de las temperaturas. Aumento de la variabilidad de las lluvias y la episodios de sequías e inundaciones.	Alta.	Mediana.	
Arroz: norte de Australia	Ecología frágil.		Baja.	Alta.	
Sin arroz: riego de superficies o subterráneas			Mediana.	Mediana.	
<b>5 Zonas templadas</b>					
Norte de Europa	Agricultura y pastura de alto valor.	Aumento de las precipitaciones; temporadas de crecimiento más largas; aumento de la productividad.	Riego superficial: mediana; riego de aguas subterráneas: baja.	Riego superficial: baja; riego de aguas subterráneas: alta.	Potencial de nuevo desarrollo. Desarrollo de almacenamiento; drenaje.
Norte de América	Cultivo de cereales; riego de aguas subterráneas.	Reducción de la escorrentía, aumento del estrés hídrico.	Mediana.	Mediana.	Aumento de la productividad y los resultados; opciones limitadas de almacenamiento.
<b>6 Mediterráneo</b>					
Sur de Europa	Alta escasez de agua.	Significativamente menores precipitaciones y temperaturas más altas, aumento del estrés hídrico, disminución de la escorrentía.	Mediana.	Baja.	Riego localizado, transferencia a otros sectores.
Norte de África	Alta escasez de agua.		Alta.	Baja.	Riego localizado, riego suplementario.
<b>7 Islas pequeñas</b>					
Islas pequeñas	Ecosistemas frágiles; agotamiento de las aguas subterráneas.	Elevación del nivel del mar; intrusión de agua salada; aumento de la frecuencia de ciclones y huracanes.	Alta.	Variable.	Control del agotamiento de las aguas subterráneas; gestión de la demanda de agua.

Fuente: FAO (2011b, tabla 4.2, págs. 73–74).

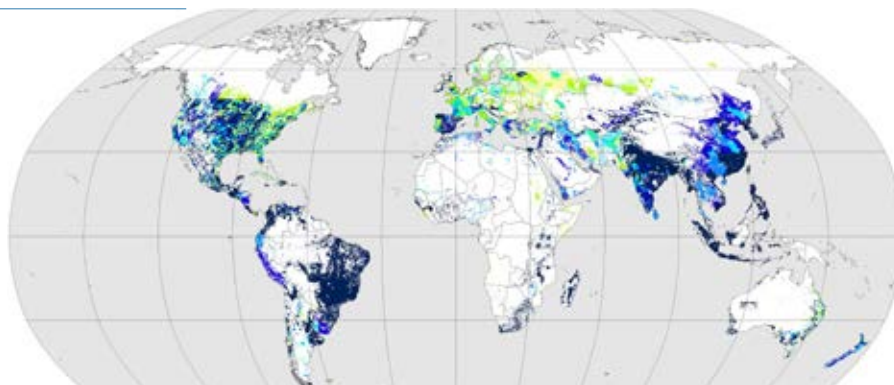
superficiales y subterráneas y los volúmenes consumidos a través de la evaporación beneficiosa (transpiración, enfriamiento y supresión de la hierba) se recicla a través de flujos de retorno o recarga de acuíferos, o se pierde por la evaporación no beneficiosa de los canales y el almacenamiento fuera de línea o los márgenes drenados de los sistemas de riego. Mientras que la gestión de la tierra de secano (incluyendo pastos) tiene generalmente efectos neutros en los procesos de evaporación, el impacto en los procesos de escorrentía y recarga directa puede ser significativo si la estructura del suelo se pierde a través de labranza y compactación, perdiendo infiltración y capacidad de retención de humedad del suelo.

Las tasas anuales de crecimiento de las zonas equipadas para el riego se han desacelerado, como indican las estadísticas agrícolas hasta 2016 (Seibert et al., 2015; FAO, 2017a). Aun así, el crecimiento es positivo y dentro de esta zona en expansión, la intensificación del consumo de agua es evidente a medida que aumentan las intensidades de cultivo y se adoptan tecnologías de riego, incluidos los métodos presurizados de goteo y aspersores, donde se adaptan a los cultivos de campo y a las condiciones de cultivo. Sin embargo, las suposiciones de que la adopción de la tecnología de riego dará lugar a una reducción de las extracciones de agua parecen ser infundadas. Las pruebas de las iniciativas nacionales

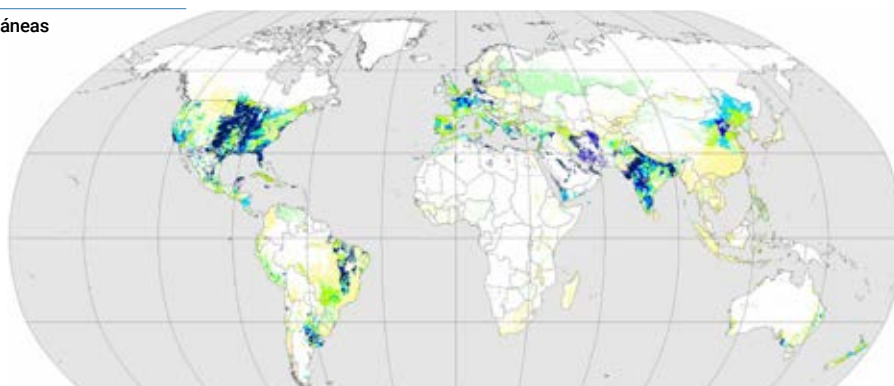


**Figura 6.1** Porcentaje del área equipada para riego

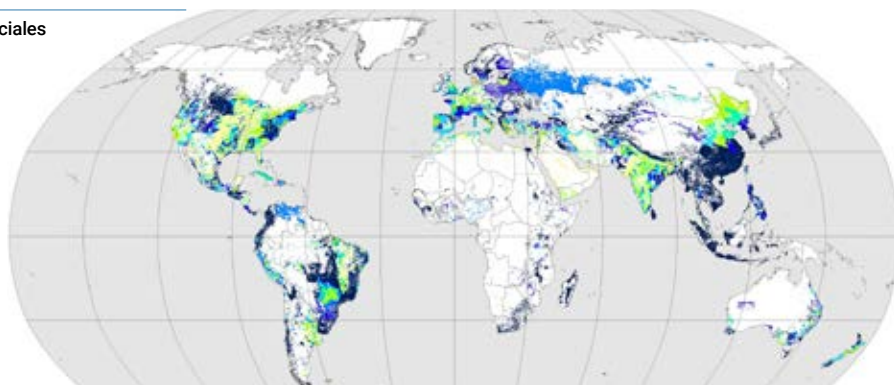
a) Zona en realidad irrigada



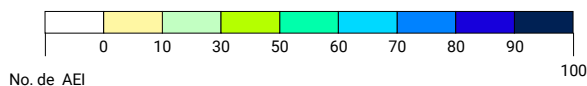
b) Zona de riego con aguas subterráneas



c) Zona de riego con aguas superficiales



Porcentaje de superficie equipada para riego (AEI, por sus siglas en inglés)



Fuente: FAO-AQUASTAT/Universidad de Bonn (2013).

destinadas a "proteger" el agua mediante la introducción del riego a presión sugieren que el efecto es bastante inverso y que la adopción de la tecnología de riego tiende a ampliar las zonas de regadío y aumentar la tasa de consumo de agua (Perry et al., 2009; Lopez-Gunn et al., 2012; Scott et al., 2014; Molle and Tanouti, 2017; Grafton y Wheeler, 2018). Este crecimiento de las extracciones de agua agrícola, en relación con las tecnologías avanzadas de riego, ha sido evidente en las cuentas de agua de las cuencas hidrográficas y, en particular, en el agotamiento del almacenamiento de acuíferos confinados y no confinados (Molle y Wester, 2009).

***El papel de las aguas subterráneas en la agricultura y el desarrollo rural, a menudo es subestimado***

El papel de las aguas subterráneas en la agricultura y el desarrollo rural, a menudo es subestimado, (IAH, por sus siglas en inglés, 2019) y la competencia económica por las aguas subterráneas de alta calidad de otros sectores, en particular la industria y los suministros municipales, está afectando a las zonas rurales adyacentes (Flörke et al., 2018), donde millones de pequeños agricultores dependen del acceso a la circulación de aguas subterráneas poco profundas para amortiguar las recesiones en temporada seca y períodos prolongados de sequía. El alcance de las estructuras de extracción de aguas subterráneas poco profundas y profundas, junto con pequeñas estructuras de presas con fines de riego, acuicultura y almacenamiento, no se registra sistemáticamente a niveles subnacionales, lo que hace que la estimación de las áreas equipadas para el riego y la extracción de agua de las zonas que en realidad son regadas esté sujeta a un grado de incertidumbre (Siebert et al., 2015).

La huella hídrica del ganado no sólo se limita a la evapotranspiración consumida en tierras de pastoreo, sino que ahora implica amplios sistemas de suministro de agua para el riego y enfriamiento de animales vivos, así como agua de riego para la producción de forraje y concentrado de proteína importada (en particular soja) o grano (alimentación de aves de corral) (Mekonnen y Hoekstra, 2012; Ray et al., 2015). Las estimaciones de crecimiento de la producción de carne hasta 2030 son notables: se prevé un aumento del 77% en la carne de vacuno, cerdo, aves de corral y ovejas, para los países en desarrollo y un aumento del 23% en los niveles para los países desarrollados con respecto a los que se tuvieron entre 2015 y 2017 (FAO, 2017a). Se espera que los no rumiantes (cerdos y aves de corral) vean las tasas de crecimiento más altas. Dado este crecimiento esperado, el alcance de la tierra de pastoreo y su sensibilidad a la sequía son importantes, ya que los alimentos sustitutos (soja y cereales) son predominantemente de secano y es probable que se vea afectado, a menos que la producción sea amortiguada por el riego. El modelo de cebadero de cero pastoreo con legumbres y gramíneas de regadío se emplea tanto en Oriente Medio como en los Estados Unidos de América (EE. UU.), pero también obteniendo un mayor control en climas semiáridos y templados donde los pastos se dañarían en condiciones secas y anegadas. Como el consumo de proteínas animales y productos lácteos impulsa una creciente población ganadera (Gerber et al., 2013; FAO, 2017a), la producción de residuos de alimentación/forrajes/cultivos (tanto en sistemas de secano como en sistemas de regadío) más el consumo directo de aguas superficiales y subterráneas para el riego y la refrigeración de ganado, está dando lugar a un crecimiento continuo de las extracciones de agua por parte del sector de la ganadería.

La producción de la pesca de captura en tierra interior se reporta en casi 12 millones de toneladas (FAO, 2018c) con la mayor parte de la producción proveniente de África, Asia y China (FAO, 2018d) como una mezcla de fuentes de lagos, ríos, humedales y acuicultura. La pesca tierra adentro puede beneficiarse del enriquecimiento de nutrientes derivados de la escorrentía agrícola, pero también son extremadamente sensibles a eutrofización, contaminación, degradación del hábitat e interrupción de los flujos de agua (FAO, 2018d). La pesca de captura continental, así como los sistemas de acuicultura de agua dulce (incluidos los sistemas de arroz-pescado) están cada vez más estresados por las cargas contaminantes y la gestión hidráulica de las vías navegables interiores y los cuerpos de agua, incluidas las presas y embalses que se crean para los sistemas de riego, los motores hidroeléctricos, las demandas de agua agrícola y las escorrentías. En total, las combinaciones de flujo reducido, mayores concentraciones de contaminantes y temperaturas más altas, tienen impactos significativos en la mortalidad de los peces (FAO, 2018d). Esto es una preocupación, ya que los ecosistemas de agua dulce tienen una capacidad de amortiguación relativamente baja en comparación con los ecosistemas marinos y, por lo tanto, son comparativamente sensibles a los shocks relacionados con el clima (FAO, 2018d).

Se estima que la producción de biocombustibles (etanol y biodiesel) sólo tiene un pequeño impacto (1.7%) sobre las extracciones de agua agrícola (De Fraiture et al., 2008) ya que la mayoría de las materias primas de caña de azúcar se alimentan de lluvia. Las proyecciones de crecimiento también son modestas (OCDE/FAO, 2019), dado el efecto de los mandatos actuales de mezcla en los principales países productores y los precios deprimidos del crudo a nivel mundial. El riego de biocombustibles (en particular de la caña de azúcar y la remolacha azucarera) necesita una contabilidad cuidadosa del agua y la energía para establecer beneficios técnicos netos en la compensación del consumo de combustibles fósiles y las emisiones conexas (véase el Cuadro 9.1).

***La selección de cultivos y los calendarios de cultivo se han ajustado con precisión a condiciones meteorológicas relativamente estables***

A medida que la productividad agrícola ha aumentado (en relación con la tierra y el agua), la selección de cultivos y los calendarios de cultivo se han ajustado con precisión a condiciones meteorológicas relativamente estables. Cuando la producción de cultivos de alto valor está limitada por la temperatura y la aridez, la producción de precisión se lleva “a interiores” para minimizar el efecto de la variabilidad climática. Estas zonas de regadío bajo redes de sombra, recubrimiento plástico e invernaderos se están expandiendo, y la proliferación en el Mediterráneo y el norte de China es tal que la eliminación de residuos plásticos y plásticos en los suelos está produciendo ahora una gran externalidad ambiental (Gao et al., 2019). La adaptación a temperaturas más elevadas también está influyendo en todas las formas de producción ganadera, con una producción intensiva que se lleva “a interiores” y la demanda de forraje y cereales para alimento, al tiempo que concentra la demanda puntual de suministro de energía y agua, así como las fuentes puntuales de contaminación por los residuos animales (Gerber et al., 2013).

## **6.3 El papel de la gestión del agua agrícola en la adaptación**

### **6.3.1 Alcance de la adaptación**

Con el apoyo de la CSA, se están promoviendo una serie de enfoques y tecnologías adaptativas para mantener los niveles de producción agrícola a medida que se produce el calentamiento y cambian los patrones de precipitación (Cuadro 6.1).

El alcance de la adaptación en la agricultura de secano, estará condicionado en gran medida por la capacidad que presenten las variedades cultivadas de soportar los cambios de temperatura y gestionar los déficits de agua en el suelo. El acondicionamiento de los suelos para optimizar la retención de humedad del suelo, puede incluir muchas técnicas de conservación agrícola, incluyendo la no labranza y recubrimiento superficial con residuos de cultivos, aumentando así temporalmente el carbono orgánico del suelo. Cuando los tubérculos se cultivan en latitudes templadas, la utilización de recubrimiento de plástico se ha vuelto común para proteger los primeros cultivos de las heladas y retener la humedad del suelo mediante la inhibición de la pérdida evaporativa a la atmósfera. El fitomejoramiento (para la tolerancia a la sequía, la inhibición para hospedar), los ajustes del calendario de cultivo (fenológico), la orientación de nutrientes y la protección vegetal específica/gestión integrada de plagas, son elementos adicionales de la CSA que se pueden aplicar. Ciertamente, para la agricultura de secano, los riesgos climáticos persisten. No importa cuánta preparación de tierra y suelo se lleve a cabo, si las precipitaciones son inadecuadas para mantener déficits aceptables de humedad del suelo a lo largo de la temporada de crecimiento, los cultivos fracasarán y las posibilidades de que la iniciativa se repita serán pequeñas. Esto señala la importancia de comunicar los pronósticos estacionales y diarios a los pequeños agricultores que están realizando la inversión directa en la preparación de la tierra, la mejora de las variedades de semillas y los fertilizantes.

Con el regadío se pueden volver a planificar e intensificar los calendarios de cultivo, por lo que se convierte en un mecanismo de adaptación fundamental para las tierras que anteriormente dependía exclusivamente de la precipitación (es decir, temporal) (Cuadro 6.3). La adaptación aquí puede ser simplemente la aceleración de las mejoras de rendimiento planificadas (modernización de hardware y software) para mejorar la eficiencia de los servicios de suministro y drenaje de agua. Estas son las opciones recomendables detalladas en la literatura de riego y drenaje (p. ej., FAO, 2011b; De Vries et al., 2017), que pueden incluir la construcción de redundancia del sistema para proteger contra daños por inundación y mejorar los flujos de recarga y retorno. La adaptación en el campo a temperaturas más altas y la evaporación se limita al sombreado neto o a la introducción de la sombra plantada (incluyendo Inter cultivos o la agroforestería).

### **6.3.2 Respuestas prácticas de gestión del agua agrícola que pueden llevarse a escala**

Los elementos de la CSA relacionados con el agua, han sido transformados en un conjunto de técnicas de gestión de la tierra y el agua que conservan el contenido de humedad del suelo durante la temporada de crecimiento y se pueden implementar a escala local como un paquete de medidas informadas sobre el clima (Figura 6.2) (Aggarwal et al., 2018). El riego de precisión bajo muchas formas de control climático

(redes de sombra, recubrimiento plástico e invernaderos) y el uso deliberado de riego deficitario para mejorar la calidad de los productos hortícolas, son ampliamente practicados. La utilización de energía solar para sustituir el bombeo a base de gasolina o diésel se está produciendo ahora a escala, especialmente cuando se incentivan a través de subsidios (Shah et al. , 2018). Muchas prácticas agronómicas de aplicación local que han sido estandarizadas para el clima prevaleciente pueden simplemente "ajustarse" o reprogramarse como una reacción a una mayor calidad y frecuencia de información agrometeorológica.

¿Cuáles son los cambios de enfoque que pueden afinar estas respuestas adaptativas? Un ámbito clave en el que la gestión de los recursos hídricos y la agrometeorología pueden progresar es el desarrollo de productos de información operativa que puedan difundirse a escala y vinculados al monitoreo a nivel de campo por los propios agricultores. Estos incluyen lo siguiente:

- Los pronósticos del clima estacionales para los próximos meses e incluso años, están ahora ampliamente disponibles (OMM, 2016). Los pronósticos del clima oportunos, accionables y fiables pueden desempeñar un papel crucial, tanto en la toma de decisiones a corto como a largo plazo para los agricultores. La elección de las fechas de plantación y los calendarios de cultivo estacionales para variedades de cultivos de alto rendimiento ofrece un nivel de ajuste de precisión para la planificación del sector económico más dependiente del clima (CIE, 2014).
- La información meteorológica casi en tiempo real, se está volviendo fácilmente accesible, lo que permite a los agricultores tomar decisiones sobre la protección de los cultivos (precipitaciones dañinas, heladas, enfermedades) y la cobertura del seguro de cultivos. Este tipo de servicios se están extendiendo cuando las redes de telefonía móvil se amplían hacia las zonas rurales (Asia y Asia meridional en particular).
- A nivel de campo, la tecnología de monitoreo de la humedad del suelo in situ está avanzando con el despliegue de sensores electromagnéticos de bajo costo y en combinación con técnicas de teledetección de alta resolución (Manfreda et al., 2018). Si bien la tecnología actual sólo puede ser aplicable a proyectos de investigación o agricultura de alta precisión de valor, se espera que el despliegue de monitoreo de humedad del suelo en tiempo real para programar el riego baje de costo.

**Figura 6.2** Respuestas de agua a nivel local para la agricultura climatológicamente inteligente

Climatológicamente inteligente	Hídrico inteligente	Inteligente en semillas/crianza	Inteligente en carbono/nutriente	Inteligente institucional/mercado
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pronósticos climáticos</li> <li>• Asesores agrarios</li> <li>• Seguros climáticos</li> <li>• Análogos climáticos</li> <li>• Elusión de la mala adaptación</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recarga de acuíferos</li> <li>• Cosecha de agua de lluvia</li> <li>• Gestión comunitaria del agua</li> <li>• Nivelación con láser</li> <li>• Gestión del agua en la granja</li> <li>• Bombas solares</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedades adaptadas</li> <li>• Razas adaptadas</li> <li>• Banco de semillas</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroforestales</li> <li>• Labranza mínima</li> <li>• Sistema de uso de la tierra</li> <li>• Gestión ganadera</li> <li>• Gestión integrada de nutrientes</li> <li>• Biocombustibles</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vínculos intersectoriales</li> <li>• Instituciones locales</li> <li>• Estrategias de género</li> <li>• Planificación de contingencias</li> <li>• Servicios financieros</li> <li>• Información del mercado</li> <li>• Gestión de riesgos fuera de la granja</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Aggarwal et al. (2018, fig. 3). Licenciado bajo CC BY-NC 4.0. Fotografías: Climatológicamente inteligente: © FAO/Marco Palombi; agua-inteligente: © FAO/A. Brack; semillas/mejoramiento inteligente: © FAO/Sia Kambou; carbono/nutriente inteligente: © FAO/Eduardo Soteras; e institucional/mercado inteligente: © FAO/Daniel Hayduk.

### **Cuadro 6.3 El potencial del riego con déficit y complementario ante la variabilidad del cambio climático en una área semiárida: una región de sabana en Togo**

En el contexto de una población en crecimiento en África occidental y de las frecuentes pérdidas de rendimiento debidas a las lluvias erráticas, es necesario mejorar la estabilidad y la productividad de los sistemas de producción agrícola, por ejemplo, introduciendo y evaluando el potencial de estrategias alternativas de riego que puedan ser aplicables en esta región. Para ello, se evaluó en una sabana seca de Togo un conjunto de estrategias de gestión del riego, que van desde la no irrigación (NI, por sus siglas en inglés) hasta el riego por déficit controlado (CDI, por sus siglas en inglés) y el riego completo (FI, por sus siglas en inglés). Los resultados muestran una alta variabilidad en las precipitaciones durante la estación húmeda, lo que conduce a una considerable variabilidad en el rendimiento esperado para condiciones de temporal (NI). Esta variabilidad se redujo significativamente cuando se introdujo el riego suplementario para recargar las deficiencias de lluvia en puntos críticos en el desarrollo de la planta, lo que requirió una demanda de agua razonablemente baja de unos 150 mm. Para la estación seca, se demostró que tanto las estrategias de gestión del riego (CDI como FI) aumentan el potencial de rendimientos para las variedades locales de maíz con hasta 4.84 toneladas/ha y disminuyen la variabilidad del rendimiento esperado al mismo tiempo. Sin embargo, incluso con la gestión de CDI, se necesitarían más de 400 mm de agua para introducir riego durante la estación seca en el norte de Togo. Por lo tanto, se necesitaría una infraestructura sustancial de recolección de agua de lluvia y de riego para el riego completo en la estación seca, lo que apunta al riesgo de costos de entrada al tratar de puentear el déficit de lluvia.

*Fuente: Extraído de Gadédjisso-Tossou et al. (2018).*

- La integración de la contabilidad operativa del agua en la CSA ya ha ayudado a la presupuestar el agua de la agricultura local a vincularse a los regímenes de hidrología y recarga a nivel de cuenca. Sin embargo, para que la gestión del agua sea eficaz a escala, es esencial que se vincule con programas de agronomía como la gestión integrada de plagas, lombricultura e intensificación de arroz a escala de campo. Las pruebas de iniciativas conexas han indicado la disposición de los agricultores a utilizar servicios/información agrometeorológica mejorados y para participar en la recopilación de datos agrometeorológicos locales. Una contabilidad del agua más elaborada a nivel de sistema de riego y subcuenca, ayudados por información periódica por satélite, está haciendo posible la evaluación del uso consumista y el rendimiento del riego, en conjunto con la regulación de los derechos de uso del agua. El portal de la FAO WaPOR<sup>10</sup> y el enfoque Water Accounting+<sup>11</sup> (contabilidad del agua+) del Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI por sus siglas en inglés) han demostrado ser herramientas eficaces. Las comparaciones estacionales ya están ayudando a los gobiernos nacionales con los ajustes de las políticas de uso del agua.
- La planificación de las inversiones en la gestión del agua para la agricultura tiene ahora muchas más probabilidades de evaluar los riesgos climáticos. En particular, se están adoptando métodos de toma de decisiones como medio para gestionar el riesgo de abajo hacia arriba mediante la evaluación de los «puntos de ruptura», en particular los sistemas agrícolas que dependen de la infraestructura hídrica (Banco Mundial, 2016b).

Más allá de la generación de información pertinente y ajustes de software/hardware en los sistemas de riego existentes, el uso de agua salina y aguas residuales, tratadas a niveles adecuados, se está implementando como lo permiten las técnicas agronómicas y las disposiciones reglamentarias (véase el capítulo 3). Si bien los sistemas de desalinización son intensos energéticamente, los costes menores han desencadenado su uso en el riego donde no existe una alternativa de agua dulce y los mercados de productos hortícolas de inicio de temporada son favorables. El uso de paquetes de tecnología de aguas residuales está viendo una aplicación amplia (FAO, 2010) cuando el uso puede cumplir con la regulación de la bioseguridad, como limitar su uso a forraje de riego (véase el capítulo 5). Además, la reutilización parcial de aguas residuales tratadas en la agricultura aumenta el suministro en áreas de otro modo, escasas y también proporciona nutrientes para las plantas.

<sup>10</sup> [www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/en/](http://www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/en/)

<sup>11</sup> [www.wateraccounting.org/index.html](http://www.wateraccounting.org/index.html)



Todos los procesos de adaptación implican compensaciones hidro ambientales y económicas. Por ejemplo, el agotamiento del almacenamiento de aguas subterráneas y la degradación de la calidad del agua a partir de los flujos de retorno se está concentrando progresivamente en tierras de riego (Böhlke, 2002; FAO/IWMI 2018). Aquí también preocupa el futuro de los productores marginales, en particular los pequeños agricultores de las zonas semiáridas, donde los recursos de capital y el acceso a soluciones basadas en el mercado, como los seguros de cultivos, son limitados. El uso de técnicas tradicionales de recolección de lluvias y mejora de recarga de acuíferos, incluidas las presas de arena, tienen aplicaciones tanto en el suministro de agua rural como en el desarrollo de la producción de regadío. Estas intervenciones en lugares remotos son generalmente intensas laboralmente y, por lo tanto, pueden favorecer los planes locales de creación de empleo (OIT, 2019). Estas técnicas, cuando se implementan en combinación con medidas de conservación del suelo a través de una mejor gestión del agua, pueden extender la disponibilidad de humedad del suelo para cubrir períodos críticos de desarrollo de cultivos (por ejemplo, floración). Sin embargo, sin acceso a los acuíferos locales que no drenan durante la recesión en temporada seca, estas medidas siguen siendo inherentemente riesgosas si las precipitaciones anuales no permiten su reabastecimiento.

Las oportunidades de adaptación dependen de la escala y es importante diferenciar los sistemas de producción caracterizados a gran escala, productores comerciales en sectores específicos de alimentos y forrajes, de los millones de diversos pequeños agricultores con un acceso al agua, altamente distribuido y variable. Los costos de inversión necesarios podrían ser cero en muchos casos, por ejemplo, los ajustes en el calendario de cultivos. En otros casos, las inversiones en infraestructura adicional de control de agua pueden ser significativas, como la protección de los sistemas de riego mayorista, para hacer frente a eventos de inundación más extremos. La forma en que el costo gradual de la adaptación se financia a través de inversiones individuales de agricultores, subsidios estatales o gastos de capital en desarrollo rural, es un asunto de políticas que debe ser conforme con las intervenciones técnicas. Desde el punto de vista del agua, la preocupación central es si ese nivel de inversión reduce el riesgo de recursos hídricos para los productores agrícolas y todos los usuarios de servicios ambientales relacionados con el agua a largo plazo.

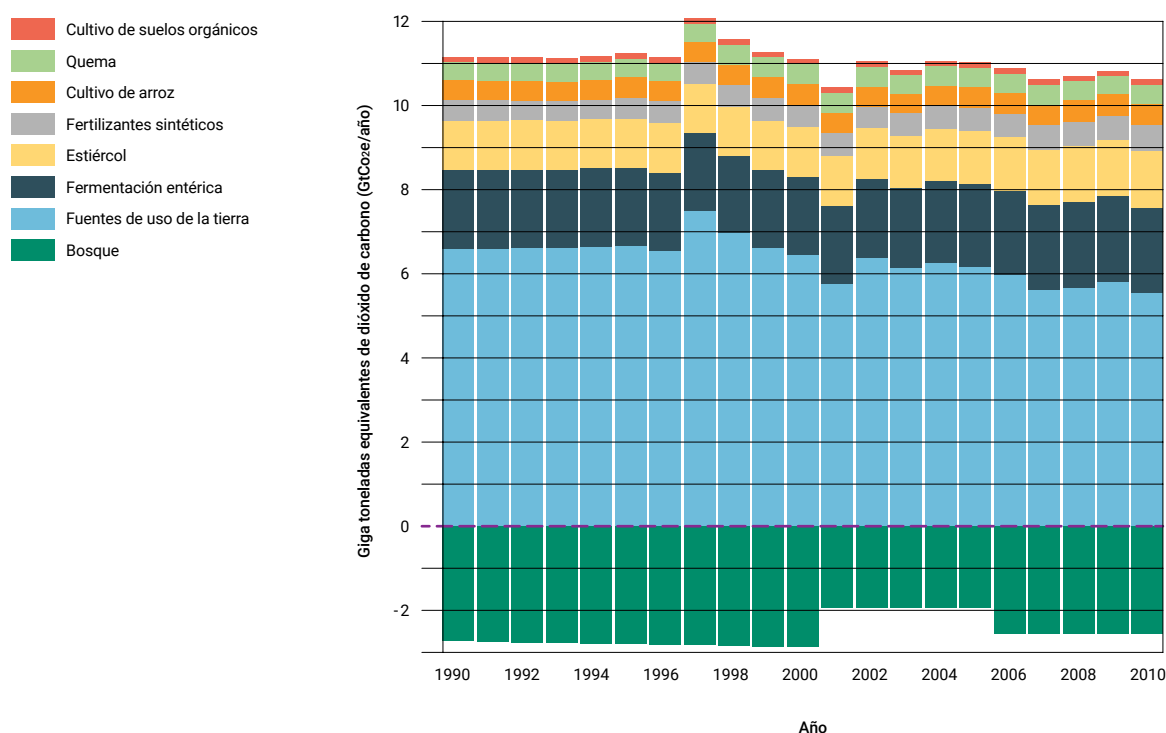
## 6.4 Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra

El Resumen del IPCC para los responsables de la formulación de políticas señala que : *"Las actividades de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) representaron alrededor del 13 por ciento del CO<sub>2</sub>, el 44% del metano (CH<sub>4</sub>) y el 82% de las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de las actividades humanas a nivel mundial durante 2007-2016, representando el 23% (12.0 +/- 3.0 GtCO<sub>2</sub>e/año) de las emisiones antropogénicas netas totales de GEI ("confianza media")" (IPCC, 2019b, pág. 7).*

La proporción relativa de las emisiones de GEI de la agricultura ha disminuido de un 30% estimado a finales del siglo XX a alrededor del 20 al 25% en 2010, en gran parte debido a los grandes aumentos de emisiones del sector energético (FAO, 2017a). El desglose de las emisiones del "sector" de AFOLU se presenta en la Figura 6.3. El crecimiento de la biomasa en las zonas boscosas elimina los GEI de la atmósfera y hace una contribución positiva neta de alrededor de 2 Gt/año al secuestro de carbono, y por tanto es mostrado como emisión negativa en la Figura 6.3. Sin embargo, se estima que la eliminación de GEI por tierra boscosa ha disminuido unos 2.8 Gt/año en la década de 1990 a 1.8 Gt/año para 2014, ya que se ha acelerado la quema y conversión de tierras boscosas para pastoreo, aceite de palma y básicos de grano (FAO, 2016a).

Se estima que la agricultura (excluida la silvicultura y otros usos de la tierra) hace una contribución neta de ~6,2 GtCO<sub>2</sub>e/año, lo que representa entre el 10 y el 12 % de las emisiones totales de GEI antropogénicas, lo que se estima alrededor de 51 GtCO<sub>2</sub>e/año (IPCC, 2019b). No obstante, se espera que las emisiones agrícolas netas crezcan aún más. Bajo vías de desarrollo plausibles, se espera que la agricultura sólo alcanzará un 21% a 40% de la supuesta reducción de ~1 GtCO<sub>2</sub>e/año para 2030 para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París (2°C por encima de los niveles preindustriales) para 2030 (Wollenberg et al., 2016).

**Figura 6.3** Emisiones de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)



Nota: "Estiércol" incluye "estiércol dejado en pastos", "gestión del estiércol" y "estiércol aplicado a suelos"; "quema" incluye "quema de residuos de cultivos", "quema de sabana" y "residuos de cultivos".

Fuente: FAO (2017a, fig. 4.1, pág. 40).

La Figura 6.4 señala la importancia de la fermentación entérica del ganado como fuente de metano en las emisiones de GEI (Gerber et al., 2013). Los patrones de GEI de las cadenas ganaderas globales muestran claras diferencias entre las actividades de producción y los productos.

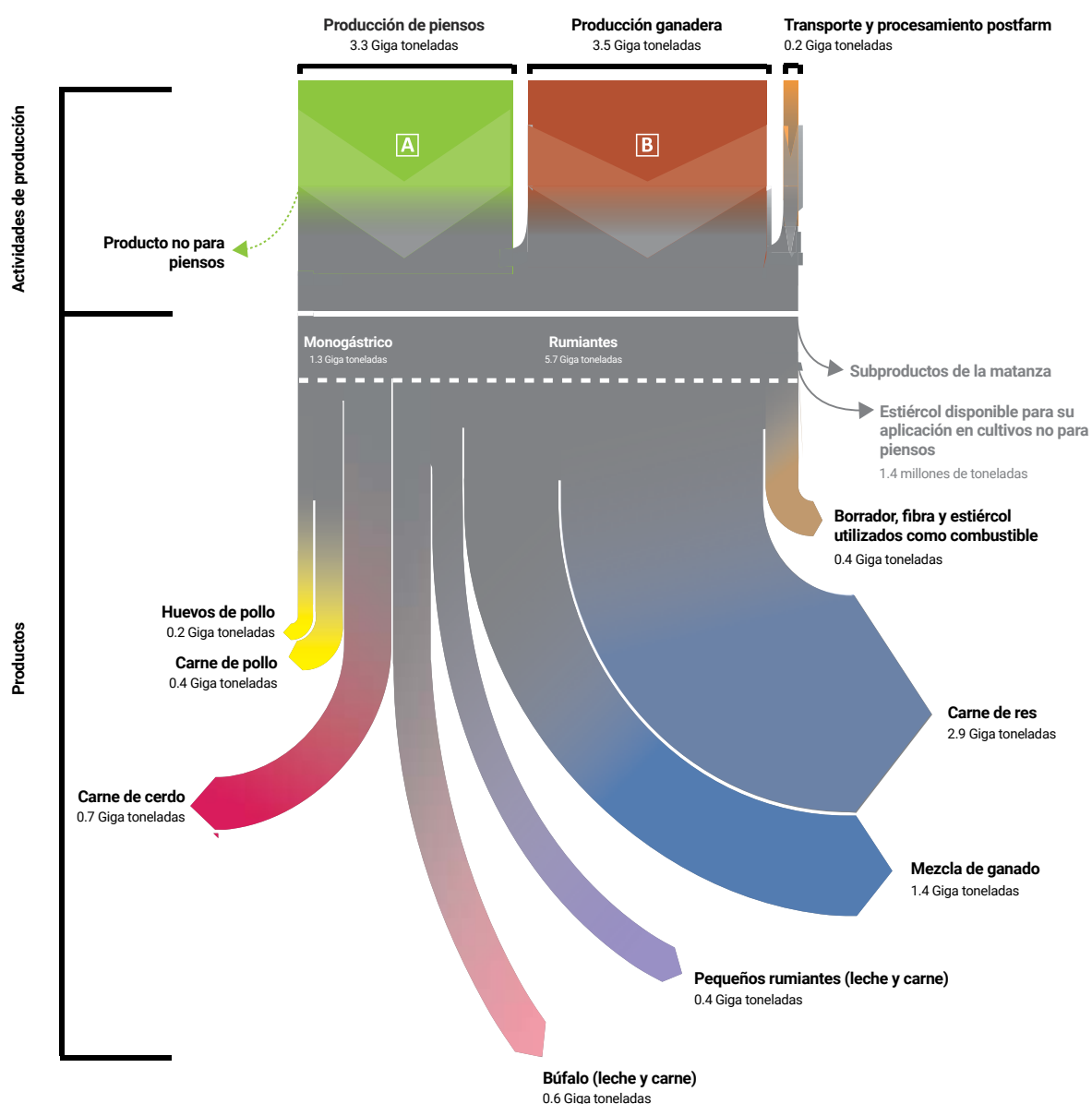
Los riesgos de drenar los humedales naturales y los bosques de humedales para convertirlos en cultivos de pie seco o plantaciones de palma han sido evidentes. La liberación de carbono almacenado en acumulaciones de turba de humedales en Asia meridional, como resultado de incendios deliberados para despejar tierras para el desarrollo de plantaciones, ha sido confirmada por investigaciones recientes (Wiggins et al., 2018). La elaboración de mapas mediante la detección de luz de alta resolución y telemetría (LiDAR por sus siglas en inglés) señala la influencia del drenaje en la exposición de los suelos de turba al riesgo de combustión (Konecny et al., 2016). Sin embargo, la liberación de carbono por combustión de turba también puede ocurrir en suelos orgánicos drenados en latitudes templadas. Por lo tanto, la gestión del drenaje es un área que no debe ser ignorada, especialmente si también se tiene en cuenta la productividad de los humedales y los bosques de humedales.

## 6.5 El papel de la gestión del agua agrícola en la mitigación

### 6.5.1 Alcance de la mitigación

La agricultura cuenta dos grandes vías para reducir los GEI: la retención de carbono a través de la acumulación de biomasa por encima y por debajo del suelo, y la reducción de emisiones a través de la gestión de la tierra y el agua, incluida la adopción de insumos de energía renovable, como el bombeo solar. La práctica agronómica para mitigar la emisión de GEI está vinculada principalmente a la

**Figura 6.4** Emisiones de gases de efecto invernadero de las cadenas mundiales de suministro de ganado



Fuente: Gerber et al. (2013, fig. 5, pág. 18).

forestación y el control del drenaje de suelos orgánicos que de otro modo podrían descomponerse o incluso hacer combustión si se drenan extensamente y se despejan por la quema. Ambas intervenciones tienen consecuencias directas para la gestión del agua.

Para la silvicultura, la mayor oportunidad de mitigación consiste en reducir las emisiones atribuibles a la deforestación y la degradación forestal. Más del 90% de los resultados nacionales de REDD+ (Programa de Colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de las Emisiones de la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo) notificados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), provienen de la reducción de la deforestación (FAO, 2016a). A largo plazo, se espera que la retención progresiva de carbono por forestación y reforestación mantengan un nivel similar de mitigación (Griscom et al., 2017).

Sin embargo, en términos de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, la mayor contribución a las emisiones de GEI de la agricultura provienen del metano que libera el ganado por medio de la fermentación entérica y del estiércol depositado en pastizales – unos 3.5 GtCO<sub>2</sub>e/año (véase la figura 6.3). Puede que no sea inmediatamente visible que los pastizales de secano extensos constituyen un problema desde una perspectiva de gestión del agua. Las tendencias de cero pastoreo de ganado, en particular en el Medio Oeste de los EE. UU. y Oriente Medio, ya están dando lugar a la concentración de la demanda de agua en menos lugares, lo que tensa los sistemas de acuíferos locales y regionales, en particular las aguas subterráneas, para la producción de forraje y abrevadero/refrigeración del ganado (Shah, 2009; Alqaisi et al., 2010; Dieter et al., 2018).

**En términos de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, la mayor contribución a las emisiones de GEI de la agricultura provienen del metano que libera el ganado por medio de la fermentación entérica y del estiércol depositado en pastizales**

La extensión de la tierra cultivada en el subsector de secano, que comprende 11 millones de km<sup>2</sup> bajo cultivos temporales de secano y 33 millones de km<sup>2</sup> bajo praderas y pastos permanentes (FAOSTAT, s.f.), presenta una oportunidad primordial para mejorar la gestión del suelo para retener la humedad del suelo y promover el crecimiento de las raíces, haciendo así adiciones netas a la reserva de carbono del suelo (secuestrando efectivamente del carbono). Sin embargo, el margen para hacer reducciones netas positivas, se verá limitado por la disponibilidad de humedad del suelo para establecer un almacén de material orgánico durante todo el año, bajo regímenes recortados y suficiente humedad del suelo y aguas subterráneas poco profundas para establecer vegetación leñosa. El riego y la recolección de agua en las zonas de tierras secas ya contribuyen a la retención de carbono en tierras que de otro modo estarían estériles y agotadas de carbono orgánico a través de la desecación y la erosión del viento. La extensión de la producción de regadío en las tierras secas puede tomarse como una contribución futura a la retención de carbono, pero está extremadamente limitada por la disponibilidad a largo plazo de agua dulce.

### 6.5.2 Tomar soluciones prácticas de gestión del agua agrícola para la mitigación a escala

Los vínculos funcionales entre la materia orgánica del suelo y la humedad del mismo, proporcionan el área principal para las oportunidades de mitigación. Las técnicas de agricultura de conservación y sus variantes regionales, se están promoviendo sobre la base de un enfoque de no remordimientos para tanto mejorar la productividad como para reducir las emisiones de GEI (FAO, 2016b). Sin embargo, la viabilidad económica de tales medidas debe juzgarse cuidadosamente. El aumento en la inversión y la aplicación de algunas técnicas como la no labranza y sembradoras de semillas, no es posible en todos los suelos. Por ejemplo, el estado inicial de la salud del suelo en los suelos marginales/esqueléticos más afectados por la aridez, puede no ser susceptible de mejora sustancial sin altos niveles de nutrientes y material orgánico importado junto con riego periódico.

La adopción generalizada de la agricultura de conservación, depende del tipo de cultivo que se labra y de la disponibilidad de sembradoras, la mecanización de la cosecha y la disponibilidad de biomasa residual para el recubrimiento del suelo con materia orgánica. Los aumentos reales del rendimiento dependen entonces de la disponibilidad de variedades de semillas mejoradas. Por último, el aumento de los insumos de mano de obra o la sustitución de mano de obra a través de la mecanización agrícola y los cambios en la práctica del cultivo, tienen que estar disponibles y asequibles. La base de esta adopción es el papel de los agentes de extensión, los proveedores de insumos, las escuelas de campo de agricultores y los profesionales integrados de la gestión de plagas.

La agroforestería específica y la práctica agronómica dirigida a la captura de carbono y la reducción de emisiones pueden agruparse en cinco tipos principales:

- La agroforestería, que existe en múltiples formas, desde árboles productivos para productos frutales, hasta árboles nativos para detener el viento y dar sombra, hasta extensas plantaciones para materias primas energéticas. La agroforestería puede tener impactos positivos en la infiltración

de agua del suelo, el almacenamiento de agua del suelo, la recarga de aguas subterráneas, el control de la escorrentía y la erosión, el ciclo de nutrientes del suelo y la biodiversidad (FAO, 2018e). En términos de presupuesto por agua pura, la conversión de tierras cultivadas o pastizales en dichas tierras, a tierras reforestadas, aumentará el uso para consumo, en particular si se alcanzan altas tasas de crecimiento (Hofer y Messerli, 2006; Pugh et al., 2019). Sin embargo, también debe tenerse en cuenta el contexto climático y en las zonas templadas en las que los bosques atraen altos niveles de precipitación oculta y en los suelos de las tierras altas, las cuencas fluviales arboladas pueden promoverse/protegerse como medida de mitigación, ya que también pueden mantener mayores niveles de flujo de base para el suministro de agua urbana (Ellison et al., 2017).

- El tratamiento de los suelos de tierras secas degradados a través de la gestión activa del drenaje (muro de contorno, pozos de árboles, etc.) y la adopción de sistemas de no labranza para reducir la liberación de sedimentos y nutrientes, han sido eficaces para provocar aumentos temporales del carbono orgánico del suelo. Este tratamiento a escala también puede producir un efecto positivo aguas abajo, al atenuar y difuminar pequeños picos de inundación. La clave está en mantener los déficits de humedad del suelo en niveles tolerables para el crecimiento de las plantas y mejorar la estructura del suelo y la conductividad hidráulica para aumentar las tasas de infiltración, promover la percolación profunda y la recarga directa a los acuíferos.
- Se ha demostrado que una "ligera" alternancia en la humedad -secado en el cultivo de arroz reduce las emisiones de metano, mantiene los rendimientos y potencialmente reduce la demanda de agua hasta en un 24%, en comparación con las inundaciones continuas (Corrijo et al., 2017). Otros co-beneficios pueden incluir reducciones en los costos de bombeo y menores concentraciones de arsénico en el grano. Sin embargo, esto tiene que ser compensado por el aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O de superficies de suelo periódicamente secas, una tasa reducida de nitrógeno que se fuerza en la zona radicular (como resultado de la inmersión), la pérdida de la acuicultura y las funciones del ecosistema relacionadas, la reducción en la supresión de hierba y la recarga de aguas subterráneas asociadas con las inundaciones continuas.
- La forestación para capturar carbono puede tener ventajas, ya que el recrecimiento parece tener un mayor potencial de retención en comparación con la cobertura forestal madura (Pugh et al., 2019). Una vez más, hay compensaciones en las cuencas fluviales, donde el recrecimiento forestal aguas arriba, aumentará el consumo de agua en la transpiración y puede reducir los flujos aguas abajo. También existe la consideración adicional de que en las zonas semiáridas donde las tablas de agua son moderadamente profundas, pueden ser necesarios insumos de agua adicionales para iniciar el crecimiento. Una retención de carbono más moderada, mediante la adopción de técnicas agroforestales, puede ser viable cuando la sombra es beneficiosa para los cultivos en campo o perennes.
- La fusión de tecnología de bombeo solar (y la contribución energética relacionadas a las redes de suministro) y su aplicación a la producción agrícola pueden desempeñar un papel importante en la mitigación de las emisiones de GEI (Cuadro 6.4). El suministro de energía y agua es fundamental para el desarrollo de las economías rurales, y el grado de esta dependencia está indicado por el nivel de subsidios de energía a zonas altamente productivas que dependen de las aguas subterráneas en la India, lo que ha dado lugar a la quiebra de los servicios de suministro de energía (Shah, 2009). A pesar de los mayores costos de agotamiento de capital en comparación con los equivalentes de diésel, los precios de los sistemas solares fotovoltaicos están cayendo y han comenzado a surgir evidencias de una absorción a gran escala (Zou et al., 2013). Sin embargo, en términos de gestión del agua, la ubicación del bombeo con energía solar puede resultar crítica. En zonas con mantos freáticos poco profundas (p. ej., El Ganges Oriental, partes de la cuenca del Indo), el beneficio combinado del control del drenaje/salinidad y el suministro de agua de riego, puede necesitar ser compensado contra los peligros de conducir las aguas subterráneas naturales, en particular la movilización del arsénico de los acuíferos contaminados. Además, la sustitución al por mayor de la fuente de energía por pozos, para los agricultores que actualmente disfrutaban de la energía térmica subvencionada, no siempre será técnica o financieramente viable, especialmente si la alimentación de bombas de pozo profundo requiere un suministro de energía trifásico. Si no se gestiona y regula adecuadamente, dicha tecnología también viene con el riesgo de apoyar el uso no sostenible del agua (FAO/GIZ, 2018).



#### Cuadro 6.4 Consumo de bombeo solar

Tras varios éxitos de los proyectos de riego basados en energía solar (SIP por sus siglas en inglés) en África y Asia, la inversión en tecnología solar para transformar el desarrollo agrícola se está expandiendo rápidamente, proporcionando una fuente de energía rentable y sostenible para asegurar la producción de alimentos y mantener los medios de subsistencia (FAO/GIZ, 2018). Garantizar el desarrollo ambientalmente sostenible del SIP, tanto dentro como fuera de la red, requerirá marcos y políticas regulatorias más estrictas, dado el actual costo casi nulo de la elevación del agua (Closas y Rap, 2017). En la India, de sólo 18 000 en 2014 a 2015, los SIP han aumentado a casi 200 000 en los últimos años, una tasa de crecimiento anual del 68%. El modelo piloto de Energía Solar como Cultivo Rentable (SPaRC por sus siglas en inglés) en Guyarat, proporciona a los pequeños agricultores un incentivo remunerativo (109.7 dólares/MWh) para vender energía solar a la red en un intento de reducir la abstracción de aguas subterráneas para el riego (Shah et al., 2018). El gobierno indio ha incorporado el modelo en su plan KUSUM de 21 mil millones de dólares (Kisan Urja Suraksha evam Utthan Mahabhiyan – Misión de Seguridad y Desarrollo Energético de los Agricultores), cuyo objetivo es instalar dos millones de SIP.

Varias iniciativas gubernamentales y de donantes están promoviendo los SIP a través de diversas modalidades de subvenciones, con el objetivo de llegar a los pobres. Ejemplos son el apoyo a 50 000 SIP para 2025 con un subsidio del 50% y una modalidad de préstamo del 30% en Bangladesh (Verma et al., 2018), modalidades de financiación adaptadas a la propiedad de tierras femeninas para apoyar la creciente feminización de la agricultura en Nepal (Mukherji et al., 2017) y modalidades solares colectivas para apoyar a los agricultores sin tierra y marginados en la India (Sugden et al., 2015).

El potencial solar no ha pasado desapercibido en África. En Marruecos, Crédit Agricole (Crédito Agrícola) combina subvenciones de la energía solar con riego por goteo, en un programa de menos de 220 millones de dólares para promover el uso sostenible del agua. La escala de las soluciones fuera de la red en el África subsahariana ha experimentado un ritmo más lento en comparación con otras regiones, a pesar de su enorme potencial y éxito de los pilotos (FAO/GIZ, 2018; Otoo et al., 2018). En Etiopía, por ejemplo, las bombas solares fotovoltaicas para riego, podrían transformar el 18% de las tierras agrícolas de secano (Schmitter et al., 2018). Las barreras identificadas para escalar la energía solar en el África subsahariana están relacionadas con la debilidad de las cadenas de suministro, los altos impuestos a las importaciones y la falta de mecanismos financieros (FAO/GIZ, 2018).

## 6.6 Conclusiones

Las "respuestas" agrícolas a un clima cambiante estarán lideradas por la información climática aplicada a escalas apropiadas, de manera que atraigan a las diferentes comunidades agrícolas. En este sentido, las medidas de adaptación y mitigación serán ricas en cuanto a información en lugar de intensivas en cuanto al hardware.

Centrarse únicamente en la variable de agua en la agricultura, no necesariamente producirá los resultados deseados en la productividad agrícola. Será necesario considerar de forma más amplia al agua en relación con otros insumos, a través de un paquete de medidas climáticamente inteligente. Los ajustes deben igualar la escala del sistema hidrológico si van a producir resultados positivos en el rendimiento del sistema agrícola (en relación con la variabilidad climática) y conducir a reducciones netas de las emisiones de GEI.

Las señales de los Modelos de Circulación General indican que a pesar del aumento elevado de los rendimientos de la fertilización CO<sub>2</sub>, muchos sistemas de cultivo productivos en zonas templadas y semiáridas estarán operando a márgenes agroclimáticos en términos de calor y humedad. Esto afectará a los agricultores que pueden tener que invertir en medidas para adaptarse o salir de la agricultura y encontrar fuentes alternativas de medios de subsistencia como resultado de la escasez de agua. La gestión sostenible del agua será la principal medida de adaptación en la que los cambios en los patrones de lluvia estacionales y las temperaturas más altas, hacen que la agricultura de secano sea muy poco fiable para satisfacer los niveles de demanda de alimentos básicos. Como resultado, se espera que la presión sobre la base de recursos de agua dulce se intensifique y se espera que la

agronomía se vuelva más productiva con respecto al agua, en tanto que los impactos de aridez y la escasez de agua, sean resentidos por los productores. Se espera que la adopción generalizada de enfoques de agricultura de conservación en las tierras de secano sea una respuesta a largo plazo que reduzca los insumos, capture el carbono, y favorezca la retención de humedad del suelo y la percolación con el fin de mejorar el almacenamiento de agua dulce y la calidad del agua.

Para ser climatológicamente inteligente, un requisito de primer orden es la extensión de los servicios agrometeorológicos y la información a los agricultores que de otro modo no tendrían acceso fiable. Los ajustes en la gestión del agua agrícola local y de cuenca, serán dirigidos por software: herramientas de información climática adecuadas para conjuntos específicos de productores. En muchos casos, se necesitarán esfuerzos para contrarrestar el sesgo de género y garantizar que las mujeres agricultoras tengan el mismo acceso. Cuando se intensifiquen las extracciones, la contabilidad operativa del agua (basada en el terreno), complementará estos servicios con el fin de preparar planes anuales de cultivos y gestionar los flujos/almacenamiento/asignación de aguas superficiales y subterráneas. La adopción de paquetes tecnológicos y el apoyo a la escuela de campo de extensión/agricultor tienen que dar beneficios positivos a los agricultores, teniendo en cuenta que el contexto institucional es muy variable y que los usuarios pueden ser indiferentes a la orientación si los beneficios no son demostrables o sostenidos. Para llevar la CSA a escala, se puede resumir un conjunto de mensajes técnicos de política de agua en los niveles respectivos.

A nivel nacional/internacional:

- Promover herramientas agroclimáticas basadas en el aumento de los riesgos climáticos (intensidad de lluvia, duración y frecuencia, así como rango de temperatura diurna, humedad y potencia evaporativa);
- Ampliar los incentivos relacionados con las prácticas de adaptación y mitigación, incluidos los seguros de cultivos relacionados con el clima;
- Mejorar las medidas de gobernanza del agua que anticipan la asignación en caso de escasez; y
- Superar la rigidez institucional/social con respecto a las medidas de adaptación y mitigación.

A nivel de cuenca:

- Declarar cuentas operativas precisas de agua agrícola, para establecer en contra de otros reclamos sectoriales e identificar el margen de ajuste de la gestión del flujo base para sostener los beneficios de corrientes (incluidas la pesca y la recarga) en el marco de la variabilidad climática; e
- Implementar la transición del uso conjunto a la gestión conjunta con el fin de mantener en su lugar los sistemas de aguas subterráneas.

A nivel de sistemas de regadío:

- Implementar sistemas de infraestructura a prueba del clima y de producción de campo, incluida la eliminación gradual de la redundancia del sistema de riego y drenaje sobre basados en medidas sin lamentaciones; y
- Mejorar las capacidades de gestión del riego del personal operativo.

A nivel de agricultor:

- Desplegar paquetes de CSA y riego a través de enfoques socialmente inclusivos, de las escuelas de cultivo a nivel de campo; y
- Cuidadosamente evaluar los costos de mano de obra y mecanización, incluyendo tecnologías de monitoreo y bombeo/presurización, y enlazarse con mecanismos de financiación de término (período fijo).

A nivel de organización de productores:

- Promover modelos para la intensificación sostenible y la reducción de emisiones dentro de sectores agrícolas específicos.



# 7

## Energía e industria



Vista aérea de una planta de tratamiento de agua.

*Este capítulo identifica los riesgos, desafíos y oportunidades de adaptación, mitigación y resiliencia relacionadas con el agua frente al cambio climático, en energía e industria.*

## 7.1 Contexto

Los sectores de industria y energía prefieren operar en un ambiente de certeza, y aunque el cambio climático es seguro, sus impactos en el agua son particularmente inciertos. Tomando en cuenta que la industria (incluido el sector energético para la refrigeración de centrales termoeléctricas y nucleares) extraen el 19% de los recursos mundiales de agua dulce (AQUASTAT, s.f.), y más recientemente se estimó que la energía por sí misma tomaba alrededor del 10% (AIE, 2016), la presión de esta imprevisibilidad es un desafío serio y va en aumento a medida que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Además, se ha proyectado que la participación de los sectores de la industria y la energía en la demanda mundial de agua (Tabla 7.1) aumentará al 24% para 2050, con los mayores aumentos absolutos en Asia y Europa (principalmente para la industria), y América del Norte es la única región prevista para mostrar una disminución (Burek et al., 2016). Las primeras empresas de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) utilizando su escenario principal (Nuevas Políticas<sup>12</sup>) prevén que la extracción mundial de agua por parte del sector energético aumentará en menos del 2% para 2040, pero el consumo aumentará en casi un 60% (AIE, 2016). En zonas de agua estresadas esto contribuirá a aumentar la escasez, ya que menos agua será devuelta al ciclo hidrológico para que otros sectores las utilicen.

Sin medidas de adaptación y mitigación, es probable que las repercusiones sustanciales no sólo se realicen en los países de ingresos bajos y medios, sino también en los de ingresos altos, en todos los segmentos de la sociedad, así como de arriba abajo en las cadenas de valor.

**Tabla 7.1 Demanda de agua para uso industrial, por continente, 2010 y 2050 (escenario de intermedio)**

	2010 (km <sup>3</sup> /año)	Parte proporcional del uso total del agua del continente	2050 (km <sup>3</sup> /año)	Parte proporcional del uso total del agua del continente	Tasa de cambio (2050 como % de 2010)
África	18	8%	64	18%	353%
Asia	316	10%	760	19%	240%
América del Norte y Central	229	35%	182	27%	80%
Sudamérica	31	19%	47	21%	153%
Europa	241	54%	325	58%	135%
Oceanía	2	5%	3	7%	144%
<b>Mundial</b>	<b>838</b>	<b>18%</b>	<b>1 381</b>	<b>24%</b>	<b>165%</b>

Fuente: Adaptado de Burek et al. (2016, tabla 4–10, pág. 62).

<sup>12</sup> "Nuestro principal escenario en WEO-2016, el Escenario de Nuevas Políticas, incorpora las políticas energéticas existentes, así como una evaluación de los resultados que probablemente se deriven de la implementación de intenciones anunciadas, en particular las de las promesas climáticas presentadas para la COP21." (AIE, 2016, pág. 31).



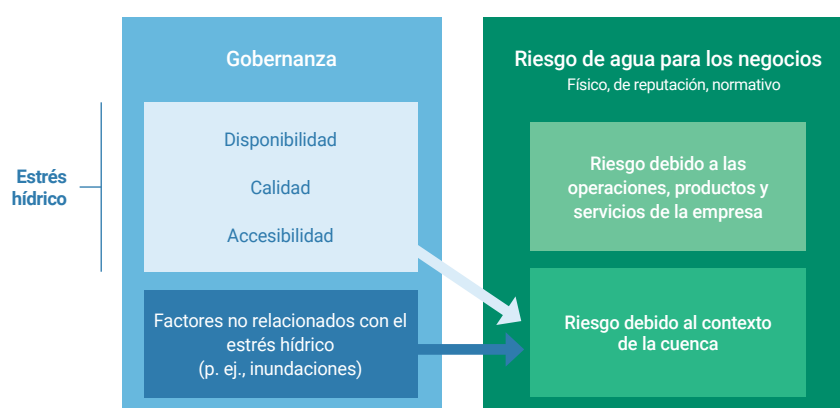
## 7.2 Desafíos y riesgos

Según el Foro Económico Mundial, desde 2014 los fenómenos meteorológicos extremos han sido el primer o segundo lugar en riesgo mundial en términos de probabilidad, mientras que las crisis hídricas han estado entre los primeros cinco en términos de impacto (WEF, 2019). Los choques relacionados con el agua en las economías emergentes ya han provocado pérdidas masivas de seguros, fallos en la cadena de suministro y shocks de precios con implicaciones globales. Si no se abordan estos riesgos, se podría dar lugar a una drástica caída de la inversión empresarial, con duras consecuencias para la empresa y para el desarrollo (IIASA, s.f.). Los desafíos hídricos y los riesgos empresariales serán evidentes para los sectores de la energía y la industria, y serán generalmente similares para ambos. Los cuatro principales impulsores del riesgo de agua para las empresas recientemente reportadas, son la escasez de agua, las inundaciones, la sequía y el estrés hídrico (CDP, 2017a).

### 7.2.1 Desafíos de agua

**Estrés hídrico:** La fiabilidad del suministro de agua en términos de disponibilidad (cantidad), calidad que es afectada por la contaminación y accesibilidad (asignación, competencia y conflicto) son clave para el funcionamiento continuo y exitoso del negocio (Figura 7. 1). Estos factores se complican por la incertidumbre e imprevisibilidad, así como por la creciente variabilidad, tanto de reabastecimiento de aguas superficiales, como de recarga de aguas subterráneas como resultado del cambio climático. Una simplificación indica que las zonas secas se secarán más y es en estas regiones subtropicales que el estrés hídrico, expresado a través de la sequía física, probablemente se sentirá más severamente. Esto tendrá impactos en los sectores de la generación de energía y la industria, incluidas sus cadenas de suministro, como usuarios de agua pesada.

Figura 7.1 Estrés hídrico y riesgos para los negocios



Fuente: Adaptado del CEO Water Mandate (Mandato del Agua) (2014).

La generación de energía se ve potencialmente afectada por todos los tipos de factores de estrés hídricos (Tabla 7. 2) (AIE, 2012). Por ejemplo, los niveles de río y agua pueden caer por debajo del consumo en las estaciones térmicas y las instalaciones hidroeléctricas, deteniendo las operaciones. Además, el aumento de las temperaturas del agua afecta a la refrigeración, al reducir la eficiencia térmica que reduce o, si se excede los umbrales críticos, incluso detiene la salida de energía. Las exposiciones existen en muchas áreas geográficas diferentes y para muchas formas de producción de energía. Incluso con una buena disponibilidad general de agua, las variaciones estacionales pueden ser problemáticas, y los países con una gran capacidad de generación térmica utilizando refrigeración de circuito abierto y/o energía hidroeléctrica son especialmente susceptibles. Para la generación de electricidad a escala mundial, los cambios en el flujo y temperatura variarán como resultado del cambio climático: teniendo en cuenta los factores de tiempo y clima, el cambio climático podría producir una reducción de la energía hidroeléctrica en los años 2050 de entre 1.2 a 3.6%,



**Tabla 7.2 Ejemplos de los impactos del agua en la producción de energía**

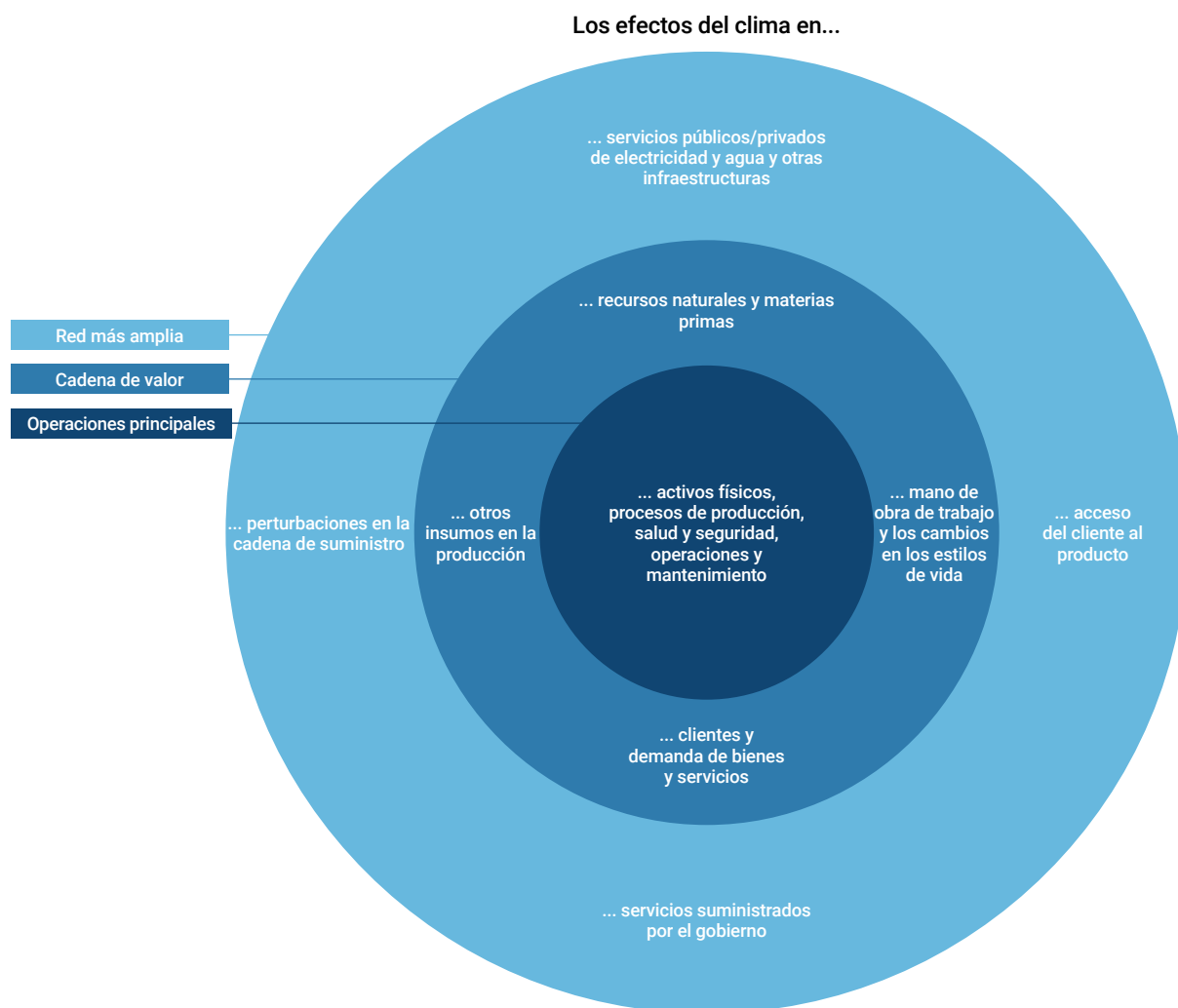
Locación (Año)	Generación eléctrica
Kenia (2017)	La sequía que comenzó en 2017 ha causado repetida escasez de energía y mayores precios de la electricidad.
EE.UU. (2016)	La capacidad de generación de la presa Hoover se redujo al 30% debido a la sequía.
Brasil (2016)	La sequía afectó a los productores de energía hidroeléctrica como la presa de Itaipú, lo que obligó al país a recurrir a plantas termoeléctricas más caras y contaminantes.
Ghana (2016)	La presa de Akosombo, la principal fuente de energía del país operaba a una capacidad mínima debido a la sequía.
India (2013–2016)	La escasez de agua causó cierres en 14 de las 20 instalaciones térmicas más grandes de India, resultando en 1.4 mil millones de dólares en costos para las empresas. En 2016, 14 Tera vatios-hora de generación potencial de energía térmica se perdieron lo que es equivalente a la demanda anual de electricidad de Sri Lanka.
India (2012)	Un monzón retrasado aumentó la demanda de electricidad (para bombear aguas subterráneas para riego) y redujo la generación hidroeléctrica, contribuyendo a apagones con duración de dos días y afectando a más de 600 millones de personas.
Rumania (2011)	La hidroeléctrica de propiedad estatal Hidroeléctrica redujo 30% su producción, debido al agotamiento de los embalses causado por una sequía prolongada.
China (2011)	La sequía limitó la generación de energía hidroeléctrica a lo largo del río Yangtsé, contribuyendo a un alza de la demanda de carbón (y de sus precios) y obligando a algunas provincias a implementar estrictas medidas de eficiencia energética y racionamiento de electricidad. En la provincia de Yunnan, la sequía extrema redujo la producción hidroeléctrica a la mitad y obligó a 1 000 presas a suspender sus operaciones.
Vietnam, Filipinas (2010)	El fenómeno meteorológico El Niño causó una sequía que duró varios meses, reduciendo la generación de energía hidroeléctrica y causando escasez de electricidad.
Sureste de EE.UU. (2007)	Durante una sequía, la Autoridad del Valle de Tennessee redujo la generación hidroeléctrica para conservar el agua y redujo la producción de plantas nucleares y basadas en combustibles fósiles.
Medio oeste de EE.UU. (2006)	Una ola de calor obligó a las centrales nucleares a reducir su producción debido a la alta temperatura del agua del río Mississippi.
Francia (2003)	Una extendida ola de calor forzó a la empresa de electricidad Électricité de France (EdF) a reducir la producción de energía nuclear equivalente a la pérdida de 4-5 reactores, con un costo estimado de 300 millones de euros por importación de electricidad.
Producción de energía primaria	
China (2008)	Docenas de proyectos de licuefacción de carbón (CTL, por sus siglas en inglés) fueron abandonados debido, en parte, a las preocupaciones de que impliquen pesadas cargas sobre los recursos hídricos.
Australia, Bulgaria, Canadá, Francia, EE.UU.	La preocupación pública por los posibles impactos ambientales de la producción de gas no convencional (incluida el agua) ha hecho que surja regulación adicional y, en algunas jurisdicciones, suspensiones temporales o prohibiciones de la fracturación hidráulica.

Fuentes: Basado en la AIE (2012, tabla 17.3), con información de cortesía de Wang et al. (2017) y Kressig et al. (2018).

especialmente en Australia y América del Sur, y un 7 a 12% en la energía termoeléctrica en la mayoría de las regiones (Van Vliet et al., 2016).

**Eventos extremos:** Las inundaciones y la sequía son efectos relacionados con el agua, exacerbados en el tiempo y el espacio por el cambio climático. Son cada vez más frecuentes e intensas, por lo tanto con más presión sobre la generación de energía y la industria. Por ejemplo, las inundaciones de 2011 en Tailandia afectaron a 800 instalaciones que empleaban a 450,000 trabajadores y causaron una interrupción mundial en el suministro de unidades de disco (Winn, 2011). Además, los desastres de aparición lenta, como el aumento del nivel del mar, afectarán a las extensas zonas costeras donde las empresas de servicios públicos de energía y la industria se encuentran comúnmente.

**Figura 7.2** Categorías de los impactos del cambio climático para los negocios



Fuente: Freed y Sussman (2008, fig. 2, pág. 13).

### 7.2.2 Riesgos para los Negocios

Los efectos hídricos del cambio climático generan riesgos para las empresas y la generación de energía desde varias perspectivas<sup>13</sup>. Los impactos del cambio climático (muchos relacionados con el agua) se ilustran para el sector de la minería y los metales en la Figura 7.2, donde se muestran tres niveles de ampliación del riesgo. El nivel interior son los impactos primarios in situ en las operaciones principales; el siguiente nivel incluye los riesgos que afectan a la cadena de valor, como los relativos a las materias primas; el nivel exterior muestra impactos de terceros, incluido el suministro de energía (ICMM, 2013).

El cambio climático también puede ser un "multiplicador de amenazas" para los riesgos empresariales. Por ejemplo, la escasez de agua conecta y afecta a la energía, la industria y los alimentos. Los negocios enfrentarán dificultades al abordar y gestionar todas estas facetas. De hecho, la mayor parte del riesgo para la industria y la generación de energía se origina fuera de sus líneas de defensas y está fuera de su exclusivo control e influencia (Tabla 7. 3).

**Riesgos de Operativos:** El estrés hídrico puede detener la fabricación o la generación de energía, puramente a través de la falta de agua. Los impactos también se extienden a aspectos operativos, afectando el suministro de materias primas, interrumpiendo las cadenas de suministro y causando daños a instalaciones, equipos y también infraestructura. Esto a su vez podría interrumpir el transporte

<sup>13</sup> La información de esta subsección proviene principalmente de UNGC/UNEP/Oxfam/WRI (2011), Schulte (2018) y OCCIAR (por sus siglas en inglés) (2015).

**Tabla 7.3 Riesgos del cambio climático para algunos de los principales sectores de negocios**

Sector de Negocios	Riesgos ilustrativos	Preocupaciones
Energía y servicios públicos	Riesgo reputacional; riesgo físico debido a los fenómenos meteorológicos extremos; la demanda máxima podría superar la capacidad; el clima caliente puede reducir la eficiencia de la extracción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles daños físicos al personal y al equipo, posible interrupción de las actividades de producción de las instalaciones offshore.</li> <li>• Cambios climáticos significativos (principalmente relacionados con la temperatura, pero también por las condiciones del viento y del agua) de un año a otro pueden causar variaciones sustanciales en el equilibrio de la oferta y la demanda de electricidad y gas.</li> <li>• La escasez de agua y las olas de calor pueden reducir la producción de energía hidroeléctrica.</li> </ul>
Fabricación y bienes de consumo	Precios más altos de las materias primas y el agua dulce; precios más altos de la energía; cambios imprevistos en las preferencias de los clientes; interrupciones de la cadena de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aumento drástico de los precios de la energía tendrá un impacto negativo en los costos de operación.</li> <li>• Menor disponibilidad, suministro y calidad de materias primas y agua dulce.</li> <li>• Cuellos de botella de producción debido a fallas funcionales en las cadenas de suministro.</li> </ul>
Minería y metales industriales	Riesgo regulatorio; vulnerabilidad a la escasez de energía y agua debido a la intensidad de uso; lluvias e inundaciones que conducen a un posible desbordamiento de los depósitos de almacenamiento que contienen contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aumento de la presión regulatoria afectará a la industria siderúrgica en términos de impacto en el proceso, la ubicación de las instalaciones y la disponibilidad de materias primas.</li> <li>• Preocupación por la seguridad energética cuando la energía proviene de grandes centrales hidroeléctricas, a través de compañías eléctricas nacionales y seguridad del agua.</li> </ul>
Alimentos y bebidas	Escasez de agua; daños en los cultivos debido a los extremos climáticos; mayor exposición a nuevas plagas y enfermedades; problemas de transportación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La escasez de agua es la principal vulnerabilidad.</li> <li>• El impacto del cambio climático en los productos agrícolas está aumentando.</li> </ul>

Fuente: Adaptado del UNGC/UNEP/Oxfam/WRI (2011, tabla 1, pág. 21).

y afectar a la energía (p. ej., líneas de transmisión y tuberías) y las comunicaciones. Los resultados pueden reflejarse en términos humanos con condiciones de trabajo inseguras, efectos para la salud, más ausentismo y menor productividad. Además, el cambio climático importante puede producir cambios rápidos en la demanda de los consumidores, por ejemplo, en el de la energía. Para abordar dicho aumento de la demanda, usualmente se necesitará agua para la generación.

**Riesgos regulatorios:** La adaptación a tal cambio climático promoverá los cambios regulatorios correspondientes sobre la regulación de uso del agua, asignación de agua, precios, efluentes, desarrollo, riesgo de desastres, etc. Es probable que el cumplimiento afecte a los sectores de la energía y de la industria, aumentando los costos operativos y exigiendo informes adicionales sobre sus riesgos climáticos y medidas de adaptación. Sin embargo, por el contrario, el riesgo regulatorio es posiblemente mayor cuando hay regulaciones y controles inadecuados sobre los recursos hídricos, lo que resulta en circunstancias inciertas.

**Riesgos de Reputación:** Cuando las personas, particularmente como consumidores pero también como inversores y partes interesadas, se vuelven más conscientes del cambio climático y de las formas en que les afecta, pueden observar más críticamente a las operaciones y el comportamiento corporativos, y a las medidas de mitigación y adaptación con respecto a las emisiones de GEI y el uso del agua. Las percepciones negativas de las empresas pueden resultar en una serie de consecuencias, desde la mala prensa y reputación hasta la incapacidad para operar.

**Otros riesgos:** Los riesgos financieros, de mercado y políticos impulsados por el agua, también forman parte de la ecuación general. Por ejemplo, a las empresas les puede resultar cada vez más difícil financiar si se ubican en países de bajos ingresos propensos al estrés hídrico, agravado por el cambio climático.

Además, los cambios demográficos y el movimiento de la población relacionados con los problemas hídricos, pueden cambiar la base de clientes. Esto podría tener un efecto positivo al aumentar la demanda de más productos eficientes en energía y agua, pero el poder de gasto puede reducirse en los países de ingresos bajos, ya que más dinero se destinará al proceso de adaptación al aumento del estrés hídrico. Las luchas contra el cambio climático y sus problemas asociados, incluido el agua, pueden producir inestabilidad política e incluso conflictos. Esto no sólo presenta incertidumbre, sino incluso amenazas a las empresas, en particular aquellas que están fuertemente focalizadas en un país en particular.

## 7.3 Reacciones y oportunidades

A pesar del creciente énfasis reciente en los impactos del cambio climático en los sectores de la energía y la industria, la cuestión ha sido reconocida durante algún tiempo. Esto se observa en iniciativas relacionadas con el agua por muchas empresas que trabajan con CEO Water Mandate y el CDP (el sistema global de divulgación para inversores, empresas, ciudades, estados y regiones, anteriormente conocido como el Proyecto de Divulgación de Carbono, por sus siglas en inglés), así como en los primeros informes de organizaciones como el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (por sus siglas en inglés) (WBCSD, 2009) y el Pacto Mundial de la ONU (UNGC por sus siglas en inglés) (UNGC/Goldman Sachs, 2009). El sector privado está "despertando" a la importancia de la seguridad hídrica y reconociendo los impactos significativos que el cambio climático podría tener en el éxito comercial (CDP, 2017a). Un gran y creciente número de empresas están actuando ahora para lograr resultados positivos, por ejemplo reduciendo la cantidad de agua utilizada en la fabricación, lo que a su vez reduce la energía necesaria para el tratamiento del agua. Las reacciones al cambio climático abarcan ampliamente medidas que implican mitigación o adaptación y, a veces, una combinación de ambas. Para las empresas, hay consecuencias asociadas a la acción, así como a la inacción. Tales consecuencias pueden ser objeto de una globalización comparando los costos de acción (p. ej., la protección contra inundaciones de los edificios) que podrían compartirse o trasladarse (p. ej., a los seguros) con el costo de la inacción (p. ej., la interrupción de la energía debida a inundaciones) (ISO, 2019).

Más de 50 signatarios corporativos del informe de la Alianza Empresarial para el Agua y el Clima (BAFWAC<sup>14</sup> por sus siglas en inglés) informan, gestionan y actúan sobre sus impactos en el agua y el clima a través de CDP (Cuadro 7. 1). CDP anualmente compara cada una de estas empresas para realizar un seguimiento de su progreso hacia un futuro bajo en carbono y seguro del agua. En general, los datos sugieren que las empresas no pueden tomar medidas sobre estos temas en silos.

***El sector privado está "despertando" a la importancia de la seguridad hídrica y reconociendo los impactos significativos que el cambio climático podría tener en el éxito comercial***

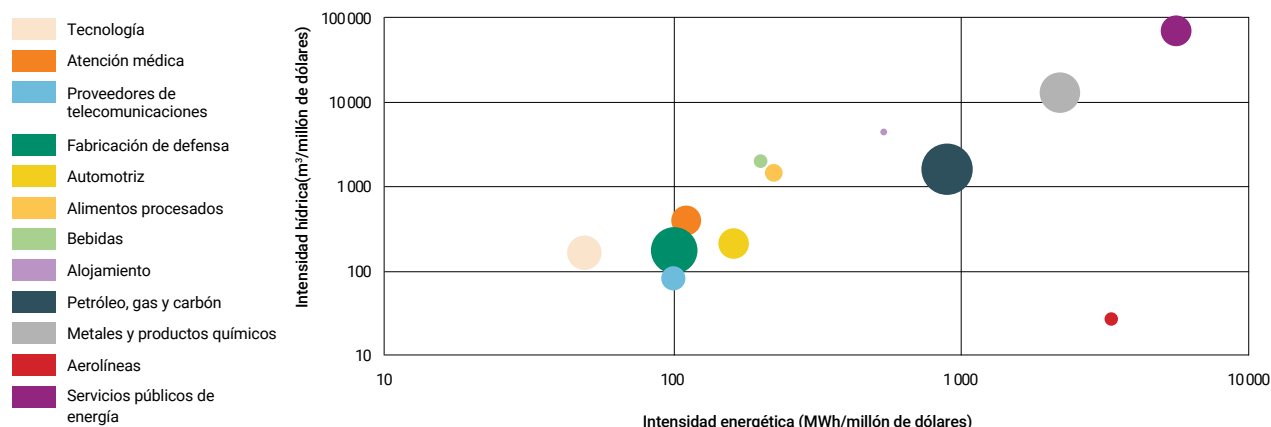
Los esfuerzos mundiales de descarbonización podrían depender de cómo las empresas gestionen el agua (CDP, 2016). En 2016, CDP reportó un costo de 14 mil millones de dólares por impactos relacionados con el agua derivados del cambio climático, un aumento quintuplicado con respecto al año reportado anterior. Además, CDP analizó las actividades de reducción de emisiones divulgadas por las empresas y constató que casi una cuarta parte (24%) de estas actividades dependían de tener un suministro confiable de agua para su éxito. Estas actividades, que incluían mejoras en la eficiencia energética y compras de energía baja carbono, podrían reducir 125 millones de toneladas métricas de emisiones de CO<sub>2</sub> al año, lo que equivale al cierre de 36 centrales eléctricas de carbón durante un año. Asimismo, más de la mitad de las empresas reportaron menores emisiones de GEI a través de una mejor gestión del agua. Figura 7.3 muestra la relación entre el agua y la intensidad energética de algunas industrias importantes.

### 7.3.1 Mitigación de gases de efecto invernadero, energía y uso del agua

Las iniciativas sobre el cambio climático se centran en gran medida en la energía, ya que aproximadamente dos tercios de los GEI antropogénicos del mundo, se deben a la producción y al uso

<sup>14</sup> La BAFWAC fue lanzada conjuntamente por CDP, el CEO Water Mandate, SUEZ y el WBCSD (por sus siglas en inglés), en diciembre de 2015 y desde entonces ha sido respaldado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Cada año, la BAFWAC realiza un seguimiento e informa de los progresos de las empresas signatarias hacia el compromiso de la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) de la CMNUCC. BAFWAC se disolverá a finales de 2020.

**Figura 7.3** La intensidad de agua y energía en las principales industrias



Nota: Área de burbujas proporcional a los ingresos totales de la industria.

Fuente: Metzger et al. (2016, fig. 2, pág. 4).

### Cuadro 7.1 Empresas y cambio climático

Las empresas reportan riesgos comerciales significativos por cuestiones relacionadas con el agua y el clima.

- Colgate Palmolive informa que en 2016, El Niño causó una severa sequía en el sudeste asiático, afectando el rendimiento de la fruta de palma y reduciendo la producción de aceite de palma en un 27% en la primera mitad del año frente al mismo período del año anterior. Estos cambios afectaron la cadena de suministro de Colgate, y la compañía ahora evalúa las implicaciones futuras de la escasez de agua en los productos básicos clave.
- El cambio climático afecta la demanda y el suministro de electricidad. La empresa francesa de suministro de energía ENGIE informa que el aumento de las temperaturas en algunas regiones puede reducir las necesidades energéticas de calefacción de viviendas y edificios, y por lo tanto la demanda de servicios de ENGIE. Por el lado del suministro, el agua es esencial para los procesos hidroeléctricos de ENGIE, y los cambios significativos en las precipitaciones, como las sequías, afectarán sustancialmente la producción de electricidad de la empresa.
- Otras empresas están trabajando para reducir su dependencia de los recursos hídricos en reconocimiento de un clima cambiante. Ford Motor Company fijó un objetivo de reducción del 30% en el uso del agua por vehículo producido para 2020, en comparación con el año base de 3.9 m3 por vehículo en 2015. La compañía está progresando hacia este objetivo y se aseguró un lugar en la lista A del agua de CDP para 2018.

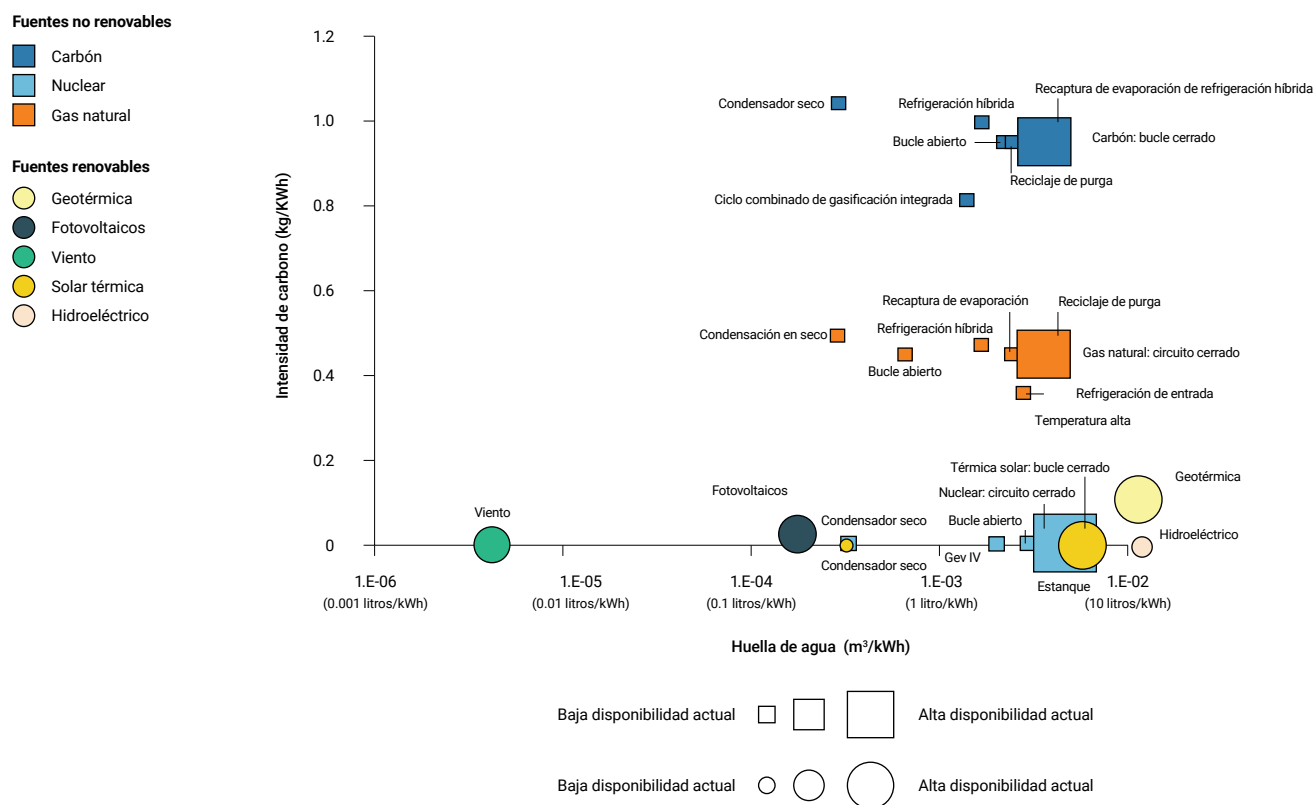
Contribuido por CDP.

de energía (AIE, 2015), y las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la energía aumentaron un 1.6% en 2017 (AIE, 2018). Más del 90% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de energía provienen de combustibles fósiles (AIE, 2015). Desde 1988, sólo 100 empresas privadas y estatales eran responsables del 71% de los GEI<sup>15</sup> industriales globales producidos por las empresas de combustible fósil (CDP, 2017b). Los combustibles fósiles se utilizan principalmente en las estaciones de generación de energía térmica de carbón, petróleo y gas natural, los cuales son usuarios sustanciales de agua para refrigeración y utilizaron 58% del total de extracciones de agua para energía en 2014 a nivel mundial (AIE, 2016). Esto es el nexo central entre

<sup>15</sup> En sentido amplio, esto incluye la producción y combustión posterior de combustibles fósiles en todos los sectores, excepto en su mayor parte en la agricultura.



**Figura 7.4** Indicadores de huella de agua y la intensidad de carbono en la producción de energía por fuente



Fuente: Adaptado del Banco Mundial (2016a, fig. 3.1, pág. 30). © World Bank, [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665), bajo licencia CC BY 3.0 IGO.

energía y agua que se discute más a fondo en un contexto más amplio en el capítulo 9.

Hay una serie de oportunidades para mitigar los GEI y reducir el uso de agua al mismo tiempo. La reducción de la demanda de energía y el aumento de la eficiencia energética son puntos de partida, pero se prevé que la demanda mundial de energía aumente en más de un 25% en el escenario de nuevas políticas de la AIE. Sin embargo, la demanda sería aproximadamente el doble si no fuera por las mejoras en la eficiencia energética (AIE, 2018).

La dirección más prometedora es el mayor uso de tecnología de energía renovable baja en carbono con poca necesidad de agua, como la energía solar fotovoltaica (PV) y la eólica (Figura 7. 4). Se ha estimado que en 2030 estas fuentes de energía renovables podrían ser responsables de una reducción del 50% en las extracciones de agua en el Reino Unido, más del 25% en los Estados Unidos de América (EE.UU.), Alemania y Australia, y por encima del 10% en la India (IRENA, 2015). En la Unión europea (UE), se estimó que la energía eólica en 2012 ahorró tanta agua como la utilizada por siete millones de personas en hogares promedio anualmente, y para 2030, aumentando su uso para reemplazar a algunos combustibles fósiles y generación nuclear, la cantidad de agua ahorrada aumentará aproximadamente de tres a cuatro veces (EWEA, 2014). Estas cifras proporcionan una idea de la magnitud del ahorro de agua que podría ser posible al utilizar también energía renovable en áreas de escasez en los países de bajos ingresos.

Las energías renovables son principalmente una respuesta a las iniciativas de energía limpia/baja en carbono para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. En este sentido, las fuentes de energía renovables no siempre reducen el uso del agua (AIE, 2016). Las fuentes que utilizan calor, como la concentración de energía solar y geotérmica, a menudo requieren agua para refrigeración, lo que aumenta el consumo. Además, la captura y almacenamiento de carbono, la tecnología para prolongar la vida útil de las plantas de combustibles fósiles podría casi duplicar las necesidades de agua (AIE, 2016). Del mismo modo, los

aumentos en la producción de energía nuclear, los cuales son cuestionablemente renovables pero vistos por algunos como energía limpia y sostenible, contribuirán a un mayor uso del agua.

**Una evaluación exhaustiva de la energía hidroeléctrica como fuente de energía limpia y respetuosa con el medio ambiente debe tener en cuenta las emisiones de GEI de los embalses**

La energía hidroeléctrica, que proporciona el 16% de la electricidad mundial (AIE, 2016) y el 70% de la energía renovable (AIE, 2017a), requiere un suministro sustancial de agua. Sin embargo, difiere del agua de refrigeración en el sentido de que, después de pasar por las turbinas, el agua permanece disponible para otros fines aguas abajo (p. ej., riego u otras plantas hidroeléctricas). El uso neto de agua de la energía hidroeléctrica puede reducirse si el sistema de embalse respectivo es multipropósito. Por otra parte, la energía hidroeléctrica desempeña un papel en la integración de otras energías renovables (intermitentes), como la eólica (Hülsmann et al., 2015.). Una evaluación exhaustiva de la energía hidroeléctrica como fuente de energía limpia y respetuosa con el medio ambiente debe tener en cuenta las emisiones de GEI de los embalses, lo que no es una tarea fácil (Banco Mundial, 2017b). La calidad del agua es un problema adicional: se relaciona con las emisiones de GEI, ya que se demostró que estaban vinculadas a la eutrofización, y se estima que el metano comprende el 80% de las emisiones de GEI de los embalses de presas (Deemer et al., 2016). Además, las concentraciones de mercurio metílico aumentan rápidamente en el agua del embalse después de su incautación y persisten durante mucho tiempo, afectando a los peces y a las poblaciones que los consumen (Calder et al., 2016).

Mantener niveles suficientes de agua en los embalses es fundamental para maximizar la eficiencia hidroeléctrica, como lo ilustra el ejemplo de la presa Hoover en la EE.UU., cuya capacidad disminuyó más del 20% a medida que los niveles de los embalses cayeron 40 m entre 1999 y 2014 debido a la prolongada sequía (Capehart, 2015). Además, el consumo de agua por evaporación de grandes áreas de aguas superficiales de embalse, aunque difícil de estimar, puede ser significativo en áreas áridas y semiáridas. Por ejemplo, el presupuesto medio anual de agua para Lake Tahoe (EE.UU.) incluye el 60% para la evaporación (Friedrich et al., 2018). En las áreas de escasez, existente y estimada, y variabilidad del agua debido al cambio climático, la decisión sobre la energía hidroeléctrica implica equilibrar la necesidad de almacenar grandes cantidades de agua con las necesidades de agua de quienes viven y trabajan aguas abajo. En el lado positivo, la flexibilidad de los depósitos en la generación de energía permite una mejor integración de la entrega variable de electricidad por energía eólica y solar en la red (AIE, 2016). En general, si bien la energía hidroeléctrica seguirá desempeñando un papel en la mitigación y adaptación al clima del sector energético, es necesario evaluar la sostenibilidad global de los proyectos individuales, teniendo en cuenta los puntos antes mencionados. Además, deben tenerse en cuenta cuestiones ecológicas y sociales como la deforestación, la pérdida de biodiversidad, cambios en la ecología e hidrología fluvial, la interferencia con el transporte de sedimentos, los desplazamientos de personas, y los impactos en los medios de subsistencia para evitar repetir los problemas ya conocidos (Moran et al., 2018).

El aumento de la participación de las energías renovables en la mezcla energética final, tendrá un impacto directo en la reducción de las emisiones de GEI, pero el efecto en la reducción del uso del agua podría no ser tan pronunciado. Los biocombustibles, si bien ofrecen potencial, hacen hincapié en el enigma de las energías renovables de reducir los GEI y el uso del agua (véase el capítulo 9). Las excepciones notables son la energía eólica y solar fotovoltaica, que también tienen la ventaja adicional de ser cada vez más competitivas con la generación de energía de combustibles fósiles. Desde otra perspectiva, mientras que el 10% del agua extraída a nivel mundial para la energía puede parecer pequeña en comparación con la agricultura, esta cantidad sigue siendo considerable. Un ahorro del 1% anual por un mejor uso de la energía o eficiencia podría proporcionar agua a 219 millones de personas basada en 50 L/día, dependiendo de la ubicación y otros factores. Esto ofrece una importante oportunidad para que el sector energético combata la escases del agua mientras mitiga el cambio climático (Naciones Unidas, 2018a).

### 7.3.2 Descarbonización de la industria

La industria tiene un papel importante en la mitigación del cambio climático y el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París. Estos esfuerzos de mitigación también contribuirían a reducir los impactos conexos con el cambio climático relacionados con el agua a largo plazo. Al mismo tiempo que creó alrededor del 25% del Producto Interno Bruto y el empleo del mundo, la industria también produjo (en

2014) alrededor del 28% de las emisiones mundiales de GEI (con CO<sub>2</sub> que comprenden más del 90%), y entre 1990 y 2014 las emisiones industriales aumentaron un 69%<sup>16</sup>. El amoníaco, cemento, etileno y la fabricación de acero produjo casi la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria (McKinsey & Company, 2018).

Los desafíos para la descarbonización en estas cuatro industrias están en la reducción. Las materias primas producen alrededor del 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y esto sólo puede ser disminuido por cambios de procesos, no mediante el reemplazo del combustible. Además, estas industrias requieren calor de alta temperatura producido por la quema de combustibles fósiles (35% de las emisiones de CO<sub>2</sub>). Existen oportunidades para reducir las emisiones a casi cero, uno de los más significativos es la disponibilidad de electricidad de bajo costo libre de carbono<sup>17</sup> para hornos eléctricos de alta temperatura. Se estima que para descarbonizar completamente estas cuatro industrias se necesitarían entre cuatro a nueve veces más energía limpia libre de carbono, que la cantidad de energía generada por medios convencionales que utilizan actualmente. Esto requeriría grandes cambios en el suministro de energía. Por ejemplo, en la actualidad la energía nuclear e hidroeléctrica probablemente serían las principales fuentes de energía que podrían satisfacer la mayor demanda. Con los precios actuales de los productos básicos, la captura y almacenamiento de carbono es la opción más barata para descarbonizar, particularmente para la industria del cemento (McKinsey & Company, 2018).

Esta mitigación de los GEI industriales enfrenta una compensación con el uso del agua, dependiendo de la combinación de energía renovable libre de carbono. El uso del agua aumentará con la energía nuclear e hidroeléctrica, e incluso la captura y almacenamiento de carbono viene con un mayor uso de agua.

Un informe reciente (ONU, 2017a) señala que las energías limpias para la manufactura pueden acelerarse con la llegada de la Industria 4.0<sup>18</sup> y por tanto, pueden contribuir para hacer frente a los desafíos mundiales, tales como la mitigación del cambio climático, a través de las energías renovables, la reducción de las emisiones de carbono y la optimización del uso de la energía. Existen oportunidades para fomentar la energía renovable y superar su intermitencia si la producción se iguala a la generación máxima. Como tal, la industria y el sector energético podrían integrarse en lo que respecta al equilibrio de carga de la red, en su mutuo beneficio, lo que resultará en redes inteligentes que utilicen la información y la comunicación para gestionar la oferta y la demanda de una variedad de generadores a muchos usuarios. Esto permitiría que la energía solar y la eólica formaran parte de redes más grandes. El siguiente paso podría ser Plantas de Energía Virtual (Virtual Power Plants) (VPP por sus siglas en inglés), que son una combinación de varias fuentes de energía con un centro de control basado en la nube.

### 7.3.3 Adaptación y gestión circular del agua

Con respecto al agua, la adaptación al cambio climático presenta a la industria dos dilemas contrastantes: el estrés hídrico generalmente significa muy poca agua y desastres hídricos que resultan en daños de demasiada agua. En el capítulo 4 se examinan los desastres, en particular las inundaciones, y las "pruebas climáticas" regionales necesarias para todos los sectores. Para el estrés hídrico, la industria tiene una contribución particular y significativa para reducir el uso del agua y ser más eficiente en el agua. Los datos indican oportunidades para que la industria disminuya el consumo de agua en general hasta en un 50% (Andrews et al., 2011 como se cita en WBCSD, 2017).

Al prepararse para posibles riesgos de escasez de agua, las empresas pueden adoptar la gestión circular del agua, donde el uso del agua cambia de un proceso lineal con creciente contaminación (convirtiéndose en aguas residuales) a uno circular, donde el agua recircula y vuelve a circular para su uso continuo (Stuchtey, 2015). A nivel de la planta, la gestión circular del agua se caracteriza por el enfoque 5R: reducir, reutilizar, reciclar, restaurar y recuperar (WBCSD, 2017) (Figura 7.5). Las tres primeras de estas R (erres)

<sup>16</sup> La AIE informa que en 2016, las emisiones de CO<sub>2</sub> globales de la industria aumentarían del 19% al 36% si las emisiones de la electricidad que utiliza le fueran reasignados (AIE, 2017b).

<sup>17</sup> Electricidad producida a partir de renovables (libres de carbono) y a un coste competitivo con respecto a las fuentes de combustible fósil (carbono).

<sup>18</sup> La industria 4.0 representa la siguiente revolución industrial (4ª) y conecta la producción industrial física con la tecnología de la información digital en los sistemas ciber-físicos. También se le conoce como el Internet industrial (de las cosas), manufactura avanzada o manufactura digital (ONU, 2017a).

son enfatizadas, ya que pueden reducir los costos (Cuadro 7.2). Los beneficios de las aguas residuales tratadas son particularmente observados por el WBCSD, como lo es por la UE en su Plan de Acción de Reutilización de Agua, que incluye la industria (CE, s.f.). El potencial de mejora es significativo: en 2010 el 16% de la extracción de agua dulce a nivel mundial se convirtió en aguas residuales industriales y en muchos países solamente un porcentaje bajo se recicla (WWAP, 2017).

**Figura 7.5** Gestión circular del agua



Fuente: WBCSD (2017, fig. 7, pág. 14).

#### Cuadro 7.2 Ejemplos de gestión industrial circular del agua

**Reciclaje:** La planta Pearl Gas-to-Liquid (Planta de gas a líquidos) (GTL por sus siglas en inglés) en Ras Laffan, Qatar, es la planta más grande de su tipo en el mundo, produce 140 000 barriles/día de equivalente de petróleo. La empresa Shell y su socio, Qatar Petroleum, han tomado la decisión de alcanzar una descarga de líquidos cero y reciclar el 100% del agua en un sistema de bucle cerrado. Además del ahorro de agua, los beneficios incluyen el estricto cumplimiento normativo, una menor huella ambiental y una mayor aceptación de la comunidad (Oxford Business Group, 2014).

**Reutilización:** La mina Springvale en Lithgow, Nueva Gales del Sur, Australia, produce el carbón que usa la central eléctrica Mount Piper, que proporciona aproximadamente el 15% de la energía de Nueva Gales del Sur. El agua de la mina se trata y se entrega a través de una tubería de 16 km a la central eléctrica para su reutilización como agua de refrigeración. Esto garantiza el cumplimiento ambiental y operativo en relación con los flujos de agua y, lo que es más importante, permite continuar las operaciones tanto de la mina como de la central eléctrica (Departamento de Planificación y Medio Ambiente del Gobierno de Nueva Gales del Sur, 2017).

**Agua Residual tratada:** Tangshan Iron & Steel (TIS por sus siglas en inglés) en China planea construir una nueva planta de coque (1.5 millones de toneladas por año) y una planta de licuefacción de gas. Estar en un ambiente de escases de agua con volúmenes limitados de admisión y descarga, para apoyar su producción. TIS cuenta con instalaciones de tratamiento de agua que permiten la reutilización del 60% del agua industrial. Adicionalmente, cumple con la estricta regulación y ahorra costos a través de un consumo reducido de agua dulce (Veolia, 2014).

Contribuido por AquaFed.

El uso (o reutilización) de la energía contenida en el flujo del agua, que con frecuencia se disipa por razones operativas, contribuye a hacer circular el ciclo energético. La descarbonización de las fuentes de energía incluyendo la minería, esta energía perdida, que se oculta en gran parte de la infraestructura existente utilizada principalmente para otros fines (agricultura, suministro de agua, aguas residuales, industria, etc.). El desarrollo de estrategias alternativas y soluciones técnicas representa una solución adicional de bajo impacto y lucrativa para la generación de energía. Por ejemplo, existe un alto potencial de energía hidroeléctrica en los sistemas de riego existentes (Marence et al., 2018) y en los EE. UU. más de 80,000 embalses no alimentados ofrecen posibles 12 GW adicionales de energía (Hadjerioua et al., 2012).

#### 7.3.4 Parques Eco-industriales y la economía circular

Las ediciones anteriores del Informe Mundial Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos han esbozado los beneficios de la reutilización del agua y la simbiosis industrial en los parques industriales (WWAP, 2017), y la gestión eficaz del agua y de los efluentes en los parques eco-industriales (EIP, por sus siglas en inglés) (WWAP, 2015). Además, el WBCSD señala que el enfoque de las 5R fomenta la colaboración entre los sectores, y la recuperación de los recursos de las aguas residuales es parte del razonamiento de una economía circular (WBCSD, 2017.). La economía circular<sup>19</sup> se preocupa por evitar o minimizar la producción de desechos, incluidas las aguas residuales.

El desarrollo industrial inclusivo y sostenible, desempeña un papel importante dentro de ambos conceptos de economía circular y economía verde debido a que se impulsan a través de medidas de eficiencia energética e hídrica en programas como la Iniciativa de la Industria Verde (ONU, s.f.b) con Producción Eficiente y más Limpia en Recursos (RECP por sus siglas en inglés). Los EIP (Cuadro 7.3) incluyen muchos de los esfuerzos anteriores en una economía circular local. Existen sinergias entre la economía verde y la adaptación al cambio climático (UNGC/UNEP/Oxfam/WRI, 2011).

#### 7.3.5 La adaptación corporativa

Para el cambio climático, el riesgo para los negocios asociados con el estrés hídrico es uno de los principales impulsores de la reutilización y la eficiencia del agua (WBCSD, 2017). Dependiendo del nivel de tratamiento requerido, las tecnologías son bien conocidas y se basan en variaciones tales como la separación de fases, precipitación, flotación, tratamiento biológico, filtración y separación y soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como los humedales construidos. Además, hay muchas tecnologías nuevas y emergentes. En conjunto con la tecnología, una instalación podría observar las operaciones del día a día, tales como el uso de agua de lavado, una mejor supervisión y detección de fugas. A escala ampliada, una empresa podría evaluar su huella hídrica e incluir las de sus proveedores, que pueden tener efectos de gran alcance, si son grandes usuarios de agua.

La tecnología no es un obstáculo significativo para la gestión circular del agua, a diferencia de la regulación, los recursos financieros, la concienciación y el diálogo (WBCSD, 2017). Es necesario revisar las reglamentaciones para permitir el uso de las aguas residuales y aumentar la confianza del público. Los recursos financieros reflejan el costo y el retorno de la inversión de agua de bajo costo; en tanto que los altos costos en infraestructura a menudo funcionan contra la gestión circular del agua y la economía del verdadero costo y valor del agua necesitan ser mejor comprendidas. La concienciación sobre la reutilización del agua debe estar presente entre todas las partes, desde las empresas hasta los tomadores de decisiones, y otras partes interesadas. La información y los datos también son importantes a este respecto. El diálogo promueve la concienciación y la falta de él impide la acción colaborativa cuando intervienen varios actores interesados.

Las perspectivas, la influencia y el impacto de las mujeres en la respuesta de los negocios y la industria al cambio climático, son potencialmente muy significativos. Se ha observado que las mujeres tienen

---

<sup>19</sup> Una economía circular tiene como objetivo cambiar el sistema lineal existente que va de materia prima a la fabricación a los residuos, a uno en el cual "todo se reutiliza, se vuelve a manufactura, se recicla para obtener materia prima, o ya como último recurso de deshecho" (ONU, s.f.a, pág. 3).



### Cuadro 7.3 Parques Eco-industriales

El concepto del Parque Eco-industrial (EIP por sus siglas en inglés) está cobrando fuerza como forma de colaboración entre industrias ubicadas en una propiedad común, hacia un desarrollo industrial inclusivo y sostenible que va más allá de los acuerdos convencionales (UNIDO, 2017b). Los EIP abordan los pilares ambientales, sociales y económicos del desarrollo sostenible, para los que el agua desempeña un papel importante. Un marco reciente para los EIP establece los requisitos de rendimiento (UNIDO/Grupo del Banco Mundial/GIZ, 2017). Uno de los temas ambientales clave es la adaptación a los riesgos del cambio climático. Los estándares de rendimiento del agua, que impliquen circularidad, para el consumo, la eficiencia y el tratamiento son parte de esta dirección. Por ejemplo, los objetivos para el tratamiento de aguas residuales son del 95%, con una responsabilidad de reusar de 50% dentro o fuera del EIP. Como resultado de proyectos piloto sobre EIP en economías en desarrollo y emergentes, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) informó que entre 2012 y 2018 casi dos millones de m<sup>3</sup> de agua fueron ahorrados por año (ONUUDI, 2019).

un enfoque más amplio de la mitigación y apoyan acciones más amplias en relación con el cambio climático. El predominio de los hombres en la energía, transporte e industria se traduce en un enfoque más tecnológico que en el comportamiento (OCDE, 2008). Si las mujeres tuvieran un mayor papel en la toma de decisiones, las soluciones holísticas de mitigación podrían tener más peso. En los países de la OCDE, las mujeres son más propensas que los hombres a examinar las prácticas ambientales de las empresas cuyos productos compran (OCDE, 2008).

Los estudios de caso y encuestas del UNGC/PNUMA (2012) y el WBCSD (2017) han identificado algunas características generales relacionadas con las empresas y la adaptación al cambio climático, que han tenido éxito cuando se aplican al agua. Varios se relacionan con los esfuerzos internos del personal, como proporcionar apoyo de alto nivel, establecer equipos para centrarse en el cambio climático y recompensar la innovación y la realización de los objetivos establecidos. Otros abordan la dirección de la empresa, por ejemplo vinculando la adaptación a las iniciativas empresariales y al negocio principal. Esto podría incluir la planificación y el diseño para el tratamiento de aguas residuales al principio de un proyecto, para asegurar que las aguas residuales se reconozcan como un valor y un ahorro en lugar de un costo. También es significativo incluir los intereses de la comunidad de una manera participativa y no simplemente como filantropía corporativa. La gobernanza de la cuenca encierra la consideración para todos los usuarios, incluida la industria. Esto depende de una comunicación eficaz y de buenas relaciones, que también son importantes dentro de un negocio. Las empresas se enfrentan a un amplio conjunto de cuestiones relacionadas con el cambio climático. Como el agua es muy importante en este sentido, debe formar parte de una estrategia y plan de acción general.

En cuanto al comportamiento corporativo, la administración del agua para las empresas es la siguiente etapa más allá de la gestión del agua, con el fin de reconocer el uso compartido y la sostenibilidad a largo plazo del agua en las cuencas fluviales (Newborne y Dalton, 2016). Va "más allá de la de la pared de la fábrica" y más allá de la responsabilidad social corporativa convencional, el abordar la extracción y asignación de agua como cuestiones más importantes que la simple reposición, tiende a preservar el statu quo de los negocios. Esto puede requerir compromisos, compensaciones o reducciones del uso del agua en las áreas estresadas. Los esfuerzos de administración del agua están vinculados a la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), que a menudo es dirigida por los gobiernos, ya que estos necesitan fomentar el espacio para el diálogo con el sector privado. Además, debe integrarse un enfoque en los derechos humanos en la administración del agua y en la GIRH, tomado de los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Las Empresas y los Derechos Humanos (HRC, 2011), para influir en la dirección de las empresas en estas esferas.

## 7.4 Avanzando

"Ofrecer un futuro seguro del agua requerirá una transformación completa de nuestra economía global" (CDP 2018, pág. 11). El éxito requerirá que las empresas realineen sus modelos de negocio, productos y prácticas, de manera que desacoplen la producción y el consumo del agotamiento de los recursos hídricos. Responder a la crisis global de agua y clima no solo significaría una mejor gestión del agua, sino, más importante, también una mejor gestión empresarial.

El camino por seguir en la gestión del agua para mitigar y adaptarse al cambio climático apunta a algunos cambios significativos y un alejamiento grande de la operación normal del negocio (Figura 7.6). "Las empresas proactivas pueden desarrollar estrategias para abordar los riesgos del cambio climático en sus operaciones y cadenas de suministro, así como estrategias para capturar nuevas oportunidades de mercado e involucrar a clientes y comunidades para satisfacer las necesidades en medio de las condiciones climáticas cambiantes" (UNGC/UNEP/Oxfam/WRI, 2011, pág. 28). Uno de los mayores cambios, será ver el cambio climático como una oportunidad. Esto requerirá una comprensión de cómo la adaptación puede mejorar las perspectivas de negocio y por qué no es sólo otro costo no deseado. También, el reconocimiento de que la mitigación y adaptación al cambio climático son responsabilidad de todos, y que la energía y la industria tienen un papel importante que desempeñar a través de muchos actores. Los propietarios, accionistas, empleados, clientes, proveedores y comunidades están en esto juntos y se verán afectados tanto en el comunal como personalmente. Esto requerirá un enfoque a largo plazo con planificación preferente y acciones tanto dentro como fuera de la valla (UNGC/UNEP/Oxfam/WRI, 2011). Los negocios tendrán que alejarse de la mentalidad de "capitalismo trimestral"<sup>20</sup> (Barton, 2011). Esto ya es evidente con la idea de un capitalismo inclusivo<sup>21</sup>. "Es mucho más inteligente anticipar y abordar los impactos del cambio climático y construir resiliencia por adelantado que simplemente responder a los costos humanos y económicos después de que se produzcan los impactos". (UNGC/UNEP/Oxfam/WRI, 2011, págs. 2011, pág. 16).

---

<sup>20</sup> Este es un enfoque en los objetivos de ganancias trimestral (a corto plazo), en contraposición con mentalidad e inversiones a largo plazo.

<sup>21</sup> "Capitalismo inclusivo" es un movimiento global para involucrar a líderes en todos los sectores empresariales, gubernamentales y civiles y alentarlos a practicar e invertir de maneras que extiendan las oportunidades y beneficios de nuestro sistema económico a todos. (Coalition for Inclusive Capitalism, S.f.) (Coalición por un Capitalismo Inclusivo).

**Figura 7.6** Adaptación al clima y estrategia corporativa

← Entorno empresarial cada vez más volátil	Cómo hacer negocios en un clima cambiante	Entorno empresarial cada vez más resiliente →
<b>OPERACIONES</b>		
Mayores costos de recursos Pérdidas de productividad Daños físicos, pérdidas excesivas	Recursos, materiales Fuerza laboral Activos fijos, infraestructura	Recursos sostenibles Grupos de trabajo estables Estructuras resilientes, seguro accesible
<b>ESTRATEGIA DE MERCADO</b>		
Interrupción de la cadena de suministro Productos obsoletos	Cadena de suministro, distribución Productos, clientes de servicios	Nuevos modelos logísticos Nuevo mercado, demanda emergente
<b>COMPROMISO DE LOS PARTICIPANTES INTERESADOS</b>		
Ineficiencia Sospecha Conflicto	Tomador de decisiones Inversionistas Comunidades	Asociaciones Transparencia Licencia para operar

Fuente: Adaptada del UNGC/UNEP/Oxfam/WRI (2011, fig. 4, pág. 28).

# 8

## Asentamientos humanos



Edificio rascacielos verde en Sídney (Australia).

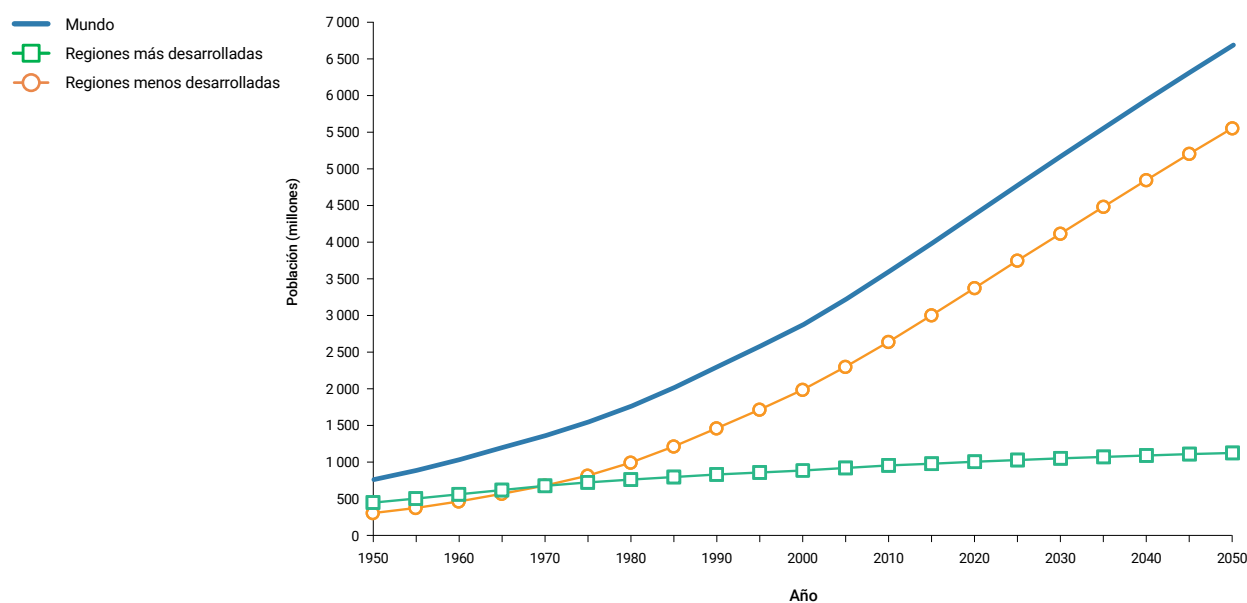


*Este capítulo describe los vínculos entre el agua, el clima y los asentamientos humanos, lo que pone de relieve la necesidad de aumentar la resiliencia a través de una planificación urbana flexible y de largo plazo.*

## 8.1 Introducción

La mayor parte de la población mundial (4.2 mil millones de 7.6 mil millones en 2018) vive en ciudades. Las estimaciones de los asentamientos humanos en el futuro (con una población mundial de 8.6 mil millones en 2030 y 9.8 mil millones en 2050) muestran que hasta el 60% de la población mundial vivirá en ciudades en 2030, y el 66.4% en 2050 (Figura 8.1). En 2018 se estimó que tres veces más habitantes urbanos vivían en las regiones menos desarrolladas que en las más desarrolladas (3.2 mil millones frente a 1.0 mil millones) y se espera que esta proporción aumente a medida que se produzca la gran mayoría del crecimiento de la población urbana en las regiones menos desarrolladas del mundo (DAES, 2019).

**Figura 8.1** Poblaciones urbanas estimadas y proyectadas del mundo, las regiones más desarrolladas y las regiones menos desarrolladas, 1950-2050



Fuente: DAES (2019, fig. I.1, pág. 13). ©2019 United Nations. Reimpreso con el permiso de las Naciones Unidas. La presente obra es una traducción no oficial de la que el editor acepta toda la responsabilidad.

A medida que los asentamientos humanos continúan expandiéndose, la presión sobre los escasos recursos, como el agua, se está acumulando y exacerbada aún más por los impactos del cambio climático. Aunque las ciudades son un centro de desarrollo económico, generación de ingresos e innovación, están marcadas por las desigualdades en salud, agua, saneamiento y oportunidades económicas. Por ejemplo, la urbanización desordenada e insostenible tiene un servicio e infraestructura de provisión de agua saturado,



así como instalaciones de tratamiento de aguas residuales, a menudo exponiendo a la larga a las personas a riesgos para la salud, relacionados con la calidad y disponibilidad del agua. Es importante entender que las amenazas para la escasez de agua se sentirán con mayor intensidad a corto plazo debido a la rápida urbanización, mientras que los impactos del cambio climático se desarrollarán en un horizonte temporal más largo. No se ha detectado ninguna señal explícita de cambio climático en los desastres de inundaciones en los registros históricos records hasta 2010. El crecimiento de la población y el desarrollo económico fueron los motores dominantes del aumento del número de personas afectadas y las pérdidas económicas sufridas debido a las inundaciones costeras y fluviales (Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL) 2014).

## 8.2 Agua, clima y desarrollo urbano

Es en los asentamientos urbanos s donde los impactos del cambio climático se sienten con mayor intensidad en los sistemas de agua. Estos impactos incluyen extremos como temperaturas más altas, menos precipitaciones y sequías más graves; por otra parte una mayor frecuencia de lluvias torrenciales y de los episodios de inundaciones. Son precisamente estos extremos los que dificultan tanto la planificación del espacio urbano y como la provisión de infraestructuras.

***La urbanización desordenada e insostenible tiene un servicio e infraestructura de provisión de agua saturado, así como instalaciones de tratamiento de aguas residuales***

Se estima que la reducción de la disponibilidad de agua significará que para 2050, 3.9 mil millones de personas (más del 40% de la población mundial) vivan bajo un estrés hídrico severo (Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos de la (PBL), 2014). El cambio de clima afecta todas las partes del ciclo del agua. Las zonas del mundo más afectadas en términos de cambios en la disponibilidad de agua incluirán Oriente medio, Asia oriental y gran parte de África (IPCC, 2014a). El impacto físico de las inundaciones y los deslizamientos de tierra resultantes, afectarán significativamente a los entornos urbanos, no sólo en los daños a la infraestructura, sino también en la pérdida de vidas y la destrucción irreversible de la tierra (véase el capítulo 4). Incluso en el mundo desarrollado hay poca resiliencia. En el Reino Unido, los costos de inundación durante el invierno de 2015-2016 alcanzaron 7.5 mil millones de dólares (Millery Hutchins, 2017). Alrededor del 50% de la población de Asia (2.4 mil millones de personas) residen en las zonas costeras de baja altura. El aumento del nivel del mar intensificará los impactos relacionados con las inundaciones de los fenómenos climáticos extremos. Además, algunas tierras agrícolas se volverán inadecuadas para su uso, como resultado del aumento de la salinización. En la región de Asia y el Pacífico, las tormentas, las inundaciones y los deslizamientos de tierra matan a 43 000 personas al año (CESPAP, 2018).

La infraestructura física para la provisión de agua y servicios de saneamiento también puede sufrir daños, lo cual puede provocar la contaminación de suministros de agua, y el vertido de aguas residuales y aguas torrenciales no tratadas en los entornos residenciales. El acceso al agua potable se ve afectado, con una pérdida significativa de vidas. Aparte de las enfermedades transmitidas por el agua, muchos otros riesgos para la salud se exacerban. Tras los episodios de inundaciones se suelen observar enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, la fiebre amarilla, la leptospirosis y otras (Okaka y Odhiambo, 2018). Las fuentes de agua subterránea también se ven significativamente afectadas por las inundaciones.

Aunque las estadísticas indican que los niveles de cobertura de provisión de agua y saneamiento en las zonas urbanas suelen ser más altos que en las zonas rurales, existen importantes desafíos asociados con el suministro de servicios (OMS/UNICEF, 2017). Lo más importante es que, la sostenibilidad ambiental y financiera es fundamental a medida que los países se esfuerzan por alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Sus patrones de urbanización en varias ciudades se han vuelto cada vez más complejos debido a la migración relacionada con los conflictos, lo que significa que incluso los mejores sistemas de prestación de servicios planificados, pueden ser arrojados al desorden por una rápida afluencia de personas. Aparte del suministro de agua y saneamiento, otros servicios básicos, como las telecomunicaciones y el transporte, también se ven significativamente afectados.

## 8.3 La creciente necesidad de resiliencia del agua urbana

Cerca del 70% de la población mundial vivirá en aglomeraciones urbanas para 2050. El tamaño, la densidad y el número de centros urbanos han aumentado considerablemente en las últimas décadas. Para 2030, se prevé que el mundo tendrá 43 megaciudades con más de diez millones de habitantes, la mayoría de las cuales se encontrarán en regiones en desarrollo. Sin embargo, las aglomeraciones urbanas de más rápido crecimiento serán ciudades con menos de un millón de habitantes (muchas se encuentran en África y Asia). Aunque una de cada ocho personas vivió en las 33 megaciudades de todo el mundo en 2018, alrededor del 50% de los habitantes urbanos del mundo residen en asentamientos con menos de 500 000 habitantes (DAES, 2019). Cualquiera de estas ciudades es vulnerable a los impactos del cambio climático. Por ejemplo, la capital indonesia de Yakarta, con una población de 10.6 millones de habitantes en 2018 (DAES, 2018), se encuentra junto a una gran bahía y se asienta sobre tierras y llanuras aluviales en subsidencia, lo que la hace extremadamente vulnerable a inundaciones y eventos climáticos extremos. Dichos eventos obstaculizan el acceso al agua potable y a las situaciones de agua extrema son cada vez más frecuentes, un llamado alarmante para que el Estado refuerce los esfuerzos para gestionar la migración humana resultante. Por ejemplo, las inundaciones en 2007 obligaron a migrar a entre 340 000 y 590 000 residentes de Yakarta (Lyon, 2015).

El conjunto de pruebas científicas muestra ahora categóricamente cómo el cambio climático, en particular los cambios en las precipitaciones y los cambios de temperatura extremos, ha exacerbado los desafíos de la gestión del agua (IPCC, 2014a). Muchas ciudades han experimentado problemas con los recursos hídricos, así como eventos de inundación extrema. Sin un enfoque más sistemático de la gestión del agua en las ciudades, las acciones planeadas en el pasado se volverán rápidamente insuficientes. La destrucción de los recursos, la reducción de los servicios y los impactos proporcionales en la salud y el medio ambiente, serán el resultado.

La clave para un enfoque más eficaz es la comprensión del desarrollo urbano en el sentido más amplio. Muchos de los factores que influyen en el desarrollo urbano, no son actualmente bien entendidos por la comunidad del agua. Dado que una combinación de estos factores ejerce una enorme influencia, en un contexto de incertidumbre será necesaria la planificación de diferentes escenarios futuros, en lugar de adoptar un enfoque fijo y rígido. Mediante un mejor involucramiento de las diversas partes interesadas en las ciudades, se debe asegurar su comprensión de los diferentes escenarios, de modo que se puedan tomar decisiones difíciles y justificar.

La resiliencia del agua urbana trasciende las barreras tradicionales de la ciudad, incluida la posible dependencia de cuencas hidrográficas lejanas. En algunos casos, varias ciudades o un grupo de aglomeraciones urbanas extraerán del mismo acuífero, o podría haber intercambio transfronterizo. En tales casos, pueden entrar en juego cuestiones nacionales, regionales o internacionales de recursos hídricos.

## 8.4 Áreas críticas para la acción

### 8.4.1 Planificación para el futuro

Si las ciudades van a adaptarse al cambio climático y sobrevivir, tendrán que diversificar su planificación, yendo más allá de un enfoque lineal centrado únicamente en la prestación de servicios, mientras minimizan costos. Esto requerirá una evaluación mucho más amplia de los recursos hídricos y un sistema resiliente diseñado para proteger contra las crisis. Dichas crisis pueden no sólo ser causadas por el cambio climático, sino que también pueden verse afectados, para bien o para mal, por múltiples otros factores, incluyendo:

- Crecimiento y urbanización de la población (incluida la migración inducida por los conflictos el clima);
- Avances tecnológicos;
- Crecimiento económico;
- Planificación del uso de la tierra; y
- Gestión de la competencia entre sectores.

Hay algunos ejemplos en los que la acción en un sector relacionado puede afectar indirectamente a los recursos hídricos. Por ejemplo, las regulaciones de vivienda pueden influir en la escorrentía de las zonas residenciales y, por lo tanto, ayudar a mitigar los riesgos de inundación. La planificación de escenarios múltiples es, por lo tanto, una estrategia mucho mejor, pero debe llevarse a cabo de manera abierta e inclusiva.

El consenso efectivo en la construcción no se puede omitir. Una manera efectiva de apoyar la toma de decisiones son los marcos de múltiples interesados, institucionalizados a nivel de ciudad, particularmente cuando se confrontan con diferentes escenarios para el futuro. La reciente sequía en Ciudad del Cabo (Sudáfrica) subraya claramente la importancia de una estrategia comprometida de "ciudad entera" (Cuadro 8.1). Tener la autoridad de la ciudad como facilitadora proporciona un punto de referencia al cual otras partes interesadas pueden fijar sus propios compromisos y promueve la idea de responsabilidad y propiedad.

No existe una solución prescriptiva para abordar la resiliencia del agua urbana. Cada situación varía y requiere un análisis independiente.

#### **8.4.2 Identificación de áreas críticas de escasez de agua**

Si bien el cambio climático ya está afectando significativamente los recursos hídricos, la demanda por aumento de la población y la urbanización exacerbarán aún más el estrés hídrico (definido aquí como una tasa de explotación del agua de más del 40%) en muchas cuencas del mundo, en particular las de las zonas densamente pobladas de las economías en desarrollo. Para 2050, se estima que 40% de la población mundial vivirá bajo el estrés hídrico severo (Figura 8.2), incluyendo casi toda la población de Oriente Medio y el sur de Asia, y partes significativas del norte de África y China. A nivel mundial, la tasa de agotamiento de las aguas subterráneas se ha duplicado entre 1960 y 2000, lo que equivale a 280 km<sup>3</sup> por año en 2000 (Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL) 2014). Sin buenas estrategias de gestión, estos factores entrañarán enormes riesgos para la vida (OCDE, 2012).

La escasez puede deberse a una limitación de la fuente y/o al aumento de la demanda, así como a la falta de inversión en una diversidad de fuentes, pero también a los desafíos institucionales y de gestión. La capacidad limitada de los proveedores de servicios de las autoridades locales da como resultado altos niveles de agua "no contabilizada", lo que a su vez reduce la recaudación de ingresos, lo que resulta en una falta de recursos para las operaciones y el mantenimiento. Este círculo vicioso es una realidad en muchas instalaciones públicas más pequeñas en el África subsahariana.

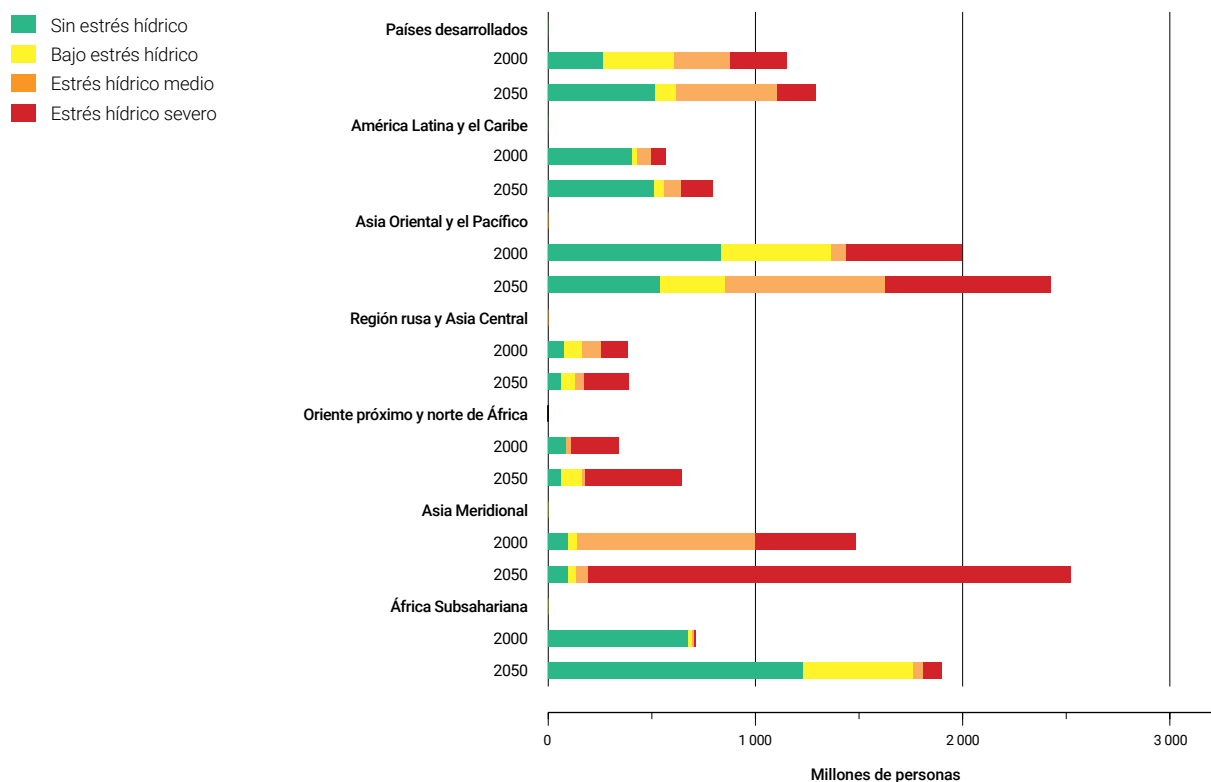
La escasez se percibe a menudo debido a la competencia por los recursos. En los pequeños asentamientos urbanos y rurales, el uso del agua para la agricultura y, en algunos casos, para las aplicaciones industriales, se traduce en una menor disponibilidad para usos domésticos. La escasez en un sector a veces se aborda mejor con acciones en otro sector. Las prácticas de riego mejoradas o la optimización de los procesos industriales pueden liberar agua para los usuarios domésticos. Una cuestión clave a este respecto es que el suministro doméstico deben ser una prioridad, en cumplimiento a los derechos humanos y al saneamiento.

El ejemplo de Ciudad del Cabo, presentado anteriormente en el Cuadro 8.1, muestra cómo se trató una escasez inducida por el clima, mediante la adopción de un nuevo enfoque de gestión.

#### **8.4.3 Contabilizar las huellas de urbanización sobre los recursos hídricos**

En muchos entornos, la urbanización puede dañar los ecosistemas que proporcionan el agua y otros recursos naturales necesarios para un crecimiento sostenible. A medida que una ciudad crece y se expande, la presión sobre los ecosistemas locales puede aumentar hasta el punto en que, para sobrevivir, la ciudad necesita buscar más lejos, aumentando su huella. En la práctica, esto puede significar explotar cuencas que están distantes o aún por desarrollar. Un buen ejemplo es la ciudad de Dakar, donde la ciudad extrae del Lago de Guiers, que está a unos 250 km de distancia. Las autoridades responsables del suministro de agua no siempre son las responsables de la gestión

**Figura 8.2** Número de personas que viven bajo estrés hídrico bajo el Escenario de Línea de Base\*



\* El "Escenario de Línea de Base" se deriva de la tercera Perspectiva ambiental publicada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2012). Supone que no se introducen nuevas políticas y proporciona un punto de referencia con el que se evalúan las diferentes variantes de política.

Fuente: Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (2014, fig. 2.6, pág. 21). Atribución 3.0 No portado (CC BY 3.0).

de captación. Las comunidades principalmente rurales que sobreviven de la pesca y la agricultura de subsistencia alrededor del Lago de Guiers, tienen un impacto potencialmente mayor sobre los recursos del agua que los habitantes de la ciudad en Dakar. Por lo tanto, las intervenciones para asegurar el suministro de agua para Dakar están directamente relacionadas con las actividades de subsistencia de las comunidades ribereñas distantes (Cogels et al., 2001). En este tipo de casos, el pago de esquemas de sistemas de servicios ambientales puede ser beneficioso tanto para la población urbana como para las comunidades que viven alrededor de la fuente (WWAP/ONU-Agua 2018).

Por otro lado, la descarga de aguas residuales también puede afectar significativamente a los usuarios aguas abajo. La zona conurbada de Accra-Tema en Ghana, extrae agua del río Densu. Debido a las actividades aguas arriba, particularmente la minería de arena, el lavado de automóviles y las descargas de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la calidad del agua en el río es tan pobre que está cerca de los límites del tratamiento económico como fuente de agua potable (Yeleliere et al., 2018).

La rápida expansión urbana, con frecuencia da lugar a que la tierra de calidad marginal se utilice para la construcción de casas e infraestructuras. Es puede ocurrir en humedales, pantanos y llanuras de inundación en los límites de una ciudad. La destrucción de estos sistemas naturales puede tener un impacto significativo en la capacidad de almacenamiento y amortiguación del agua durante períodos de precipitación extrema o sequía.

### **Cuadro 8.1 La estrategia de colaboración en materia de agua de Ciudad del Cabo después de la sequía**

La crisis del agua en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, fue provocada por una escasez regional en el Cabo Occidental. Los niveles de embalse se habían reducido desde 2015, y entre mediados de 2017 y mediados de 2018, los niveles de agua estaban entre el 15 y el 30% de su capacidad total (CSAG, s.f.).

La crisis condujo al desarrollo de una estrategia de largo plazo para proteger los recursos, utilizando un enfoque holístico. La estrategia establece los compromisos del municipio metropolitano de Ciudad del Cabo y sus ciudadanos. Las relaciones de colaboración se basan en la confianza, y la confianza se construye donde hay transparencia y responsabilidad mutua, y donde las intenciones declaradas de todos los socios se traducen constantemente en acciones. La estrategia se basa en los siguientes principios :

- 1. Acceso seguro al agua y al saneamiento.** El municipio metropolitano de la ciudad de Ciudad del Cabo trabajará duro para proporcionar y facilitar el acceso seguro al agua y el saneamiento para todos sus residentes en términos de estándares mínimos bien definidos. En particular, la ciudad trabajará con las comunidades en los asentamientos informales y con otras partes interesadas para mejorar la experiencia diaria de acceso al agua y el saneamiento, haciendo hincapié en la creación de confianza y el aumento de la seguridad dentro de estas comunidades.
- 2. Uso prudente.** Ciudad del Cabo promoverá el uso racional del agua por parte de todos los usuarios. Esto incluirá: a) fijar los precios del agua en función del costo de proporcionar suministro adicional, manteniendo al mismo tiempo el compromiso de proporcionar una cantidad básica de agua gratuita para aquellos que no pueden pagar por ella; b) revisar los estatutos y los requisitos de planificación, y utilizar otros incentivos para apoyar la eficiencia del agua y el tratamiento y reutilización de aguas residuales; c) apoyar a la ciudadanía activa, mejorando sustancialmente la gestión y el compromiso de los clientes; y d) gestionar la red de agua de manera eficaz para reducir las pérdidas y el agua sin ingresos.
- 3. Agua suficiente y confiable de diversas fuentes.** Ciudad del Cabo desarrollará nuevos y diversos suministros de agua (que podrían incluir aguas subterráneas, y reutilización del agua desalinizada) de una manera rentable y oportuna para aumentar la resiliencia y reducir sustancialmente la probabilidad de restricciones severas de agua en el futuro. Se compromete a aumentar el suministro disponible en aproximadamente 300 millones de litros por día durante los próximos diez años, y en incrementos adecuados posteriores, de una manera que sea adaptable y robusta a los cambios de circunstancias.
- 4. Beneficios compartidos de los recursos hídricos regionales.** Ciudad del Cabo trabajará con las principales partes interesadas y socios, incluidos otros usuarios de agua urbana y agrícola, y otras esferas de gobierno, para aprovechar al máximo las oportunidades de optimizar los beneficios económicos, sociales y ecológicos de los recursos hídricos regionales, así como reducir los riesgos. Esto se hará a través de procesos colaborativos.
- 5. Un ciudad sensible al agua.** Ciudad del Cabo facilitará activamente su transformación para que a través del tiempo se conviertan en una ciudad sensible al agua, que hace un uso óptimo de las aguas pluviales y las vías fluviales urbanas con el fin de controlar las inundaciones, la recarga de acuíferos, la reutilización del agua y la recreación, basada en principios ecológicos sólidos. Esto se hará a través de nuevos incentivos y mecanismos regulatorios, así como a través de inversiones en nuevas infraestructuras.

*Fuente: Ciudad del Cabo (2019).*

En consecuencia, para mejorar la resiliencia del agua urbana, la planificación debe abarcar mucho más que los límites de la y tener en cuenta el impacto a largo plazo de la expansión urbana sobre la seguridad hídrica. Esto requerirá una consulta más amplia para incluir los conocimientos ecológicos que a menudo están disponibles localmente, sobre la base de los obtenidos a través de décadas de observación y buenas prácticas.



#### 8.4.4 Formas innovadoras para que las autoridades locales y los servicios públicos adopten resiliencia

Los servicios públicos de agua y saneamiento pueden impulsar y liderar el cambio si pasan de un enfoque de negocio como de costumbre, centrándose en la prestación de servicios al menor costo a un plan estratégico con visión a futuro. Dichos planes deben abarcar tanto soluciones a corto plazo, como acciones a largo plazo para promover la prestación eficiente de servicios, al tiempo que abordan la preparación ante emergencias y la inversión de capital a largo plazo.

Las soluciones a corto plazo pueden incluir la gestión de la demanda, una de las herramientas más rentables para mitigar la escasez. La gestión de la demanda de agua combina eficazmente las reducciones de fugas con la promoción de una cultura de ahorro de agua y otros instrumentos comerciales e institucionales. Como resultado, inversiones adicionales para desarrollar nuevos proyectos de suministro de recursos hídricos, son requeridas con menos urgencia de modo que se ahorra dinero a largo plazo. En una situación en la que las pérdidas del sistema son elevadas, esto debería ser un requisito previo para cualquier proyecto futuro de suministro de recursos hídricos. La situación de la escasez de agua en Sao Paulo, Brasil, es un caso claro en el punto (Cuadro 8. 2).

Permanecer sujeto a largo plazo en una inversión costosa e inapropiada de capital, puede limitar en gran medida futuras respuestas, reducir la resiliencia y volver a las ciudades extremadamente vulnerables. La incertidumbre relacionada con futuros escenarios, significa que se debe hacer todo lo posible para adoptar enfoques flexibles, centrándose en acciones a corto plazo, con bajo índice de incertidumbre. Lo mismo aplica a la creación de capacidad. De la experiencia de Sao Paulo, queda claro que el elemento de confianza entre las autoridades y los ciudadanos también es muy importante.

En resumen, en muchos países y ciudades se necesita desesperadamente el desarrollo de marcos estratégicos. Quién en el gobierno es responsable, y qué acciones son necesarias, es difícil de evaluar y depende de las estructuras existentes. Es muy probable, dada la naturaleza integrada de las acciones necesarias, que la responsabilidad recaerá en un ministerio u organismo nacional de planificación.

## 8.5 Conclusiones y recomendaciones

1. Comprender las cuestiones más amplias relacionadas con el desarrollo urbano sostenible, es fundamental para comprender plenamente los impactos directos e indirectos de la gestión del agua urbana en la resiliencia climática. También se necesita cuidadosa consideración de los impactos en los ecosistemas locales de la urbanización por las comunidades, tanto cercanas como lejanas, incluyendo la importancia fundamental de los humedales (Fitzgerald, 2018).
2. Es necesaria una planificación futura de los diversos escenarios para apoyar al agua urbana y la resiliencia climática para garantizar la combinación correcta de intervenciones a corto plazo, con bajo índice de incertidumbre. Planes de inversión de largo plazo, a escala, pueden abordar las preocupaciones reales que enfrentan las ciudades y las aglomeraciones urbanas. Existe una amplia gama de soluciones tecnológicas, de ingeniería y basadas en la naturaleza (SbN) para garantizar la resiliencia urbana. Sin embargo, las mejores soluciones que se pueden adoptar son específicas del contexto.
3. Es importante que los actores a nivel ciudad, y en particular las autoridades locales y los servicios públicos, dirijan y guíen a otras partes interesadas en un enfoque unificado, utilizando al máximo las consultas de múltiples partes interesadas y asegurándose que las campañas y la promoción sean exitosas. Es fundamental hacer hincapié en las consultas con todas las partes interesadas, en particular con las personas más afectadas por el cambio climático, la escasez de agua y la discriminación.
4. Una mayor comprensión de las condiciones ecológicas aguas arriba y aguas abajo, en las áreas donde el agua se extrae y las aguas residuales se descargan, permite un análisis completo de los escenarios futuros. En los casos de transferencia entre cuencas, es necesario un análisis completo de los impactos, incluida la participación de comunidades, ciudadanos o administradores de ciudades para garantizar la viabilidad a largo plazo de dichos regímenes.



### **Cuadro 8.2** Análisis de la escasez de agua en Sao Paulo, Brasil

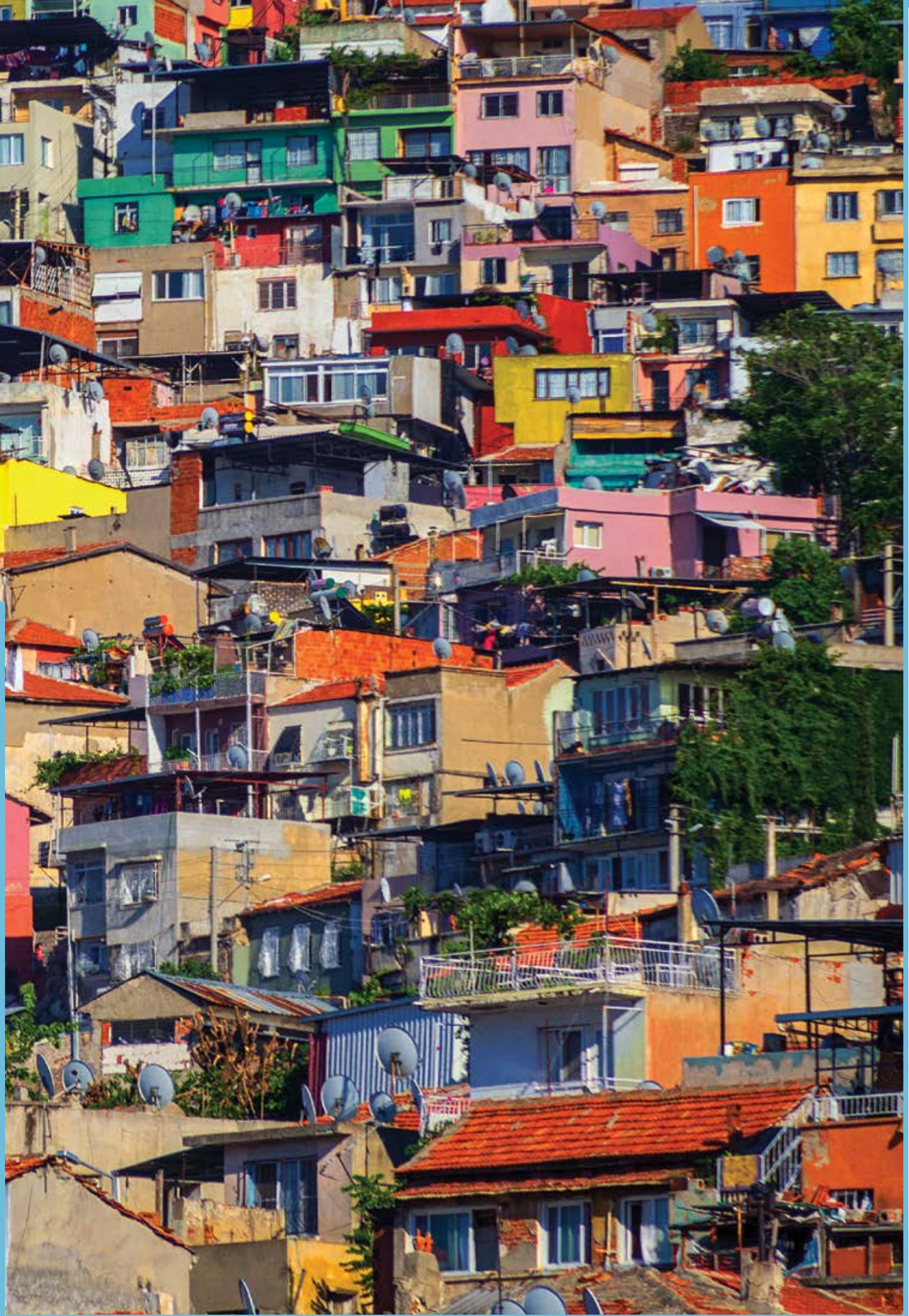
En 2015, el sistema de distribución de aguas de la Región Metropolitana de Sao Paulo (MRSP) estuvo al borde del colapso. Los hogares suministrados exclusivamente por el embalse de Cantareira, eran especialmente vulnerables. De conformidad con los datos de la Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo S.A. (Empresa de saneamiento del estado de Sao Paulo, SABESP) el 23 de abril de 2015, los seis principales manantiales que abastecían al MRSP contenían 305 mil millones de litros de agua, en tanto que la misma fuente había alcanzado 558 mil millones de litros en la misma época del año en 2014. Es decir, incluso con las lluvias por encima del promedio en enero y febrero, la situación era crítica. Mientras que en 2014 todavía había un volumen utilizable en el sistema Cantareira, para 2015 la ciudad tuvo que depender de la reserva técnica.

Una crisis hídrica como esta puede ser una oportunidad para lograr un consumo de agua más eficiente y sostenible, evitar pérdidas y contaminación, así como promover la participación ciudadana. Para que esto ocurra, se sugirió que las medidas y los escenarios estimados deben ser lo suficientemente claros como para obtener la confianza y el apoyo de los ciudadanos, a través de la información sobre el alcance "real" de la crisis y las medidas a tomar.

Es importante analizar el tema desde una perspectiva de oportunidad, ya que la crisis demostró ser un potencial catalizador para los avances estructurales que el país necesitaba. La crisis permitió un canal que definió las grandes obras estructurales de los estados de Sao Paulo y Río de Janeiro, que debían ser patrocinadas principalmente por fondos del Gobierno Federal. La crisis del agua también aceleró profundas discusiones sobre cuestiones polémicas como la conducción de ríos (la sequía en el noreste de Brasil había durado al menos tres años), las altas pérdidas en la red de suministro (estimadas alrededor del 37%), los conflictos de interés en el modelo de concesión para empresas privadas o de capital mixto, la injerencia política en cuestiones técnicas, la negligencia gubernamental, la necesidad de fuentes alternativas de agua (como el agua reciclada, el agua de lluvia, las aguas subterráneas e incluso tecnologías de desalinización), la evaluación del comportamiento individual y colectivo frente a la sostenibilidad, y la necesidad de mejorar el modelo de comunicación institucional y social.

*Fuente: Soriano et al. (2016).*







# 9

## Agua–Clima–Energía– Alimentación–Nexos con el medio ambiente



*A partir de la información y análisis proporcionados en los capítulos 3 al 8, este capítulo ahonda sobre las interrelaciones entre los principales sectores de utilización del agua, describiendo cómo las decisiones adoptadas por alguno de ellos pueden tener repercusiones importantes en los demás. Se destaca la necesidad de un enfoque consolidado para abordar el cambio climático a través del agua, a fin de maximizar los beneficios conjuntos y abordar las compensaciones.*

## 9.1 Contabilizando las interconexiones

Los capítulos anteriores de este informe se centran en lo que se puede hacer para adaptarse y mitigar el cambio climático, a través de una mejor gestión del agua en los diferentes sectores del uso del agua y las partes interesadas. Abordar el cambio climático a través de la gestión del agua debe basarse en una respuesta coordinada, que logre un equilibrio entre los diferentes objetivos sectoriales y las necesidades de todos los usuarios del agua, incluido el medio ambiente. Sin embargo, los diferentes sectores y partes interesadas pueden enfrentarse a una variedad de desafíos con respecto, tanto a la gestión del agua como a la adaptación y mitigación del cambio climático. Las interrelaciones a menudo fuertes entre estos grupos, pueden en algunos casos, conducir a sinergias y beneficios cruzados, y en otros casos requieren compensaciones. El alcance y la magnitud de las oportunidades y compensaciones también variarán en función de los conocimientos, la capacidad, las necesidades y los objetivos disciplinarios particulares de los diferentes grupos. Por lo tanto, los análisis entre sectores y límites son importantes para maximizar los beneficios generales. Además, si bien el enfoque del nexo es teóricamente simétrico, todavía debe abordarse a través de diferentes perspectivas del agua y el cambio climático para comprender mejor los vínculos y cerrar las brechas de conocimiento a través de diferentes disciplinas (Lui et al., 2017).

### 9.1.1 La perspectiva energética

El uso de agua requiere energía. En 2014, la extracción, distribución y tratamiento de aguas residuales, representó aproximadamente el 4% del consumo mundial de electricidad, junto con 50M t.o.e<sup>22</sup> de energía térmica<sup>23</sup> (principalmente diésel utilizado para bombas de riego y gas en plantas desalinizadoras) – y se tiene prospectado que para 2040, la cantidad de electricidad utilizada en el sector del agua, casi se duplicará (véase la figura 3.2). Las necesidades energéticas para el riego y el agua potable aumentan aún más cuando el agua tiene que ser traída desde mayores distancias o desde cuerpos de aguas subterráneas más profundas, o a medida que disminuye la calidad de la fuente. El mayor crecimiento previsto en el consumo de electricidad es para la desalinización y el tratamiento de aguas residuales (AIE, 2016), aunque este último puede ser un proceso positivo energéticamente (de lodos a energía) y la tecnología moderna debería más bien tender a la disminución del uso de energía en los próximos años (véase sección 9.1.4). Por consiguiente, toda reducción en el uso del agua, a través de un mayor ahorro de agua (es decir, la gestión de la demanda) o una mayor eficiencia en el uso y el procesamiento del agua (p. ej., la reducción de fugas) tiene el potencial de reducir la demanda energética del sector hídrico y por lo tanto, ayuda a mitigar el cambio climático, si dicha la fuente energética empleada proviene de los combustibles fósiles.

<sup>22</sup> Toneladas equivalentes de petróleo.

<sup>23</sup> Consumo de energía por el sector del agua (en 2014) es aproximadamente equivalente a toda la energía utilizada por Australia (AIE, 2016).



Por el contrario, la producción de energía también requiere agua. Aunque es probablemente más evidente para el cultivo de biocombustibles o para la extracción de combustibles fósiles (por ejemplo, la fractura hidráulica el llamado "fracking"), los procesos de enfriamiento en la generación de energía térmica representan en realidad el mayor uso del agua del sector energético en términos lo que se extrae (véase la Sección 7.3.1). Mientras que la refrigeración puede afectar la disponibilidad de agua a través de pérdidas por evaporación, los embalses hidroeléctricos también pueden "consumir" grandes cantidades de agua a través de la evaporación (Hogeboom et al., 2018). Las presas y embalses artificiales también alteran los sistemas hidrológicos, lo que a su vez puede afectar al funcionamiento de los ecosistemas y sus servicios, afectando aún más la disponibilidad y calidad del agua. El riego para la producción de biocombustibles (Cuadro 9.1) no sólo consume agua, sino que también puede afectar la calidad del agua a través de la escorrentía de sedimentos, nutrientes y agroquímicos, haciéndolo menos adecuado para otros usos. Por el hecho de necesitar muy poca agua, las energías renovables, como la eólica o la solar fotovoltaica (PV) y determinados tipos de producción de energía geotérmica son, con creces, las mejores alternativas energéticas desde el punto de vista del consumo del agua (WWAP, 2014).

### Cuadro 9.1 Biocombustibles

Se ha estimado que la producción de biocombustibles utiliza entre el 2% y 3% de todas las tierras de agua y agrícolas a nivel mundial (Rulli et al., 2016). Los biocombustibles también representan el 7% de todas las extracciones de agua relacionadas con la energía (más que el petróleo y el gas en la producción de energía primaria), incluyendo cantidades significativas de vapor en la fermentación (AIE, 2016). Las necesidades de agua para los biocombustibles dependen de si los cultivos son regados o se alimentan de lluvia (AIE, 2016). Si son de riego, hay diferentes requisitos dependiendo de la región y el cultivo sembrado la caña de azúcar, el maíz y la soja son los más exigentes en agua y la eficiencia de los sistemas de riego.

Los biocombustibles de segunda generación, fabricados a partir de diversos tipos de biomasa no alimentaria, ofrecen alguna promesa en términos de reducir la cantidad de agua utilizada. En la actualidad, se incluyen principalmente los residuos agrícolas, alimentarios y municipales, utilizando agua para el propósito original del cultivo. Sin embargo, en el caso de cultivos específicos para biocombustibles avanzados, las cifras de uso del agua aumentarían.

En teoría, los biocombustibles pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en relación con los combustibles fósiles, porque el CO<sub>2</sub> que emiten cuando se queman está equilibrado por el CO<sub>2</sub> que capturan mientras crecen (Biofuel, s.f.a). Sin embargo, no son neutrales en cuanto al carbono debido a la energía que se requiere para crecer y procesar el cultivo, incluyendo la limpieza de la tierra, el cultivo del suelo, la siembra y el riego. Si esto se añade a las emisiones de GEI de la combustión y distribución de biocombustibles al cliente, el resultado es una adición neta a las emisiones de CO<sub>2</sub> (Biofuel, s.f.a; s.f.b). Esto se agrava aún más por los cambios del uso de la tierra, porque se libera más CO<sub>2</sub> cuando se limpia y drena la tierra nativa, y la toma de CO<sub>2</sub> por las plantas originales se pierde. Dado que el bosque original suele ser más eficiente en la captura y el almacenamiento de CO<sub>2</sub> que los cultivos de biocombustibles, la deforestación de la tierra nativa puede producir una "deuda" de carbono que puede tardar cientos de años en ser revertida (Biocombustible, s.f. b). Si bien se ha informado de que la biotecnología más convencional produce menos de un 40% de reducción de las emisiones de GEI en comparación con los combustibles fósiles (Doornbosch y Steenblik, 2007), otros análisis del ciclo de vida sugieren que tales métricas vienen con un alto grado de incertidumbre (Hanaki y Portugal-Pereira, 2018).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2012) señaló que el crecimiento de la producción de biocombustibles es más problemático de prospectar que el crecimiento de otras energías renovables, debido a los numerosos mecanismos de retroalimentación y a las diferencias regionales potencialmente grandes, lo que lleva a incertidumbres significativas. Por ejemplo, la producción de bioenergía a gran escala (sin medidas complementarias) puede dar lugar a efectos negativos con respecto a la deforestación, así como a mayores emisiones de CO<sub>2</sub> por el cambio del uso del suelo, las pérdidas de nitrógeno y el aumento de los precios de los alimentos (Humpeñöder et al., 2018). Si bien los biocombustibles ofrecen potencial, es necesario considerar el equilibrio entre el uso neto del agua y las emisiones netas de GEI, y deben tomarse decisiones para cada caso individualmente, en función de las circunstancias locales, para abordar compensaciones más amplias.

### 9.1.2 La perspectiva de la alimentación y la agricultura

Las medidas de eficiencia hídrica en la agricultura pueden incrementar la disponibilidad de agua y reducir la energía necesaria para el bombeo, reduciendo aún más la necesidad de agua para la producción de energía. Esta baja demanda de energía también puede conducir a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mitigando así el cambio climático. De esta manera, los beneficios cruzados pueden conducir a refuerzos positivos. Del mismo modo, mayor uso de la energía renovable en la agricultura (p. ej., bombas solares fotovoltaicas), así como una mayor eficiencia energética, redundan en más posibilidades de disminuir las emisiones de GEI y reforzar las rentas de los pequeños propietarios (véase cuadro 6.4).

Sin embargo, en la realidad, el aumento en la eficiencia del riego a escala de granjas (p. ej., riego por goteo) a menudo no implica ahorros de agua en escalas más grandes (FAO, 2017c; Koech y Langat, 2018) – más bien, es la producción de cultivos la que aumentó al usar los mismos volúmenes de agua en general. Esto refuerza la importancia crítica de la agricultura de conservación (véase el capítulo 6), que permite a los suelos retener más agua (reduciendo así aún más la demanda de agua y energía), la materia orgánica (carbono) y los nutrientes (WWAP/ONU-Agua, 2018). De esta manera, la agricultura de conservación contribuye directamente a la mitigación y adaptación al cambio climático, con beneficios ecológicos adicionales y una producción de alimentos y fibras sostenible.

Evitar la pérdida y el desperdicio de alimentos proporciona otro camino para reducir las emisiones de GEI. Se estima que entre el 25 y el 30 % del total de alimentos producidos se pierde o desperdicia en todas las etapas de las cadenas de suministro de alimentos (FAO, 2013b; IPCC, 2019c). A medida que el desperdicio de alimentos se descompone libera GEI. Entre 2010 y 2016, la pérdida y los residuos alimentarios mundiales contribuyeron entre el 8 y el 10 % de las emisiones totales de GEI antropogénicas<sup>24</sup> (IPCC, 2019c), una proporción que podría superar el 10% en 2050 (Hi-et al., 2016). Puesto que el 69% del agua que se extrae a nivel global es para la agricultura (AQUASTAT, 2014), reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos podría repercutir de forma considerable en la demanda de agua (y energía), proporcionando así un medio de adaptación (aliviar el estrés hídrico) y mitigación (mediante la reducción del uso de energía).

### 9.1.3 La perspectiva del uso de la tierra y del ecosistema

La biomasa y los suelos de los bosques, humedales y pastizales, gestionados adecuadamente, proporcionan oportunidades de mitigación a través de la captura de carbono (IPCC, 2019c), con importantes beneficios adicionales en términos de ciclo de nutrientes y biodiversidad. Sin embargo, mientras que los ecosistemas saludables tienen el potencial de capturar carbono a una velocidad que supera con creces a cualquier esfuerzo humano relacionado, los ecosistemas degradados pueden pasar de sumideros de carbono a fuentes de carbono. La mejora de la gestión de los ecosistemas sanos para el mantenimiento y/o la rehabilitación de ecosistemas saludables es fundamental a este respecto, sobre todo en el caso de los humedales, que albergan las mayores reservas de carbono entre los ecosistemas terrestres (GIZ/adelphi/PIK, próximamente). Estos ecosistemas también proporcionan una "infraestructura verde" de alto valor para mejorar la protección del agua de origen, desempeñando un papel importante en la regulación de los flujos de agua y el mantenimiento de la calidad del agua. Sin embargo, *"hay un alto grado de variación en los impactos de los ecosistemas en la hidrología tanto dentro como entre los tipos o subtipos de ecosistemas, su ubicación y condición, clima y gestión ... por ejemplo, los árboles pueden aumentar o disminuir la recarga de aguas subterráneas según el tipo de árbol, la densidad y la ubicación"* (WWAP/ONU-Agua, 2018, pág. 27).

Por lo tanto, es imperativo que se tengan plenamente identificados los efectos del cambio de uso de la tierra, incluida la reforestación, en particular, en los sistemas hidrológicos locales. En julio de 2019, un artículo de Bastin et al., que describe los enormes efectos potenciales de mitigación de GEI de un esfuerzo masivo de forestación (más de un billón de árboles de más de 900 millones de hectáreas), recibió atención mundial a través de diversos medios de comunicación. Aunque los resultados fueron debatidos acaloradamente,<sup>25</sup> ni el documento inicial ni sus adversarios proporcionaron ninguna consideración en

<sup>24</sup> Esta estimación incluye emisiones de GEI relacionadas con la producción de alimentos, como así como del propio proceso de descomposición.

<sup>25</sup> Véase, por ejemplo, [www.realclimate.org/index.php/archives/2019/07/can-planting-trees-save-our-climate/](http://www.realclimate.org/index.php/archives/2019/07/can-planting-trees-save-our-climate/)

profundidad de las necesidades de agua y los eventuales impactos hidrológicos (o beneficios potenciales, en su caso) de dicho esquema. Esto ilustra aún más la desconexión general entre las comunidades climáticas y de ciencias del agua.

Como se describe en el prólogo, las prospecciones climáticas en diferentes escalas espaciales y de tiempo pueden o no traducirse en tendencias reales sobre el terreno, en gran parte debido a la complejidad de las interconexiones y ciclos de retroalimentación entre el agua y el uso del suelo a escala local y regional. Varios procesos hidrológicos (infiltración, almacenamiento de agua del suelo, recarga, uso de agua vegetal, otros usos de agua) añaden a esta complejidad, de tal manera que las cadenas simplistas de causa-efecto no son necesariamente aplicables, en muchos casos del “mundo real”. Por ejemplo, aunque los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) podrían predecir un aumento general de las precipitaciones durante un año (o incluso una temporada), esto puede no traducirse en una mayor disponibilidad de agua, especialmente cuando el aumento de la precipitación viene en forma de eventos de lluvias intensas, e incluso puede resultar en períodos más frecuentes y/o prolongados de sequía – de ahí la importancia del uso sostenible de la tierra (Cuadro 9.2). De hecho, *“la aplicación exitosa de las opciones de respuesta depende de la consideración de las condiciones ambientales y socioeconómicas locales. Algunas opciones, como la gestión del carbono del suelo, son potencialmente aplicables en una amplia gama de tipos de uso de la tierra, mientras que la eficacia de las prácticas de ordenación del suelo relacionadas con los suelos orgánicos, las turberas y los humedales, así como las vinculadas a los recursos de agua dulce, dependen de condiciones agroecológicas específicas (alta confianza)”*. (IPCC, 2019c, pág. 19).

#### 9.1.4 La perspectiva de suministro de agua, saneamiento y tratamiento de aguas residuales

Más allá del ahorro de energía relacionado con un uso más eficiente del agua mencionado anteriormente, el mejorar las modalidades de tratamiento del agua, y especialmente las aguas residuales, nos brinda un abanico de oportunidades para luchar contra el cambio climático. Por ejemplo, la reutilización de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas, puede reducir la cantidad de energía que se consume en la extracción de agua, el tratamiento avanzado y, en los casos en que se reutilice el agua residual, en el propio vertedero o cerca del sitio de liberación, el transporte.

Como se describe en la Sección 3.3, las aguas residuales no tratadas son una fuente importante de GEI. Puesto que más del 80% de todas las aguas residuales a nivel global, se vierten al medioambiente sin ser tratadas (WWAP/ONU-Agua, 2018), el tratamiento de su materia orgánica antes de su liberación puede reducir las emisiones de GEI. El biogás producido a partir de procesos de tratamiento de aguas residuales se puede recuperar y utilizar para alimentar la propia planta de tratamiento, de modo que su balance energético sea cero y mejorando aún más el ahorro de energía. Los sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales también ofrecen oportunidades para la recuperación de otras materias primas, como nutrientes, que luego pueden transformarse en fertilizantes y venderse en el mercado, aumentando así aún más el retorno de la inversión mediante la generación de nuevas fuentes de ingresos (WWAP, 2017), con beneficios adicionales para la salud humana y el medio ambiente.

Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales puede conducir en sí mismo a la liberación de ciertos tipos de GEI. El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), por ejemplo, es un potente<sup>26</sup> GEI emitido durante los procesos de tratamiento de aguas residuales. Aunque estas emisiones son relativamente pequeñas (3% del total estimado antropogénico N<sub>2</sub>O emisiones), pueden representar un estimado 26% de la huella de GEI de la total “cadena de agua” (Kampschreur et al., 2009). Las emisiones de N<sub>2</sub>O varían sustancialmente entre las plantas, debido a diferentes diseños y condiciones operativas, así como a las concentraciones de compuestos ricos en nitrógeno (p. ej., orina) contenidos en las propias aguas residuales. En general, las plantas que alcanzan altos niveles de eliminación de nitrógeno emiten menos N<sub>2</sub>O, lo que indica que se puede lograr una alta calidad del agua en conjunción con menores emisiones de N<sub>2</sub>O (Law et al., 2012). La comprensión de los procesos fundamentales responsables de la producción de N<sub>2</sub>O en los sistemas de tratamiento de aguas residuales debería conducir a un mejor diseño y operación de la planta. Además, la recuperación de nitrógenos de aguas residuales no afecta negativamente a la recuperación de fósforo y celulosa, ni a la producción de biogás (Van der Hoek et al., 2018). Los humedales construidos pueden ser eficaces en el tratamiento de las aguas residuales (con poco

<sup>26</sup> El N<sub>2</sub>O tiene un Potencial de Calentamiento Global de 265 a 298 veces mayor que el CO<sub>2</sub> (US EPA, s.f.).

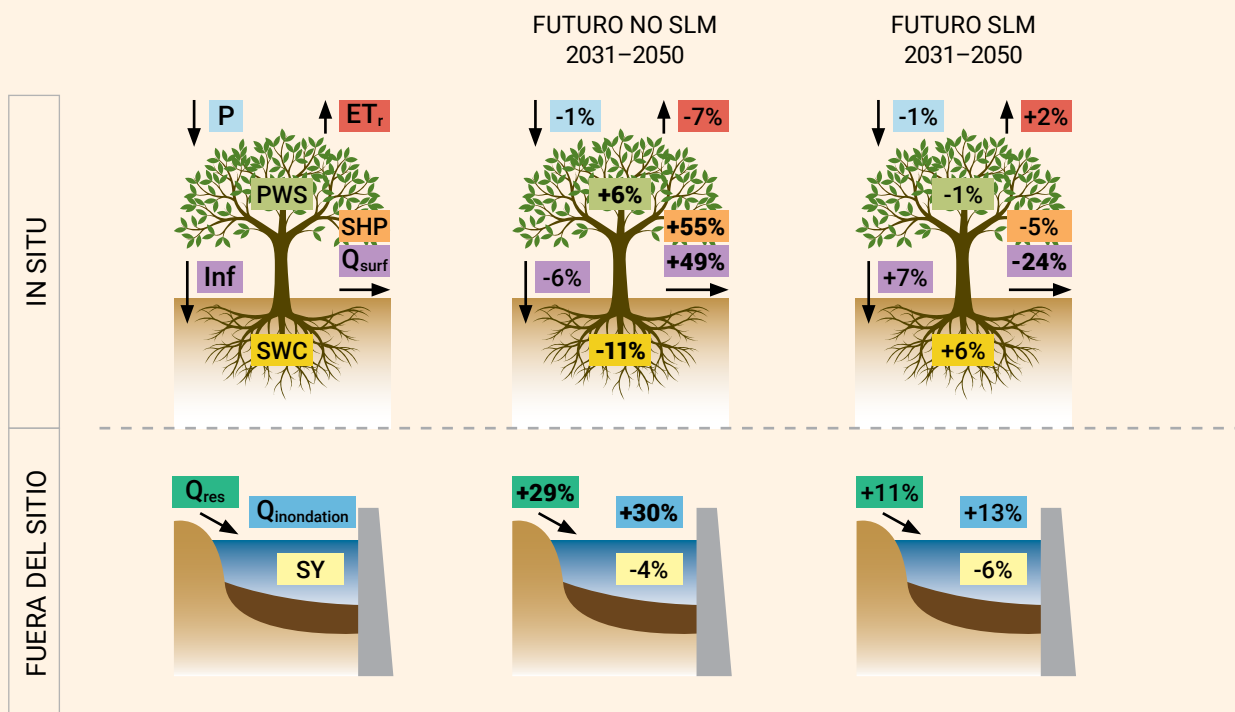
### Cuadro 9.2 Cómo el cambio climático y la gestión sostenible de la tierra afectan la disponibilidad de agua

En la cuenca semiárida del río Segura (sureste de España), se espera que el cambio climático cause una disminución de las precipitaciones totales, así como, lo que es más importante, un aumento de las precipitaciones extremas. Un estudio basado en modelos examinó cómo los aumentos en las precipitaciones extremas afectan la distribución entre el agua almacenada en el suelo (agua verde) y el agua almacenada en los embalses (agua azul). Los resultados mostraron una redistribución del agua dentro de la cuenca, con menos agua verde, como resultado de períodos prolongados de sequía, pero más agua azul, como resultado del aumento de las precipitaciones extremas y la disminución de la infiltración. Las precipitaciones extremas también causaron un aumento de la descarga de inundaciones y la erosión del suelo, lo que amenaza la seguridad del agua en esta cuenca (Eekhout et al., 2018).

Las prácticas de gestión sostenible de la tierra (SLM por sus siglas en inglés) se promueven cada vez más para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático. Eekhout y De Vente (2019) demostraron que los impactos del cambio climático se invierten casi por completo con la implementación a gran escala de SLM (ver Figura). Los escenarios de SLM evaluados se definieron en estrecha colaboración con las partes interesadas, que identificaron la reducción de la labranza y las modificaciones orgánicas como las prácticas de SLM más prometedoras en la agricultura de secano. SLM aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, lo que conduce a una mayor infiltración y una reducción del estrés hídrico de las plantas. Cuando las precipitaciones extremas aumentan bajo el cambio climático, la implementación de SLM mitiga este efecto sobre las precipitaciones al reducir la escorrentía superficial y los procesos relacionados, como la descarga de inundaciones, la erosión del suelo y la sedimentación de los embalses.

Estos resultados enfatizan que los cambios proyectados en la precipitación total por sí solos no son suficientes para inferir cómo cambiará la disponibilidad de agua con el tiempo. Los eventos extremos y las prácticas de manejo de la tierra, tienen un impacto significativo en la distribución de agua entre la superficie y el suelo. Estos cambios pueden afectar al potencial de la lluvia en comparación con la agricultura de regadío, que se basan en diferentes fuentes de agua. SLM puede tener un impacto positivo en el agua del suelo y en la prevención de inundaciones, pero también afectar las aguas superficiales y las actividades económicas que dependen de ella.

Figura Los impactos in situ y fuera del sitio del cambio climático y la implementación de la gestión sostenible de la tierra



Nota: El panel izquierdo define los indicadores, donde P es la precipitación, ET<sub>a</sub> es la evapotranspiración real, PWS es estrés de agua de la planta, Inf es infiltración, SY es erosión de la ladera, Q<sub>surf</sub> es escorrentía superficial, SWC es contenido de agua del suelo, Q<sub>res</sub> es la entrada del embalse, SY es el rendimiento del sedimento del embalse y Q<sub>flood</sub> es descarga de inundación.

Fuente: Adaptado de Eekhout y De Vente (2019, fig. 1).

Contribuido por J. P. C. Eekhout y J. de Vente

o ningún insumo de energía adicionales), particularmente en entornos donde la baja tecnología y el escaso mantenimiento representan limitaciones operativas, proporcionando una fuente relativamente barata de agua para el riego. Mientras que el biomasa captada a partir de humedales construidos, puede utilizarse como fuente de combustible renovable para biocombustibles de segunda generación (Cuadro 9.1) (Avellán and Gremillion, 2019), existe evidencia que sugiere que estos sistemas actúan como fuentes netas de GEI atmosféricos (Picek et al., 2007; Tao, 2015), aunque también se ha informado de lo contrario (De Klein y Van der Werf, 2014).

## 9.2 Co-beneficios

Además del nexo entre el agua, el clima, la energía y la agricultura, los vínculos con otros sectores y grupos de interesados son a menudo fuertes. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconoce explícitamente que los sistemas sociales, económicos y medioambientales son simbióticos. Las Naciones Unidas (2018a) demostraron que el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) (el objetivo del agua) está interrelacionado con todos los demás ODS, y que el agua es a menudo un facilitador para avanzar en el logro de otros ODS, mientras que en algunos casos las compensaciones deben realizarse (véase el capítulo 2). Por el contrario, el progreso hacia el ODS 6 también depende de los progresos en la mayoría de los demás ODS y, en particular, del ODS 13 (acción climática). Esta interconexión se ejemplifica en el caso de la mejora del tratamiento de las aguas residuales, que no sólo sirve directamente a los intereses de los ODS 6 (tanto por atender los objetivos 6.1 y 6.3 de saneamiento y calidad del agua, respectivamente) y 13 (así como el Acuerdo de París), sino también a otros ODS (véase Figura 2.1). La salud y los asentamientos humanos (véanse los capítulos 5 y 8) se encuentran entre las esferas clave a través de las cuales las intervenciones climáticas relacionadas con el agua pueden generar múltiples co-beneficios. Esto señala la importancia de la coherencia de las políticas y el calendario, así como la secuenciación adecuados de las políticas, reformas e inversiones conexas, tal como se describe en los capítulos 2, 11 y 12.

Un análisis de los co-beneficios de los proyectos relacionados con el agua en el marco del Fondo Verde para el Clima (Tänzler y Kramer, 2019), reveló hasta que punto están integrados en el contexto socioeconómico más amplio de los respectivos países. Si bien las oportunidades de ingresos y desarrollo se identifican como un co-beneficio en más de la mitad de los proyectos, también se reconocen otros co-beneficios, que van desde la educación y la capacidad de desarrollo/formación, hasta la diversidad biológica y la seguridad alimentaria (Figura 9.1). Sin embargo, muchas propuestas de proyectos siguen estando demasiado concentradas en el objetivo central y no describen plenamente el enfoque de desarrollo más amplio (y a menudo muy fuerte). Las propuestas de proyectos relacionados con el agua que identifican varios co-beneficios específicos (y realistas) que se pueden obtener, y que describen cómo se medirán estos co-beneficios, son más propensos a obtener apoyo social, político y financiero (véase el capítulo 12).

En resumen, las acciones de adaptación y mitigación de un sector pueden influir directamente en su demanda de agua, lo cual puede, a su vez, aumentar o reducir la disponibilidad local/regional de agua (incluida la calidad) para otros sectores. En los casos en que se reduzca la demanda, dichas acciones pueden conllevar múltiples beneficios intersectoriales y transfronterizos, mientras que un aumento de la demanda de agua, puede provocar la necesidad de negociar compensaciones para asignar las reservas limitadas.





**Figure 9.1** Co-beneficios de proyectos relacionados con el agua en la cartera del Fondo Verde para el Clima



Nota: GCF: Fondo Verde para el Clima, por sus siglas en inglés.

Fuente: Tänzler y Kramer (2019).

# 10

## Perspectivas regionales



**GWP** | Monika Weber-Fahr, Anjali Lohani y Ralph Philip

**ODI** | Nathaniel Mason, Roger Calow, Leo Roberts, Adriana Quevedo y Merylyn Hedger

**CEPA** | Frank Rutabingwa

**CEPE** | Hanna Plotnykova, Sonja Koeppel, Francesca Bernardini y Sarah Tiefenauer-Linardon

**CEPAL** | Marina Gil, Andrei Jouravlev, Shreya Kumra y Silvia Saravia

**CESAP** | Solene Le Doze

**Oficina de la UNESCO en Nairobi** | Jayakumar Ramasamy y Samuel Partey

**CESPAO** | Carol Chouchani Cherfane

**Con contribuciones de:** Esra Buttanri, Sara Oppenheimer y Frederik Pischke (GWP); Yunxian Jiang (OIM); Charlene Watson (ODI); Ingrid Dispert (CESPAP); y Tam Hoang (ONU-Hábitat)

*En este capítulo se describe cómo la naturaleza y la escala de los impactos del cambio climático relacionados con el agua van más allá de las fronteras nacionales, al igual que las posibles respuestas. A partir de ejemplos a nivel de país y de región, se extraen conocimientos más profundos sobre los desafíos y oportunidades prioritarios, para demostrar por qué y cómo surgen las oportunidades de acción en cada región.*

## 10.1 Visión general

La adaptación a los impactos del cambio climático en el agua, se ocupa ante todo de cómo se gestiona el agua, con qué políticas, instituciones, herramientas de gestión y recursos. Los impactos del cambio climático relacionados con el agua, ignoran las fronteras administrativas entre los países y dentro de ellos. Por lo tanto, la gestión del agua climáticamente inteligente tiene el mayor impacto cuando se desarrolla y coordina a través de las fronteras nacionales. Algunas respuestas, como los arreglos de intercambio de agua, que pueden adaptarse a los regímenes de flujo cambiantes, requieren una perspectiva de cuenca, más a menudo que no, cruzar límites políticos y administrativos nacionales o subnacionales. Para otros, como el desarrollo de sistemas de alerta temprana que son capaces de hacer frente a los extremos de las precipitaciones, que están impulsando inundaciones o sequías más intensas y frecuentes (Capítulo 4), es necesario mirar aún más: a la escala subcontinental o incluso continental. En este capítulo se examinan las implicaciones de las dimensiones regionales y transfronterizas de la interfaz agua-clima.

Por lo general, las perspectivas regionales no están presentes en el diálogo mundial sobre el clima, los acuerdos, mecanismos de financiación y acciones. Hasta la fecha, la mayoría de las políticas y acciones sobre cambio climático están enmarcadas a nivel nacional e impulsadas por los gobiernos nacionales: las negociaciones bajo el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) están dirigidas y centradas en los Estados soberanos, al igual que muchos mecanismos de financiación del clima (capítulo 12) y la mayoría de los objetivos establecidos en la Agenda 2030, el Acuerdo de París y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. Este capítulo profundiza sobre el argumento presentado anteriormente en el capítulo 2, por el cual se presenta al agua como el "conector climático" internacional, que dará lugar a nuevos mecanismos de colaboración y coordinación, y ayudará a alcanzar los acuerdos mundiales interrelacionados sobre desarrollo, cambio climático y reducción del riesgo de desastres (DRR por sus siglas en inglés) (ONU-Agua, 2019). Considera la disposición regional para abordar estos desafíos, en referencia tanto a la madurez de los países en la gestión de los recursos hídricos como a sus estrategias de adaptación al clima, tomando como autorizadas las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN) y examinando a través de los países incluyendo en las Comunidades Económicas Regionales (CER) de las Naciones Unidas (ONU)<sup>27</sup>. También subraya el papel crucial para las organizaciones internacionales que operan a nivel de cuenca transfronteriza o regional. Durante décadas, las agencias de

<sup>27</sup> Estos incluyen la Comisión Económica de las Naciones Unidas para África (CEPA); la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE); la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); la Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (CESPAP); y la Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia Occidental (CESPAO).



agua han creado estos actores, como apoyo para las acciones coordinadas y coherentes de mitigación y adaptación climática, relacionadas con la interfaz agua-clima.

Hay enormes diferencias, dentro y entre regiones, en términos de cómo el clima está cambiando y cómo estos cambios interactúan con el agua. El informe de 2014 del Grupo de Trabajo II para la Quinta Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014 a) sigue siendo la última evaluación mundial, región por región, del IPCC. Proporciona un contexto importante en la ciencia física, en términos de cambios en las precipitaciones pesadas, sequedad y sequía a escala subcontinental. Estos grandes cambios tendrán, por sí mismos, diversos impactos relacionados con el agua a nivel regional, incluyendo los de escorrentía, la evapotranspiración, el riesgo de inundación y la calidad del agua, que están mediados por factores locales, como el uso de la tierra y la hidrogeología. Sin embargo, como se describe en el Prólogo, existe un alto grado de incertidumbre con respecto a los impactos futuros del cambio climático en el ciclo hidrológico, particularmente a nivel de cuenca y sub-cuenca. Además, poco se sabe sobre la interfaz agua-clima en lo que se refiere a las aguas subterráneas (Taylor, 2009; Gleeson et al., 2012).

Para apoyar a los países, las comunidades de políticas regionales deben evaluar los impactos, vulnerabilidades y vías de adaptación en sus contextos geográficos y de toma de decisiones (IPCC, 2014a). Un buen ejemplo es la Iniciativa Regional para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y la Vulnerabilidad Socioeconómica en la Región Árabe (RICCAR por sus siglas en inglés), establecida por la CESPAAO junto con otras diez organizaciones. La Iniciativa tiene un fuerte énfasis en la participación y el fortalecimiento de las instituciones para la evaluación del cambio climático a escala nacional y regional, y el dominio árabe de RICCAR se ha adoptado como el dominio de Oriente Medio y el norte de África del Experimento coordinado sobre reducción de escala de modelos climáticos regionales (CORDEX) (CESPAO et al., 2017).

## 10.2 Abordar los impactos del cambio climático relacionados con el agua entre países y regiones

Los impactos físicos del cambio climático relacionados con el agua son sólo una fuente de variación entre las regiones y dentro de ellas. Lo que también varía es una capacidad adaptativa, incluyendo políticas, planes y capacidades de gestión para abordar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y los sectores dependientes del agua.

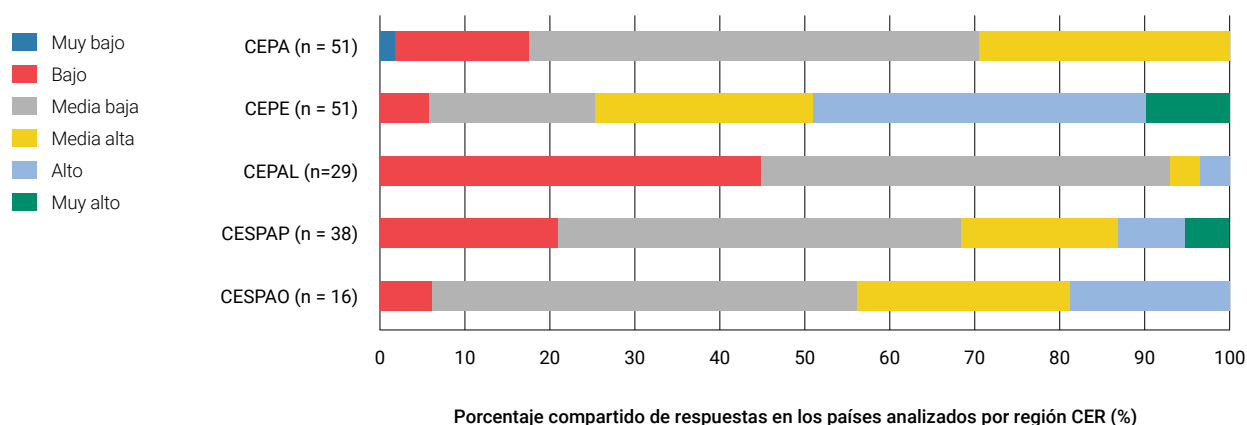
### 10.2.1 Enfoques integrados y transfronterizos

Abordar el cambio climático a través del agua requiere adoptar enfoques integrados - invertir en mejor información y más accesible, instituciones más fuertes y flexibles, e infraestructura natural y construida para almacenar, transportar y tratar el agua; tomar medidas en todos los niveles - local, nacional, cuenca fluvial y global; equilibrar y secuenciar inversiones blandas y duras; gestionar las compensaciones intersectoriales y geográficas; evitar consecuencias de mala adaptación; equilibrar las prioridades de equidad, medio ambiente y economía; y el aprovechamiento de los beneficios tanto de adaptación como de mitigación. Los componentes fundamentales de los sistemas de gestión de los recursos hídricos que pueden responder al cambio climático son bien conocidos e incluyen, por ejemplo, acuerdos de intercambio de agua basados en sólidos sistemas de evaluación de los recursos hídricos y de contabilidad del agua que pueden responder a los cambios climáticos y la variabilidad (GWP, 2019a). Hace más de 15 años, el Programa de Acción Nacional de Adaptación de Mauritania (PANA) ya reconoció la gestión integrada de los recursos hídricos (GIHR) como una de las "soluciones apropiadas para la adaptación al cambio climático", señalando prácticas y acciones como "evaluación periódica de la disponibilidad de recursos y requisitos hídricos", "monitoreo y mitigación de impactos relacionados con ... desarrollo sostenible ... respetando la conservación del medio ambiente", y las "regulaciones de gestión para prevenir conflictos de uso" (República Islámica de Mauritania, 2004, págs. 26-27).

La Agenda 2030 reconoció que serían necesarias las prácticas de la GIHR para lograr disponibilidad y una gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, tal como se formula en el Objetivo de

Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6). Se fijó un indicador particular para supervisar las prácticas de gestión (6.5.1). Aunque la puntuación de un país en cuanto al ODS 6.5.1 no se centra específicamente en si sus prácticas de gestión de los recursos hídricos son adecuadas para abordar los impactos del cambio climático, sí refleja su autoevaluación de la madurez de sus sistemas de gestión del agua, en particular mediante la adopción de enfoques integrados. El primer informe mundial sobre los progresos realizados en el ODS 6.5.1, publicado en 2018, no sólo reveló brechas masivas, persistentes y crecientes en el logro del objetivo del agua, sino que también puso de relieve las autopercepciones de los países de una madurez bastante limitada en la gestión de los recursos hídricos (ONU-Medio ambiente, 2018) En todas las regiones CER de las Naciones Unidas, la mayoría de los países carecen de una base sólida para la GIHR (Figura 10.1). Ningún país de la región de la CEPA reportó niveles de implementación puntuados como "altos" o "muy altos", y en la CEPAL, sólo uno lo logró. Menos de una quinta parte lo logró en la CESPAP y la CESPAP, e incluso en la CEPE, menos de la mitad logró niveles elevados o muy altos de implementación<sup>28</sup>.

**Figura 10.1** Implementación de la GIHR, por región CER de las Naciones Unidas



Fuente: Análisis regional de los datos sobre la aplicación de la GIHR de ONU Medio Ambiente (2018).

El cambio climático figura más claramente en la evaluación de la línea base de referencia para el Indicador 6.5.2 de los ODS, que se centra en la gestión transfronteriza de los recursos hídricos<sup>29</sup>. La línea de base muestra que todavía hay un margen significativo para aumentar los compromisos con la adaptación al cambio climático y con la reducción de los desastres relacionados con el clima, en la cooperación transfronteriza: menos de la mitad (48%) de las respuestas incluían la adaptación al cambio climático como parte de las tareas y actividades de los órganos conjuntos responsables de la cooperación transfronteriza. Una proporción similar de respuestas (52%) incluyó la adaptación como un ámbito de cooperación en sus acuerdos transfronterizos operativos. Alrededor del 75% incluyó la DRR (con un enfoque en las inundaciones y las sequías) como parte de las tareas y actividades de los organismos conjuntos, pero se hizo más hincapié en las inundaciones como un área de cooperación en sus acuerdos transfronterizos (78%) que la sequía (58%) (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018).

<sup>28</sup> Calificado sobre 33 preguntas que cubren los principales componentes de GIHR, tanto a nivel nacional como de cuenca, organizados en cuatro secciones: Entorno favorecedor, estructuras institucionales, instrumentos de gestión y financiación. Cada pregunta se califica de 0 a 100 según la respuesta, y las puntuaciones se promedian. Las categorías de puntuación son: 91-100 "muy alto", 71-90 "alto", 51-70 "medio-alto", 31-50 "medio bajo", 11-30 "bajo", 0-10 "muy bajo" (ONU Medio Ambiente, 2018). Datos disponibles para 172 países; algunos conteos dobles donde los países son miembros de más de una región (ya que el capítulo se refiere al cambio climático, Canadá y los Estados Unidos de América se cuentan como miembros de CEPAL, sus vecinos más cercanos, y su pertenencia a CEPE son descontados; también se ignora la adhesión de asociados no geográficos, p. ej., la adhesión de los países europeos a CESPAP o CEPAL). Número total de respuestas por región: CEPA: 45; CEPA/CESPAP: 6; CESPAP: 10; CEPE: 44; CEPE/CESPAP: 7; CESPAP: 31; CEPAL: 29.

<sup>29</sup> El indicador 6.5.2 es la proporción de la zona de cuenca transfronteriza (río, lago o acuífero) dentro de un país con un acuerdo operativo en vigor para la cooperación en materia de agua (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018).



## 10.2.2 El Agua en las contribuciones determinadas a nivel nacional

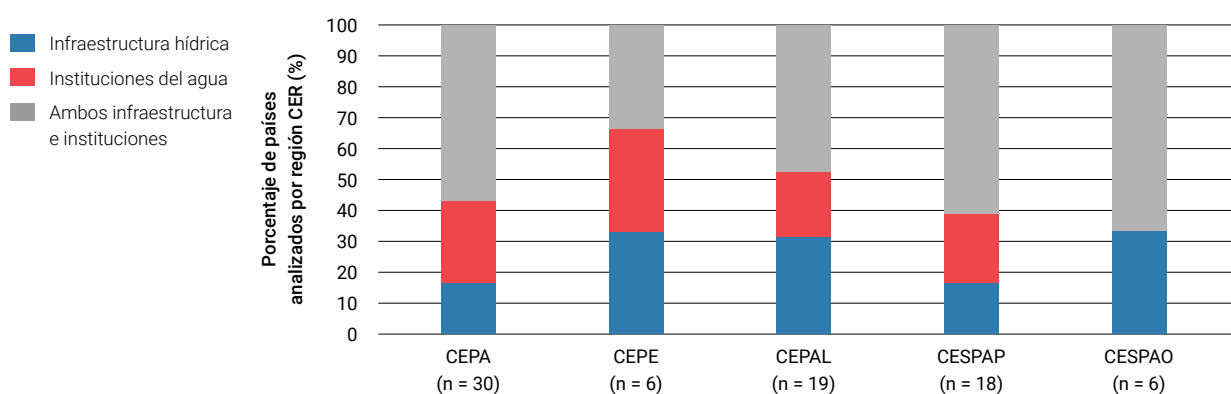
En el capítulo 2 de este informe, se señala que el agua es el sector prioritario más citado en las CDN para las acciones de adaptación (CMNUCC, 2016). Una mirada más cercana, sin embargo, revela las variaciones significativas en cómo figura el agua en las CDN. Una evaluación -región por región- de 80 CDN (GWP, 2018b) ayuda a arrojar algo de luz al respecto<sup>30</sup>.

Es menos probable que el agua cuente en las CDN de los países desarrollados, que han tendido a centrarse en la mitigación, y pocas incluyen si quiera un componente de adaptación. No incorporar el tema del agua en una CDN no significa necesariamente una falta de integración climática más amplia con respecto al agua. La región de la CEPE, por ejemplo, comprende a muchos países desarrollados, con poco énfasis en el agua en sus CDN centradas en la mitigación, pero tiene algunos de los ejemplos más sólidos de iniciativas climáticas-hídricas transfronterizas y regionales (Cuadro 10. 1). Sin embargo, aunque el agua no presenta las mayores oportunidades de reducción de emisiones - en comparación, por ejemplo, con energía, agricultura, silvicultura, uso de la tierra o industria - sigue siendo sorprendente que rara vez aparezca el agua como un elemento central en las actividades de mitigación. Existen consideraciones cruciales y oportunidades sin explotar: desde los impactos del cambio climático relacionado con el agua en los esfuerzos de mitigación en otros sectores (p. ej., en hidroenergía, silvicultura), hasta la reducción de las emisiones en el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales (New Climate Economy, 2018).

### Buenas noticias: Las reformas institucionales son a menudo priorizadas junto con las inversiones en infraestructura.

En los países de la CEPA, la CESPAP y la CESPAP, más de la mitad de las CDN que mencionan las medidas relacionadas con el agua describen actividades relacionadas tanto con la creación de instituciones como con la infraestructura (Figura 10.2)<sup>31</sup>. Las inversiones para mejorar la capacidad institucional para la gobernanza del agua son una contrapartida esencial para las inversiones en infraestructura construida (GCA, 2019). Si bien el tipo específico y la secuenciación de las inversiones institucionales vs. infraestructura varían necesariamente entre países en diferentes niveles de desarrollo, un equilibrio adecuado entre ambos garantiza que la compensación entre el capital, los objetivos ambientales y económicos pueda manejarse ante un clima cambiante (Sadoff y Muller, 2009; Shah, 2016). Sin embargo, dado que las CDN se utilizan en parte para establecer las necesidades de financiación climática, lo que puede incentivar a los países a priorizar la infraestructura más costosa a expensas de la creación de instituciones, todavía hay espacio para mejorar el equilibrio en todas las regiones.

Figura 10.2 Priorización de la infraestructura frente al fortalecimiento institucional del agua en las CDN

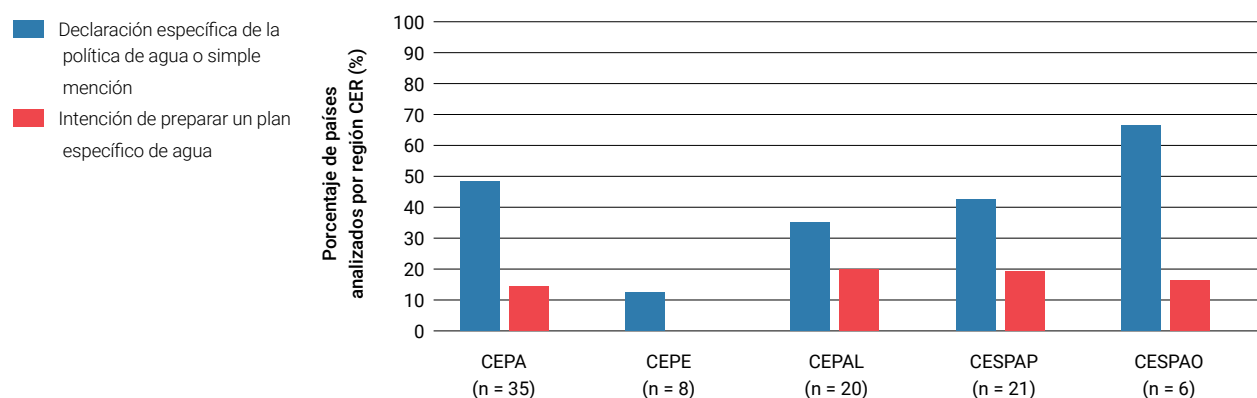


Fuente: Análisis regional de los datos sobre las CDN del GWP (2018b).

<sup>30</sup> El muestreo de países fue tomado con base en la red de miembros de la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés), centrándose en los países en desarrollo en los que las CDN incluían un componente de adaptación. Algunos países son miembros de dos CER. Número de países incluyendo por región CER: CEPA: 31; CEPA/CESPAP: 4; CESPAP: 2; CEPE: 2; CEPE/CESPAP: 6; CESPAP: 15; CEPAL: 20. Cabe señalar que el tamaño de la muestra para CESPAP (Seis países) y CEPE (Ocho países) es particularmente pequeña y las conclusiones sobre el análisis de las CDN para esas regiones se limitan únicamente a los datos disponibles y a los países que se tienen en cuenta.

<sup>31</sup> Medidas institucionales incluyen: precios del agua; análisis o hacer los modelos para informar en la planificación; reglamentación, estándares y ejecución; y el desarrollo institucional. Las medidas de infraestructura incluyen almacenamiento natural y construido, protección de infraestructura y desalinización. Los países también mencionan acciones que son más difíciles de clasificar como infraestructuras o institucionales, incluyendo la gestión general de los recursos hídricos; medidas de conservación del agua (incluyendo la conservación de los ecosistemas, por ejemplo, los humedales, el reciclado de agua, la eficiencia en el uso del agua y captación de agua); y acciones relacionadas con subsectores específicos, como la gestión del agua agrícola o urbana, las aguas subterráneas y la reducción del riesgo de desastres.

**Figura 10.3** Mención de la planificación del agua en las CDN



Fuente: Análisis regional de los datos sobre las CDN del GWP (2018b).

**Noticias ambiguas:** En muchos casos, los estrategas de los países en materia de cambio climático son conscientes de los planes del sector del agua, - pero en la mitad de los países no es así. Explícitamente, los planes del sector del agua se mencionan en tan solo poco más de un tercio de las CDN examinadas en los países de la CEPAL, cerca de la mitad de los de la CEPA y la CESPAP, y cuatro de seis de los países analizados en la CESPAP (Figura 10.3). Entre el 14 a 20% de los países de cada una de estas regiones expresaron su intención de preparar una declaración o plan de política hídrica, dentro de sus CDN. Esto es un testimonio de lo que a menudo se puede observar anecdóticamente: que en muchos países, los responsables políticos que formulan las CDN ni conocen ni son conscientes del trabajo realizado en el sector del agua. El programa de acción parece claro: garantizar que la planeación de agua se refleje adecuadamente en las estrategias climáticas.

### Cuadro 10.1 Iniciativas transfronterizas y regionales relativas al clima-agua, una perspectiva europea

Dado que el 60% de los flujos mundiales de agua dulce traspasan las fronteras nacionales, la cooperación transfronteriza es esencial para adoptar medidas eficaces para la adaptación al cambio climático (CEPE/RIOC, 2015). La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) ha hecho hincapié claramente en este desafío, publicando orientaciones sobre el agua y la adaptación al cambio climático en 2009 (CEPE, 2009) y sobre la reducción del riesgo de desastres (DRR) el agua y la adaptación en 2018 (CEPE/UNDRR, 2018).

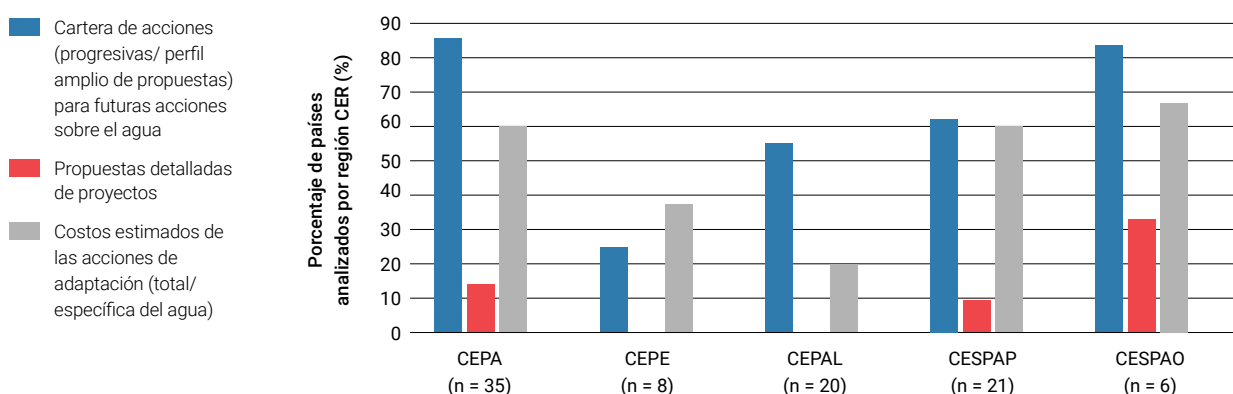
Desde la publicación de la Orientación de la CEPE de 2009, se han elaborado y aplicado numerosas estrategias y planes de adaptación en todas las cuencas de la región de la CEPE (incluyendo el Chu-Talas, el Danubio, el Dniéster, el Neman y el Rin), así como a nivel mundial (incluyendo el lago Chad, el lago Victoria, el Mekong y el Níger). Estas experiencias muestran el potencial de cooperación transfronteriza para permitir una mejor planificación de la adaptación a nivel de país mediante la agrupación de recursos, la ampliación del espacio de planificación y la reducción de las incertidumbres. Los ingredientes para el éxito incluyen una buena comunicación, seguimiento e intercambio de datos, cooperación sectorial, capacidad de apoyo y mecanismos de financiación (CEPE/RIOC, 2015). Compartir buenas prácticas en DRR y la adaptación al cambio climático en general (incluso desde una perspectiva transfronteriza) también ayuda a desarrollar experiencia, permitiendo que los países y las cuencas aprendan unos de otros. Si bien los gobiernos desempeñan un papel destacado, la experiencia apunta a un aumento de la participación de la sociedad civil y de los agentes del sector privado, ya sea cabildeando por ciertos intereses (p. ej., las organizaciones de agricultores holandeses en el Rin) o como observadores de comisiones fluviales internacionales, como la Comisión Internacional para la Protección del Rin (ODI/ECDPM/GDI,2012).

Mientras tanto, la Unión Europea (UE) ha sido un motor en la elaboración y financiación de la acción de adaptación a nivel regional. Una evaluación de 2018 de la Estrategia de Adaptación de la UE identificó el agua como uno de los seis sectores clave para la integración de la adaptación climática, y constató que las Directivas sobre el marco del agua y las inundaciones de la UE prevén para ello (CE, 2018). Sin embargo, otros análisis apuntan a la necesidad de una mayor integración de la política hídrica y de la adaptación al cambio climático en la implementación de las Directivas de la UE relacionadas con el agua (Carvalho et al., 2019).

**Noticias preocupantes: Diferencias regionales significativas en el compromiso con la conservación del agua.** Las medidas de conservación del agua se mencionan en el 60% de las CDN analizadas en la CEPA y la CEPAL, y en todas las CDN analizadas desde los países de la CESPAP. Sin embargo, sólo el 24% de las CDN de los países de la CESPAP las mencionan. Estas medidas de conservación del agua incluyen las basadas en la infraestructura natural, como los humedales y la captación de agua de lluvia, que pueden ayudar a suavizar la variabilidad de las precipitaciones mediante el almacenamiento de agua, con beneficios para la protección contra inundaciones, así como la disponibilidad de agua (Browder et al., 2019).

**La noticia más inquietante: En todas las regiones hay pocas propuestas de proyectos concretos que se relacionen con la adaptación climática relacionados con el agua.** Más del 80% de los países examinados en la CEPA y la CESPAP especifican una amplia cartera de acciones propuestas en el agua en sus CDN, mientras que sólo poco más de la mitad de los países de la CEPAL y la CESPAP lo hacen (Figura 10.4). Sin embargo, en todas las regiones, la proporción de países que se refieren a propuestas detalladas de proyectos relacionados con el agua en sus CDN, es mucho menor: menos del 20% de los países de la CEPA y la CESPAP, dos de los seis países analizados en la CESPAP, y ninguno de los países de la CEPAL, ni los ocho países considerados en la CEPE<sup>32</sup>. Dado que una sólida cartera de proyectos es una condición previa para acceder a la financiación necesaria (WWC/GWP, 2018), la limitada mención de dichos proyectos en la primera ronda de las CDN (antes de 2020) no es un buen augurio para la rápida aplicación de estos compromisos. En todas las regiones, es más probable que los países incluyan estimaciones (generalmente altas) de los costos de sus acciones de adaptación previstas, en lugar de mencionar propuestas detalladas de proyectos hídricos. Es importante destacar que, si bien estos ejercicios de cálculo del coste son esenciales, dependen en gran medida de la atención prestada a los desafíos metodológicos, lo cual es difícil de confirmar en ausencia de detalles metodológicos en muchas CDN (Hedger, 2018a).

**Figura 10.4** Carteras, propuestas y costos de proyectos de agua en las CDN



Fuente: Análisis regional de los datos sobre las CDN del GWP (2018b).

## 10.3 África subsahariana -Perspectiva de la CEPA

### 10.3.1 Impactos del cambio climático relacionado con el agua en sectores y ODS

Los impactos del cambio climático en los recursos hídricos africanos ya son agudos. Por ejemplo, en los numerosos estudios se encuentran que las precipitaciones en el sur de África han disminuido de manera gradual, probablemente como resultado del cambio climático (IPCC, 2014a; Bellprat et al., 2015; Funk et al., 2018; Yuan et al., 2018). Estos impactos también interactuarán cada vez más con múltiples factores para la escasez y contaminación del agua, no relacionados con el clima, tales como el aumento de la población, el desarrollo económico y los conflictos y la fragilidad, que plantean serios desafíos para cumplir no sólo los objetivos del agua, sino también los demás objetivos de desarrollo definidos

<sup>32</sup> Los hallazgos para la región de la CEPE son probablemente un artefacto del bajo énfasis en las acciones de adaptación en las CDN de la región, así como el número limitado de países analizados.

en la Agenda 2030 y la Agenda 2063 de la Unión Africana. El impacto del aumento de la población será particularmente pronunciado en el continente africano, donde se ha pronosticado que la población crecerá en más de la mitad de un mil millones para 2050, aumentando el estrés hídrico, particularmente en las regiones urbanizadas (ODS 11) (Taylor et al., 2009). También se esperan efectos relacionados con el agua del cambio climático en la salud humana, a través de enfermedades transmitidas por vectores y por el agua (incluso mediante un mayor desafío al acceso al agua potable, saneamiento e higiene) y a través de la desnutrición, dados los impactos previstos en la seguridad alimentaria (ODS 3 y 2) (IPCC, 2014a).

En general, las prácticas económicas y de subsistencia existentes, como los ecosistemas naturales, son vulnerables frente al cambio climático y están mal preparadas para adaptarse sin intervención. En los sistemas de agricultura, especialmente en las zonas semiáridas, los enfoques convencionales basados en los medios de subsistencia no parecen lo suficientemente robustos como para hacer frente a los impactos a largo plazo del cambio climático (ODS 2) (IPCC, 2014 a). Los ecosistemas terrestres y marinos, así como las zonas costeras, son altamente vulnerables al aumento del nivel del mar, a las escorrentías y tormentas terrestres y a las marejadas (ODS 14 y 15) (CDKN, 2012; IPCC, 2014a).

La dimensión regional de los desafíos relacionados con el cambio climático y con el agua, es muy fuerte en todo el África subsahariana y se traduce en múltiples otros desafíos, - incluyendo los relacionados con la seguridad y la paz. La interdependencia regional a través de la energía hidroeléctrica en cuencas compartidas es alta. Para 2030, el 70% y el 59% de la capacidad hidroeléctrica en el este y el sur de África se ubicarán en un grupo de variabilidad de las lluvias, respectivamente, aumentando los riesgos de interrupción simultánea de la generación de energía (Conway et al., 2017). Al mismo tiempo, el cambio climático impulsa la migración dentro de la región. Algunos de los patrones actuales de desplazamiento pueden estar directamente relacionados con sequías severas (Owain y Maslin, 2018).

### 10.3.2 Respuestas políticas: progresos y desafíos

La experiencia de los impactos relacionados con el agua del cambio climático en el África subsahariana se ve agravada por los contextos políticos que sufren los desafíos en la coordinación, así como las brechas en el seguimiento y la investigación (IPCC, 2014a). Dicho esto, ha habido importantes avances desde la Quinta Evaluación del IPCC (2014a), incluyendo las disposiciones para crear capacidad para la formulación de políticas, la implementación y la toma de decisiones basadas en pruebas mediante la cooperación regional. Un ejemplo es el Mecanismo de Desarrollo de Infraestructura Resiliente al Clima (CRIDF, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es proporcionar soluciones a largo plazo a los problemas del agua que afectan a las comunidades pobres del sur de África. Hace hincapié en la acción transfronteriza, apoyando a las partes interesadas nacionales y regionales para que emprendan proyectos transfronterizos del sector del agua proporcionando apoyo a la preparación de proyectos, facilitando el acceso a la financiación y asistencia técnica (CRIDF, 2018). Otra es la iniciativa para la Investigación Climática para el Desarrollo (Climate Research for Development) (CR4D, por sus siglas en inglés) en África, que busca abordar la persistente brecha entre los datos climáticos y la toma de decisiones en toda la región (Conway et al., 2015) mediante el fortalecimiento de los vínculos entre los investigadores africanos de ciencias del clima y los responsables de hacer las políticas (CEPA/ACPC, 2019).

Es posible dar prioridad a la gestión de los recursos hídricos en el contexto del cambio climático en las estrategias clave, incluyendo los planes de adaptación, los planes nacionales de desarrollo económico y las CDN, como se indica en un examen más detallado de tres países: Camerún en África Central, Ghana, en África Occidental, y Kenia en el Este de África (Tabla 10.1). En los tres países, la gestión de los recursos hídricos se prioriza en las CDN, los planes de adaptación al clima o los marcos de planificación. Es importante destacar que el cambio climático relacionado con el agua también se reconoce como una cuestión intersectorial en las CDN de Camerún y en el Marco del Plan Nacional de Adaptación de Ghana (PNAD), - no como una preocupación únicamente para el sector del agua, sino para la economía del país en su conjunto. Ghana y Kenia también establecen vínculos entre el cambio climático y la gestión de los recursos hídricos en sus planes nacionales de desarrollo, aunque siguen siendo generalmente tratados como sectores o temas separados.

**Tabla 10.1 Imagen instantánea de país del África subsahariana: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación**

País	Puntuación de implementación de GIRH (ONU Medio ambiente, 2018)	Escala	Plan Nacional	CDN	Plan de adaptación	Ejemplos de acciones clave en agua-clima regionales/transfronterizas
Camerún	34 (Media baja)	Nacional	El Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (2010-2020) (Documento Estratégico para el Crecimiento y el Empleo) (República del Camerún, 2009a ) menciona al cambio climático una vez; el enfoque con respecto al agua es WASH. La estrategia a largo plazo, Visión 2035, indica que "la lucha contra los efectos del cambio climático" será un enfoque en la fase II (2020-27), haciendo hincapié en los bosques, la desertificación y los cuerpos de agua regionales (República de la República Camerún, 2009b).	La CDN incluye un programa sectorial de agua específico que se centra en diversos aspectos del cambio climático relacionado con el agua (p. ej., WASH, gestión de recursos, inundaciones, ecosistemas, género); el agua también se menciona en los programas para la agricultura y la industria, y en un programa transversal sobre datos hidrometeorológicos.	El Plan Nacional d' Adaptation aux Changements Climatiques du Cameroun (2015) (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Camerún, 2015) especifica con mayor detalle los proyectos y programas de adaptación que se mencionan con más detalle en la CDN.	El proyecto "Desarrollo integrado para el aumento de la resiliencia rural al cambio climático en la cuenca del Níger" financiado, por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Banco de Desarrollo Africano y ejecutado por la Autoridad de la Cuenca del Níger, pretende incrementar la seguridad hídrica y la resiliencia al clima en la Cuenca, incluyendo mediante al catalizar la cooperación multi estatal para equilibrar los usos en conflicto del agua, teniendo en cuenta la variabilidad y cambio climáticos.
		Transfronterizo	La Visión 2035 incluye la promoción de proyectos regionales en las cuencas del río Níger y del lago Chad como prioridad para la Fase II (2020-2027) en el marco del Eje 3.2 "Intensificar la lucha contra el cambio climático" (República del Camerún, 2009b).	No se mencionó.	Se reconocen las organizaciones transfronterizas (cuencas del río Níger y del lago Chad), pero las actividades no parecen estar relacionadas con la gestión transfronteriza del agua.	
Ghana	49 (Media baja)	Nacional	La zona 2 (de 5) del Programa Coordinado de Políticas Económicas y de Desarrollo Social (CPESDP) 2017-2024 se dedica al medio ambiente, la infraestructura y los asentamientos humanos. La variabilidad climática y el cambio son reconocidos como desafíos importantes para la gestión de los humedales y la gestión de los recursos hídricos. Las respuestas prioritarias incluyen la integración de la planificación de los recursos hídricos en la planificación nacional y subnacional del desarrollo.	La gestión integrada de los recursos hídricos es una acción política específica (de 7), con un programa de acción correspondiente (de 11) en el marco del objetivo de adaptación del INDC de Ghana	El Marco del Plan Nacional de Adaptación (2018) (EPA/NDPC/Ministerio de Finanzas de Ghana, 2018) indica que se espera que el agua sea uno de los cuatro grupos de planificación intersectorial (junto con la salud, la infraestructura y el nexo entre tierra, energía y agricultura). Una evaluación de la vulnerabilidad también identificó el agua como un sector prioritario.	El proyecto "Integración de la gestión de inundaciones y sequías y alerta temprana para la adaptación al cambio climático en la Cuenca volta", implementado por la Organización Meteorológica Mundial y financiado por el Fondo Mundial de Adaptación tiene como objetivo ayudar a Benín, Burkina Faso, Costa de Marfil, Ghana, Malí y Togo a implementar medidas coordinadas y conjuntas para mejorar los planes de gestión existentes a nivel local, nacional y regional.
		Transfronterizo	No se mencionó.	No se mencionó.	No se mencionó.	
Kenia	53 (Media alta)	Nacional	El Plan a Mediano Plazo (2018-2022) (República de Kenia, 2018) identifica el cambio climático y la gestión del riesgo de desastres como dos de las 3 áreas temáticas; gestión de los recursos hídricos (en Medio Ambiente, agua, saneamiento y desarrollo regional) se considera por separado. El cambio climático es reconocido como un desafío general de alto nivel a este objetivo.	Los principales peligros climáticos identificados incluyen sequías e inundaciones. Las estrategias de adaptación prioritarias incluyen la incorporación de la adaptación al cambio climático en el sector del agua mediante la aplicación del Plan Maestro Nacional del Agua (2014) (Ministerio de Medio Ambiente de la República de Kenia, 2013).	Las acciones incluyen la "Integración de la adaptación al cambio climático en el sector del agua" mediante el fortalecimiento del monitoreo de recursos hídricos, evaluando y planeando las alertas tempranas y promoción de la eficiencia del agua. Los impactos relacionados con el cambio climático relacionados con el agua también se consideran en el marco de la salud y la energía.	El proyecto "Adaptación al cambio climático en la Cuenca del Lago Victoria", financiado por el Fondo de Adaptación, ejecutado por la Comisión de la Cuenca del Lago Victoria e implementado por ONU Medio Ambiente, apoya a las instituciones para integrar la resiliencia climática en la gestión transfronteriza de la captación de agua, entre otras actividades.
		Transfronterizo	Se menciona un proyecto emblemático sobre aguas transfronterizas (negociaciones, revisión e implementación de los marcos existentes). No se hace enlace explícito con el cambio climático. Las iniciativas de adaptación de trasfronteriza se mencionan en el ámbito temático "Cambio climático".	No se mencionó.	La acción hídrica incluye la sub-acción a mediano plazo para mejorar la colaboración en la gestión transfronteriza de los recursos hídricos.	

Fuente: Autores



No obstante, los modestos niveles de implementación de la GHR en los tres países apuntan a los desafíos que se avecinan para los enfoques multisectoriales e integrados del clima, el agua y el desarrollo. Preocupa que no se preste atención adecuada al agua, más allá de una breve mención, como conector climático en el contexto de la cooperación transfronteriza en los planes nacionales de desarrollo, las CDN o PNAD, a pesar del importante contexto de los ríos y lagos compartidos en los tres países.

### 10.3.3 Oportunidades para acelerar las Acciones de agua-clima a escala nacional y regional

La lista de políticas y acciones hacia la adaptación y mitigación del cambio climático que incluyen o implican aspectos hídricos, es larga. Incluye el apoyo a la resiliencia a las sequías e inundaciones mediante la inversión y la mejora de la resiliencia climática de las instalaciones de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene (WASH)(Oates et al., 2014); ampliar la protección social y la introducción de productos financieros como el seguro (New Climate Economy, 2018); mejorar la igualdad de género en el uso y la gestión de los recursos hídricos (Das, 2017); y mejorar la disponibilidad de agua para la agricultura, incluso a través de la captación de agua, cobertura del suelo con materia orgánica y reducción de la labranza en los sistemas de secano (Keys and Falkenmark, 2018).

Encontrar ventanas de oportunidad para convertir estas prioridades de una lista de deseos en acciones, significa prestar mucha atención a la dinámica de la economía política. A menudo, tienen dimensiones nacionales y regionales, que determinan el espacio de colaboración en la creación de instituciones, la información y la inversión. Por ejemplo, la integración energética regional a través de los grupos de energía podría reducir algunas de las vulnerabilidades climáticas para la energía hidroeléctrica en el sur y el este de África, lo que permite el comercio entre los grupos y la diversificación de la combinación de generación de energía dentro de ellas. La energía es políticamente importante para cumplir las ambiciones de muchos países africanos en términos de transformación económica. Como tal, podría proporcionar un catalizador para fomentar la cooperación regional para abordar los desafíos en el nexo agua-energía-clima, posiblemente abriendo la inversión en los grupos de energía regionales y los mecanismos institucionales para el comercio de energía. Habrá que navegar los desafíos de la economía política para esas soluciones, incluyendo las políticas nacionales hacia la soberanía energética, los intereses arraigados, las ineficiencias en los monopolios estatales y los años de subinversión en la mayoría de los países (Conway et al., 2017).

Siempre habrá oportunidades en las que un caso de negocio claro para la complementariedad pueda impulsar la cooperación regional. Las agrupaciones regionales de seguros como la desarrollada por la Capacidad de Riesgo Africano (ARC) -un organismo especializado de la Unión Africana, de la que Kenia, Ghana y otros 31 Estados son miembros- permiten a los países compartir el riesgo financiero de sequía con sus vecinos. Al mismo tiempo, las experiencias de los países en la muestra ponen en evidencia la importancia de combinar y secuenciar la acción a escala regional y nacional. El mecanismo de seguro regional debe ser respaldado por sistemas a nivel de país para canalizar los pagos a los necesitados -por ejemplo, sistemas de protección social que pueden transferir los pagos a los agricultores o pastores pobres, antes de que tengan que vender sus activos en caso de sequía (New Climate Economy, 2018). Para que esos sistemas sean viables a largo plazo, los miembros de la instalación de seguros deben estar suficientemente dispersos geográficamente y climáticamente, de tal forma que sea poco probable que surjan sequías en todos los países a la vez.

A escala subregional, también hay oportunidades para mejorar la cooperación entre las cuencas hidrográficas. Camerún, Ghana y Kenia, así como otros países africanos, participan en proyectos internacionales en cuencas transfronterizas, concluyendo en las cuencas del Níger, Volta y el lago Victoria (Tabla 10.1), a pesar de la limitada atención explícita al agua-acción climática con carácter transfronterizo en sus estrategias nacionales de clima y desarrollo económico. Esto pone de relieve el importante papel de las organizaciones de cuenca y regionales como facilitadores e implementadores de las acciones de adaptación relacionadas con el agua. También indica que puede haber posibilidades de que la cooperación transfronteriza en materia de cambio climático se convierta en un catalizador para fortalecer la dimensión hídrica de la planeación nacional económica y del clima (Banco Mundial, 2017c).

## 10.4 Europa, el Cáucaso y Asia Central - Perspectiva de la CEPE

### 10.4.1 Impactos del cambio climático relacionado con el agua en sectores y ODS

Las proyecciones climáticas indican el aumento de las precipitaciones en el norte de Europa y la disminución de las precipitaciones en el sur de Europa. Se prevé un marcado aumento de los extremos de temperaturas altas, sequías meteorológicas y eventos de precipitación intensa, pero con variaciones en toda Europa. La incertidumbre es mayor en Asia Central, con variaciones espaciales en las tendencias históricas e incoherencia en los cambios proyectados tanto para las precipitaciones como para la sequedad/sequías. El IPCC destaca los crecientes desafíos para el riego, la energía hidroeléctrica, los ecosistemas y los asentamientos humanos en la región de Europa (ODS 2, 7, 11 y 15) (IPCC, 2014a). La posibilidad de que tanto las inundaciones como las sequías agraven los desafíos sanitarios, como las enfermedades relacionadas con el agua, es también un tema clave para la región (ODS 3) (CEPE /Oficina Regional de la OMS para Europa, 2011).

Al igual que en otras regiones, los impactos relacionados con el agua y el cambio climático también superponen regionalmente importantes impulsores y tensores sociales, económicos y políticos. Lo más importante para la región de la CEPE es el alto y creciente nivel de desarrollo en muchas cuencas. Para el riego, por ejemplo, esto significa que la demanda aumentará, pero el potencial se verá limitado no sólo por la reducción de la escorrentía, sino también por el aumento de la demanda de otros sectores (IPCC, 2014a). Otros factores de importancia regional pueden potencialmente facilitar la integración del agua-clima - por ejemplo, el comparativamente fuerte incentivo político proporcionado por la adhesión a la Unión Europea (UE) y el consiguiente estímulo para cumplir las Directivas Marco del Agua y Las Inundaciones (Cuadro 10.1).

### 10.4.2 Respuestas políticas: progresos y desafíos

La región comprende principalmente economías avanzadas, con niveles generalmente altos de aplicación de la GIHR (Figura 10.1). Sin embargo, este no es universalmente el caso. Una mirada más profunda a los países de ingresos medios -La República de Macedonia del Norte y Ucrania (Tabla 10.2) - muestra, en primer lugar, que estos países han auto evaluado sus progresos en la aplicación de la GIHR como "bajo" o "medio bajo", lo que indica la necesidad de mejorar las políticas, instituciones, instrumentos de gestión y recursos del agua como base para gestionar los climas y los impactos a través del agua. En segundo lugar, las estrategias climáticas y económicas en Kazajstán y Ucrania no se ocupan específicamente de los vínculos entre el cambio climático y el agua. Si bien la mejora de la gestión del agua es una prioridad en los planes nacionales de desarrollo de los tres países, la República de Macedonia del Norte sólo establece un vínculo explícito con el cambio climático.

La CDN de la República de Macedonia del Norte es también la única que menciona cuestiones relacionadas con el agua, a saber, la energía hidroeléctrica. Esta falta de énfasis en el agua en las CDN se explica en parte por el hecho de que en los tres países las CDN se centran en la mitigación - Kazajstán y Ucrania, en particular, tienen altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las Comunicaciones Nacionales son generalmente más detalladas, y en Kazajstán y la República de Macedonia del Norte tratan las cuestiones relacionadas con el agua de manera más extensa. Aunque no se identificó un plan independiente de adaptación a nivel nacional en ninguno de los dos países, se ha desarrollado un concepto de adaptación para Ucrania, que contiene varias medidas relacionadas con el agua.

Además, Kazajstán y Ucrania han estado tratando de abordar el clima y el agua como cuestiones integradas a nivel regional, dentro de las cuencas transfronterizas. El río Dniéster es una de las cuencas más grandes de Ucrania y la más grande de la República de Moldavia, suministrando agua a una población significativa y apoyando a una amplia gama de industrias, incluyendo la producción de alimentos, silvicultura e hidroeléctrica. En 2015, representantes gubernamentales de alto nivel de la República de Moldavia y Ucrania firmaron conjuntamente un Marco Estratégico para la Adaptación al Cambio Climático, que fue elaborado por representantes de expertos consultando con las autoridades del medio ambiente, agua y sectoriales de ambos países, con el apoyo de la CEPE y de la Organización para la Seguridad y la Cooperación para la Seguridad (OSCE). El Marco Estratégico identifica áreas de acciones conjuntas a nivel de cuenca que requieren cooperación transfronteriza. Las medidas se desarrollaron y evaluaron financieramente en el plan de implementación del Marco Estratégico, y algunas ya se han aplicado. Estas actividades no sólo han aumentado la capacidad de adaptación en la cuenca, sino que también han promovido la cooperación transfronteriza en materia de agua en términos más generales, facilitando la entrada en vigor del tratado Dniéster Transfronterizo en 2017 y la creación de la Comisión Dniéster en 2018.

Tabla 10.2 Instantánea de Europa, el Cáucaso y Asia Central: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación

País	Puntuación de implementación de GIRH (ONU Medio ambiente, 2018)	Escala	Plan Nacional	CDN	Plan de adaptación	Ejemplos de acciones clave en agua-clima regionales/transfronterizas
Kazajstán	30 (Baja)	Nacional	Los desafíos del agua y las respuestas políticas se incluyen en la Estrategia 2050, pero no en el contexto del cambio climático (República de Kazajstán, 2012).	La CDN se centra en la mitigación. No se hace mención de los recursos hídricos. La Comunicación Nacional más reciente (VII, 2017) y ampliamente considera los impactos relacionados con el agua y las opciones de adaptación (Ministerio de Energía de la República de Kazajstán/PNUD en Kazajstán/FMAM, 2017).	Se está elaborando un Plan Nacional de Adaptación. Como se ha señalado, en la Comunicación Nacional se han identificado acciones de adaptación relacionadas con el agua.	La Comisión del Agua de Chu-Talas y su Grupo de Trabajo dedicado sobre Adaptación al Cambio Climático y Programa a largo plazo, con el apoyo de la CEPE de las Naciones Unidas, el PNUD y la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa (OSCE), integran la adaptación al cambio climático en la planificación procesos en la cuenca compartidos por Kazajstán y Kirguistán (véase el cuadro 3).
		Transfronterizo	El agua es reconocida como una cuestión geopolítica en la Estrategia 2050, pero no en el contexto del cambio climático.	La legislación y la cooperación transfronterizas se han identificado como una medida de adaptación en la Comunicación Nacional VII (2017).	Aún no hay un plan de adaptación.	
República de Macedonia del Norte	22 (Baja)	Nacional	Se ha reconocido la creciente susceptibilidad a los desastres debidos al cambio climático. La mayoría de las respuestas prioritarias están relacionadas con el agua, incluyendo un sistema integrado para la gestión del agua a través de una agencia dedicada al agua, la planificación de la protección contra inundaciones y los sistemas de alerta temprana.	La CDN se centra en la mitigación. La energía hidroeléctrica, grande y pequeña, se menciona en las medidas de mitigación. La Comunicación Nacional III (2014) considera en detalle los impactos del cambio climático en el agua, la capacidad de adaptación y las medidas de adaptación en el sector del agua. La gestión integrada, intersectorial y orientada a las cuencas de los recursos hídricos es una prioridad general (Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Física de la República de Macedonia, 2014).	Se está elaborando un Plan Nacional de Adaptación. Como se ha señalado, en la Comunicación Nacional se han identificado acciones de adaptación relacionadas con el agua.	Macedonia del Norte coopera con sus vecinos para garantizar una gestión sostenible de la cuenca de Drin con el apoyo del GWP, la CEPE y el PNUD. Los ribereños prevén el cambio climático como una cuestión transversal y tratan de tenerlo en cuenta al tratar cuestiones tales como el deterioro de la calidad del agua, la variabilidad del régimen hidrológico, la degradación de la biodiversidad y el transporte de sedimentos.
		Transfronterizo	Se mencionan los ríos transfronterizos (p. ej., Vardar), pero las dimensiones de gestión del agua transfronteriza no lo son.	No se menciona en el INDC. Se observa la posibilidad de cooperación transfronteriza en materia de adaptación en la cuenca del río Strumica.	Aún no hay un plan de adaptación.	
Ucrania	39 (media baja)	Nacional	La Gestión Sostenible del Agua y la Prevención y Resiliencia del Cambio Climático son acciones prioritarias separadas dentro del Plan de Acción Prioritario del Gobierno hasta 2020. Las interrelaciones entre el clima y el agua no parecen considerarse explícitamente, aunque las acciones prioritarias en materia de cambio climático y adaptación incluyen evaluaciones de vulnerabilidad para diferentes sectores (Consejo de Ministros de Ucrania, 2017).	El agua no se menciona en La CDN. La Comunicación Nacional más reciente (VI, 2013) se centra en la mitigación. Menciona el agua, pero no los recursos hídricos (Ministerio de Ecología y Recursos Naturales de Ucrania, 2013).	El concepto de aplicación de la política estatal de cambio climático hasta 2030 (2016) y su Plan de Acción (2017) prevén el desarrollo de políticas y planes de adaptación sectorial que abarcan la gestión integrada de los recursos hídricos, la reducción del riesgo de desastres y los sectores relacionados con el agua, e incluyen medidas de adaptación en los planes de gestión de cuencas fluviales (Consejo de Ministros de Ucrania, 2016).	La entrada en vigor del Tratado de Dniéster en 2017 y la creación de la Comisión Dniéster en 2018 fueron facilitados en parte por la elaboración de un Marco Estratégico de Adaptación al Cambio Climático por parte de la República de Moldavia y Ucrania, con el apoyo de la CEPE y la OSCE. La Comisión prevé la adaptación al cambio climático como parte del plan de gestión transfronteriza de la cuenca, así como mediante la reducción del riesgo de desastres derivados de inundaciones y sequías y la aplicación de medidas de adaptación.
		Transfronterizo	Las cuestiones transfronterizas de agua dulce se tienen en cuenta mediante la aplicación del enfoque de cuenca en la gestión integrada de los recursos hídricos.	Las cuestiones de agua transfronteriza no se mencionan en la CDN, ni en la última Comunicación Nacional.	No se menciona de forma explícita.	

Fuente: Autores

En el caso de Kazajstán, mientras tanto, la planificación de la adaptación al clima en la cuenca de Chu-Talas, compartida con Kirguistán, fue posible por una cuidadosa facilitación y secuenciación de actividades, la evolución de las políticas respaldada por medidas concretas de adaptación sobre el terreno y el apoyo a las partes interesadas locales como vía para influir en los responsables de la toma de decisiones nacionales (Cuadro 10.2).

Sin embargo, estos ejemplos no son necesariamente representativos de la región de la CEPE en su conjunto. Los informes nacionales sobre la cooperación transfronteriza bajo la Convención sobre el Agua (CEPE, 2018b) muestran que en menos de un tercio de las respuestas, se incluyó la adaptación al cambio climático como un área de cooperación en el marco de las actividades de los órganos conjuntos y los acuerdos transfronterizos operativos. Al mismo tiempo, hubo una frecuente inclusión de la gestión del riesgo de inundaciones y sequías (hasta el 85% de las respuestas) como ámbito de cooperación tanto en el marco de los órganos conjuntos como de los acuerdos transfronterizos operativos. Si bien los extremos climáticos recientes han sido, por lo tanto, un foco de cooperación transfronteriza, hay margen para aumentar el enfoque en la adaptación en muchas cuencas.

### 10.4.3 Oportunidades para acelerar las acciones agua-clima a escala nacional y regional

Las acciones clave para una adaptación más eficaz y una mayor resiliencia a los extremos de la región, tanto en países individuales como en cuencas transfronterizas, incluyen: gestión integrada de los recursos hídricos, incluso a través de las fronteras de los países; mayor eficiencia del agua y estrategias de ahorro de agua (IPCC, 2014a); monitoreo e intercambio de datos sobre la cantidad y calidad de los recursos, así como desastres como base para las estrategias de adaptación al cambio climático, planes y medidas; mejorar la coherencia de la adaptación al cambio climático y la DRR relacionada con el agua (CEPE/ UNDRR, 2018); llevar estrategias y acuerdos a la práctica a través de acciones tradicionales e innovadoras, incluyendo las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) (CEPE /RIOCC, 2015); y la atracción y combinación de financiación de múltiples fuentes (p. ej., internacionales, nacionales y privadas), incluyendo soluciones para el cambio climático en las cuencas transfronterizas (Banco Mundial, 2019).

Por muy válidas que sean, estas recetas siguen siendo una lista de deseos para muchos países de la región. Los costos de adaptación en el sector del agua de la región de la CEPE pueden ser elevados. La evaluación de los costos de adaptación, realizada como parte de las estrategias y planes de adaptación para determinadas cuencas (las cuencas de los ríos Chu-Talas, Dniéster y Neman), reveló que los costos aproximados de adaptación entre los sectores relacionados con el agua ascendieron a aproximadamente 200 millones de euros cada uno (UNEP/CEPE, 2015; CEPE, 2017; ENVSEC/CEPE/OSCE, 2017). Sin embargo, la brecha de financiación también puede ser menor, dado que la región es comparativamente rica y los costos ya están (o lo estarán) cubiertos parcialmente por los programas y proyectos sectoriales pertinentes.

Esto apunta a una ventana de oportunidad creada por la diversidad de economías de la región. Cuando se trata de mejorar la integración del agua y clima en las cuencas transfronterizas, la asistencia técnica y financiera puede ser compartida aguas arriba o abajo, de los países más ricos a los países ribereños más pobres. Como ejemplo, la cuenca del Danubio es compartida por algunos de los más ricos, así como por algunos de los países más pobres de Europa. Aquí, la Comisión Internacional para la Protección del Río Danubio (ICPDR por sus siglas en inglés) es un líder entre las comisiones transfronterizas de cuencas fluviales en la respuesta al cambio climático. La primera Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para la cuenca del Danubio se desarrolló en 2012. Sobre la base de esto, la ICPDR integró completamente los problemas de adaptación climática en la cuenca del río Danubio y los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación en 2015. La estrategia se actualizó en 2018, incluyendo una revisión de la base de conocimientos, consultas con las partes interesadas y los esfuerzos necesarios, con el fin de reflejar la ciencia más reciente, así como la evolución de los instrumentos legislativos y políticas a nivel de la UE y de los países. Para fomentar la integración de la adaptación al cambio climático en los procesos de planificación de la cuenca del Danubio, el ICPDR ha hecho de la adaptación al cambio climático una cuestión obligatoria que se incorporará a la cuenca del río Danubio y a los planes actualizados de gestión del riesgo de inundación. La estrategia también promueve la acción de cooperación multilateral y transfronteriza en el contexto de la adaptación al cambio climático (ICPDR, 2019), sirviendo como referencia común para los creadores de las políticas nacionales de países en diferentes etapas de desarrollo.

### **Cuadro 10.2 Lecciones de la integración de la adaptación al cambio climático en los procesos de planificación en la cuenca Chu-Talas en Kazajstán y Kirguistán**

Los ríos Chu y Talas son las principales fuentes de agua para la agricultura y apoyan los medios de vida de más de tres millones de personas en Kazajstán y Kirguistán. La cuenca de Chu-Talas es altamente vulnerable al cambio climático, con una probabilidad de aumentar la aridez y la disminución general de la disponibilidad de agua (CEPE/PNUD, 2018).

Las actividades iniciales de adaptación al cambio climático comenzaron en la cuenca en 2010 con modelos de impactos del cambio climático y una evaluación de la vulnerabilidad, que luego se elaboró en un conjunto de medidas de adaptación al cambio climático, que abarcan cuestiones desde la calidad del agua hasta el monitoreo y la educación. Además fueron evaluados en función de su costo/eficacia y se integraron en un análisis diagnóstico transfronterizo (TDA, por sus siglas en inglés) y un Programa de Acción Estratégico (SAP, por sus siglas en inglés). Cuando sea aprobado el SAP, se convertirá en el documento principal para la gestión transfronteriza en la cuenca, facilitando la cooperación, planificación, financiación y implementación. Las lecciones del proceso incluyen:

- Los organismos conjuntos desempeñan un papel crucial para la adaptación al cambio climático en las cuencas transfronterizas. Una Comisión Conjunta Bilateral del Agua de Chu-Talas, permitió debatir los problemas y encontrar soluciones.
- Las estrategias de adaptación transfronteriza pueden apoyar la adaptación nacional, las estrategias sectoriales y las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) y viceversa. Por ejemplo, se desarrollaron planes sectoriales de adaptación al cambio climático para la reducción del riesgo de desastres, silvicultura, biodiversidad, agricultura y recursos hídricos en Kirguistán, en coordinación con (y complementado con) las actividades de adaptación transfronteriza en la cuenca Chu-Talas.
- Los documentos estratégicos pueden estar respaldados por la aplicación demostrada de medidas de adaptación. La reforestación, la concienciación pública y el riego sostenible sobre el terreno en Kirguistán complementaron la integración del cambio climático en el TDA y SAP.
- La participación de las partes interesadas locales en el debate de las medidas de adaptación ayuda a la comunicación con los responsables de la toma de decisiones a nivel nacional y transfronterizo, dado que la implementación de las medidas de adaptación a menudo se lleva a cabo a nivel local.

Fuente: CEPE (s.f.).

Dicho esto, incluso cuando hay fondos disponibles, la gestión transfronteriza del agua puede ser políticamente difícil. Esto apunta a la necesidad de encontrar un punto de entrada políticamente destacado en torno al cual construir la cooperación. En algunos casos, el propio cambio climático puede ser el factor que abre la oportunidad de cooperación en materia de gestión transfronteriza, como ocurrió con el Dniéster.

## **10.5 América Latina y el Caribe - Perspectiva de la CEPAL**

### **10.5.1 Impactos del cambio climático relacionado con el agua en sectores y ODS**

Los cambios en la variabilidad climática y los eventos extremos ya afectan gravemente a América Latina y el Caribe. En América del Sur y Central los cambios en el flujo de corrientes y la disponibilidad de agua se observan y se estima que continuarán, lo que afecta a las regiones ya vulnerables. En América del Sur, el retiro de la criósfera andina cambiará la distribución estacional del flujo de corriente. El IPCC estima con gran confianza, que la escasez de agua aumentará en las regiones semiáridas ya vulnerables, con menos lluvias y mayor evapotranspiración, afectando a las ciudades, generación de energía hidroeléctrica y agricultura (ODS 11, 7 y 2) (IPCC, 2014a). También se espera una mayor sequedad en Centroamérica y México, aunque con menor confianza en el sur de la subregión. En la subregión del Caribe, se prevé que el riesgo de sequía aumente, especialmente si las temperaturas aumentan más de 1.5°C. Las islas del Caribe también se enfrentan a amenazas derivadas del aumento del nivel del mar, incluyendo la salinización, inundaciones y presión sobre los ecosistemas (ODS 14)(IPCC, 2018b).



La rápida urbanización, el desarrollo económico y la desigualdad son uno de los principales motores socioeconómicos de la presión sobre los sistemas hídricos en América Latina y el Caribe, con los que se cruzan los impactos climáticos relacionados con el agua. La pobreza es persistente en la mayoría de los países de la región, lo que contribuye a la vulnerabilidad al cambio climático. La desigualdad económica también se traduce en desigualdad en el acceso al agua y al saneamiento, y viceversa. El aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua con el cambio climático (IPCC, 2014a) tiene un mayor impacto en las personas pobres (ODS 1 y 3). Frente a las prioridades de desarrollo económico, el agua es necesaria para satisfacer las necesidades sectoriales (domésticas, agrícolas, energéticas) y de los ecosistemas, lo que plantea desafíos persistentes para la gestión sostenible de los recursos hídricos. Los países de América del Sur y Central satisfacen el 60% de su demanda de energía a través de la energía hidroeléctrica, mientras que al mismo tiempo, el cambio de uso de la tierra para la producción de alimentos y la bioenergía ejerce presión sobre los recursos hídricos (ODS 15) (IPCC, 2014a). Más del 80% de la población de la región vive en zonas urbanas (DAES, 2019), y las sequías se han relacionado con la reducción de los ingresos laborales y de empleo en las ciudades latinoamericanas (ODS 8 y 11) (Desbureaux y Rodella, 2019). La vulnerabilidad a los impactos relacionados con el agua y el cambio climático también es alta en las zonas rurales, con factores climáticos que limitan las opciones económicas e impulsan la migración. Por ejemplo, en 2014, un aumento significativo en el número de guatemaltecos que buscan acceso a los Estados Unidos de América (EE. UU.) coincidió con el inicio de las condiciones de sequía relacionadas con El Niño en el Corredor Seco Centroamericano (Steffens, 2018). Se espera que el cambio climático intensifique el riesgo de sequía aquí, obligando a más familias rurales pobres a emigrar fuera de la región (ODS 10) (CEPAL, 2018).

### 10.5.2 Respuestas políticas: progresos y desafíos

Una evaluación más profunda de tres países de toda la región -Chile en el sur de América del Sur, Guatemala en Centroamérica y Granada en el Caribe (Tabla 10.3)- ilustra algunos de los progresos y desafíos pendientes que enfrentan los países de la CEPAL para abordar el cambio climático a través del agua. Las estrategias climáticas de los países - como se evidencia en los Planes de Adaptación y las CDN- revelan algunas intenciones positivas. Por ejemplo, las CDN de Chile y Guatemala reconocen los impactos relacionados con el agua y las medidas de respuesta en múltiples sectores. El Programa de Acción 3 del PNAD de Granada (de entre 12) tiene como objetivo establecer una "estructura de gobernanza del agua con reconocimiento del clima", reconociendo la necesidad de desarrollo institucional en todos los sistemas de planificación, política e información, junto con la infraestructura.

Los planes nacionales de desarrollo de los países seleccionados tienden a reconocer los impactos del cambio climático relacionados con el agua y, en algunos casos, la importancia de la gestión del agua para el desarrollo económico. Sin embargo, no tratan explícitamente la gestión del agua y el cambio climático como sectores interrelacionados que requieren respuestas integradas. Además, a pesar del tratamiento intersectorial de las cuestiones relacionadas con el agua en las estrategias climáticas de los países, sus progresos en la aplicación de la GIHR sugieren que habrá desafíos en la integración de la acción hídrica y climática en la práctica. Los tres países se autocalificaron "bajos" en la implementación de la GIHR en la evaluación de referencia del ODS 6.5.1, al igual que cerca de la mitad de los países de la región (Figura 10.1).

Teniendo en cuenta los aspectos transfronterizos, ninguna de las tres estrategias examinadas para Chile y Guatemala aborda el agua como un conector climático internacional a través de cuencas transfronterizas (Granada no tiene cuencas transfronterizas).

### 10.5.3 Oportunidades para acelerar las Acciones de agua-clima a escala nacional y regional

Para muchos países de la región, el cambio climático se produce en un contexto de altos niveles de competencia intersectorial por el agua, incluso entre las zonas urbanas, los sectores de la energía y la agricultura, así como las necesidades de los ecosistemas. Por lo tanto, estos países deben evitar el riesgo de respuestas mal adaptadas. Los modelos de los compromisos de las CDN en Argentina, Brasil, Colombia y México identificaron que las promesas de mitigación podrían exacerbar los conflictos relacionados con el uso de energía, agua y recursos terrestres, - principalmente debido al aumento de la demanda de agua para la generación de electricidad y el riego de cultivos y biomasa (Da Silva et al., 2018). Los signos incipientes de la integración de las políticas entre el agua, el clima y otros ODS en los países

**Tabla 10.3 Instantánea de los países de América Latina y el Caribe: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación**

País	Puntuación de implementación de GIRH (ONU Medio ambiente, 2018)	Escala	Plan Nacional	CDN	Plan de adaptación	Ejemplos de acciones clave en agua-clima regionales/transfronterizas
Chile	23 (Baja)	Nacional	La "Agenda 2030 de Chile" esboza un programa de reforma y acción que incluye leyes, planes, programas y otras iniciativas para alcanzar el ODS 6. Los impactos existentes del cambio climático, incluyendo en términos de escasez de agua, son reconocidos (Chile Agenda 2030, s.f.).	La acción de la CDN para la adaptación se centra en la implementación del Plan Nacional de Adaptación y siete planes sectoriales (incluyendo los recursos hídricos; mientras que también se observa que uno para la silvicultura y la agricultura se centra en la gestión del agua)	El Plan Nacional de Adaptación reconoce los impactos relacionados con el agua, especialmente en los agricultores de las zonas de tierras secas mediante el uso y la gestión de los recursos hídricos; y el papel de los ecosistemas de gran altitud para garantizar el suministro de agua. La dependencia multisectorial de los recursos hídricos es reconocida y otros sectores, incluyendo infraestructura, desarrollo rural y energía, se identifican como puntos de entrada estratégicos para mejorar la GIRH (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2014).	No se han identificado proyectos actuales de gestión transfronteriza del agua con una fuerte dimensión del cambio climático. El Fondo de Adaptación ha respaldado el concepto de un proyecto regional de reducción del riesgo de desastres, Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades andinas a través de los servicios climáticos (ENANDES), apoyando a las comunidades andinas en Chile, Colombia y Perú. Este documento incluye un componente sobre la supervisión regional y nacional del clima, la pronóstico y la toma de decisiones.
		Transfronterizo	No se menciona de forma explícita.	No se menciona de forma explícita.	No se menciona de forma explícita.	
Granada	25 (Baja)	Nacional	La Estrategia de Crecimiento y Reducción de la Pobreza 2014–2018 reconoce las vulnerabilidades del cambio climático y otros factores y, en este contexto, la necesidad de que la agenda de gestión ambiental de la nación incluya la gestión integrada de las zonas costeras y la protección de los ecosistemas de agua dulce, entre otros (Gobierno de Granada, 2014).	Las acciones de adaptación incluyen la mejora de la gestión de los recursos hídricos, que es reconociendo como un elemento crucial para el desarrollo a largo plazo de Granada. El agua también se identifica como el sector transversal dominante en la evaluación de las necesidades tecnológicas de Granada.	El Plan nacional de Adaptación menciona una evaluación de la vulnerabilidad del sector del agua. También incluye medidas para establecer una estructura de gobernanza del agua sensible al clima, con objetivos para mejorar los mecanismos institucionales de planificación, gestión y uso eficiente de los recursos hídricos. El agua también se menciona en el marco de las acciones agrícolas y ecosistémicas (Gobierno de Granada, 2017).	No hay cuencas transfronterizas. El proyecto Sector de Aguas Resistentes al Clima en Granada (G-CREWS), financiado por el Fondo Verde para el Clima y ejecutado por GIZ, el Banco de Desarrollo de Granada y el Ministerio de Finanzas, Energía, Desarrollo Económico, Planificación y Comercio de Granada, incluye un componente adicional, financiado por el Gobierno alemán, para el aprendizaje y replicación regional.
		Transfronterizo	No hay cuencas transfronterizas.	No hay cuencas transfronterizas.	No hay cuencas transfronterizas.	
Guatemala	25 (Baja)	Nacional	El <i>Plan Nacional de Desarrollo: K'atun nuestra Guatemala 2032'</i> (Plan Nacional de Desarrollo K'atun 2032) incluye objetivos separados para el cambio climático (adaptación y mitigación) y la gestión de los recursos hídricos. La GIRH está incluyendo en relación con los bosques, la energía y el agua, y se reconoce como central para el desarrollo nacional sostenible (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, 2014).	Se reconocen los impactos relacionados con el cambio climático relacionados con el agua, y la GIRH figura como una de las acciones prioritarias para fortalecer la adaptación al cambio climático. En el marco de la mitigación, la GIRH también es reconocido, en los sectores de la agricultura y los residuos.	Sin Plan Nacional de Adaptación. El Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático (2016) incluye un capítulo de Adaptación. La GIRH se identifica como un pilar clave. Los objetivos de acción pertinentes incluyen el aumento del acceso al agua potable, el tratamiento de las aguas residuales, el control de la calidad y la cantidad en las cuencas hidrográficas, la protección sostenible de las zonas/cuencas vulnerables al clima y el establecimiento de instrumentos operativos en una nueva Ley de Aguas (Consejo Nacional sobre Cambio Climático, 2016).	No se han identificado proyectos actuales de gestión transfronteriza del agua con una fuerte dimensión del cambio climático. Guatemala forma parte del proyecto regional "Iniciativa de Inversión Productiva para la Adaptación al Cambio Climático (CAMbio II)", financiado por el Fondo Verde para el Clima y cofinanciado y ejecutado por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Este proyecto tiene como objetivo aumentar la resiliencia de las micro, pequeñas y medianas empresas de los países centroamericanos mediante la eliminación de los obstáculos al acceso a los servicios financieros y no financieros (incluyendo el acceso al agua).
		Transfronterizo	Se observa la importancia de abordar los espacios transfronterizos, incluyendo las cuencas hidrográficas estratégicas, con miras a garantizar que la población tenga medios de subsistencia sostenibles.	No se menciona de forma explícita.	No se menciona de forma explícita.	

Fuente: Autores

que figuran en el Tabla 10.3 son un primer paso hacia la gestión de las compensaciones. Sin embargo, el lento progreso en la implementación de la GIHR sugiere la necesidad de renovar el esfuerzo. A este respecto, la CEPAL y la Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) han tenido cierto éxito utilizando los nexos enmarcados entre el agua-energía-alimentos como punto de entrada para el diálogo en cuanto a las políticas en la región - por ejemplo, ayudando a los responsables de las políticas costarricenses a abordar conflictos de larga duración entre diferentes usos como el hidroeléctrico y riego en la cuenca del río Reventazón (Jouravlev, 2018).

Los países de la región también necesitarán encontrar fondos adicionales para avanzar hacia sus objetivos hídricos, garantizando al mismo tiempo que haya suficiente agua disponible para sus otros objetivos de desarrollo, y al mismo tiempo que adapten sus sistemas e infraestructuras relacionados con el agua a los cambios climáticos. Las Evaluaciones de Las Políticas sobre el Cambio Climático (CCPA, por sus siglas en inglés), apoyadas conjuntamente por el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial, pueden ayudar a los países a gestionar su respuesta climática a través de una lente macroeconómica y fiscal. Una CCPA recientemente terminada para Granada, sugiere que el Gobierno necesita mejorar su situación fiscal y reducir los niveles de deuda y las necesidades de financiamiento, mediante nuevas reformas a su Ley de Responsabilidad Fiscal. Esto a su vez proporcionaría más espacio para las inversiones relacionadas con el clima, por ejemplo en infraestructura resiliente. Los marcos jurídicos y políticas de Granada también pueden mejorarse para atraer la inversión privada a sectores relevantes para la adaptación y mitigación del cambio climático (FMI, 2019), incluida el agua.

A nivel regional, la limitada mención explícita de las cuestiones climáticas transfronterizas en Chile y Guatemala en materia de estrategias climáticas y de desarrollo es sintomática de desafíos más amplios en cooperación en materia de aguas transfronterizas en América Latina y el Caribe al menos, según se define con el indicador 6.5.2 de los ODS. La evaluación de la línea de base de referencia 6.5.2 estimó que sólo una cuarta parte de las zonas de cuencas transfronterizas (río, lago o acuífero) estaban cubiertas por disposiciones operativas para la cooperación<sup>33</sup> en materia de agua. Sólo un país, Ecuador, tiene acuerdos operativos para todas sus cuencas transfronterizas (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018).

La misma evaluación de la línea de base de referencia, apunta a oportunidades para acoplar esfuerzos para mejorar la cooperación transfronteriza con otras cuestiones, incluido el cambio climático, ayudando a catalizar el diálogo y a garantizar que se mantengan las sinergias. Los países centroamericanos ya han tenido cierto éxito incorporando acuerdos transfronterizos de cooperación en materia de agua dentro de tratados más amplios, por ejemplo, sobre protección del medio ambiente. Algunos ejemplos son los acuerdos entre Guatemala, Honduras y El Salvador, y entre Guatemala y México (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018). El progreso del uso del cambio climático como punto de entrada a una cooperación transfronteriza más amplia, como la cooperación en la cuenca del río Dniéster destacada en la sección anterior, apunta a un potencial similar en la región de la CEPAL.

## 10.6 Asia y el Pacífico - Perspectiva de la CESPAP

### 10.6.1 Impactos del cambio climático relacionado con el agua en sectores y ODS

Existe una gran variación y una baja confianza en los impactos proyectados relacionados con el agua del cambio climático a escala subregional en Asia y el Pacífico (IPCC, 2014a). Los impactos climáticos relacionados con el agua se cruzan con otras tendencias socioeconómicas que afectan la calidad y la cantidad del agua, incluyendo la industrialización (que está remodelando la demanda sectorial de agua y aumentando la contaminación), el crecimiento de la población y la rápida urbanización. Estos últimos también han aumentado la exposición a los peligros naturales relacionados con el agua, como las inundaciones (CESPAP/UNESCO/OIT/ONU-Medio ambiente/FAO/ONU-Agua, 2018).

La región es muy vulnerable a los desastres inducidos por el clima y a los fenómenos meteorológicos extremos, que están desproporcionadamente aumentando la carga a los grupos pobres y vulnerables (ODS 1, ODS 11) (UNDRR/CMNUCC/Oficina Regional de ONU Medio Ambiente para Asia y el Pacífico,

<sup>33</sup> Estimado para 12 países (Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Venezuela).

2019). Sólo en agosto de 2017, las intensas lluvias monzónicas afectaron a 40 millones de personas en Bangladesh, India y Nepal, cobrando casi 1,300 vidas y mandando a 1.1 millones de personas en campamentos de socorro. Las inundaciones podrían costar al sur de Asia hasta 215 mil millones de dólares cada año para 2030 (CESPAP/BAsD/PNUD,2018). También se espera que las inundaciones contaminen las fuentes de agua, destruyan los puntos de agua y las instalaciones de saneamiento y, por lo tanto, supongan un desafío para el acceso universal a los servicios sostenibles de agua y saneamiento (ODS 6) (CESPAP/UNESCO/OIT/ONU Medio Ambiente/FAO/ONU-Agua, 2018).

El cambio climático y la creciente demanda de agua pondrán énfasis en los recursos de aguas subterráneas de la región, la disponibilidad de aguas superficiales se ve afectada por el aumento de la variabilidad climática. El uso de agua subterránea en la región podría aumentar en un 30% para 2050 (BAsD, 2016). El aumento de la demanda de riego ya ha dado lugar a un fuerte estrés en las aguas subterráneas en algunas zonas, especialmente en dos de las principales "canastas de alimentos" de Asia: la llanura del norte de China y el noroeste de la India (SDG2) (Shah, 2005).

### 10.6.2 Respuestas políticas: progresos y desafíos

Una evaluación más profunda de tres países de toda la región - Bangladesh, China e Indonesia - ilustra los diferentes grados de progreso en la lucha para abatir de manera integrada el agua y cambio climático (Tabla 10.4). Bangladesh e Indonesia califican sus progresos en la implementación de la GIHR por debajo que China. Del plan nacional de desarrollo, CDN y planes de adaptación, se concluye que Bangladesh parece haber avanzado, relativamente lejos, garantizando que el agua y el cambio climático se aborden sinérgicamente. Las cuestiones relacionadas con el agua también son reconocidas en las estrategias climáticas de China e Indonesia, a pesar de que el tratamiento integral del agua y el clima se sea menos evidente en sus planes de desarrollo nacionales que en el de Bangladesh.

Un análisis de escritorio del presente capítulo, no identificó iniciativa transfronteriza alguna que tenga una fuerte dimensión en relación con el cambio climático en los tres países muestra, aunque esto puede obedecer a la amplia brecha en la presentación de informes sobre la cooperación transfronteriza en toda la región de Asia (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018). Las cuestiones de agua transfronteriza se mencionan brevemente en los planes nacionales de desarrollo de Bangladesh y China, pero no se identificaron en sus respectivas estrategias climáticas.

### 10.6.3 Oportunidades para acelerar las acciones de agua-clima a escala nacional y regional

A nivel nacional, entre las prioridades identificadas están: mejorar la gobernanza del agua y la productividad del agua para gestionar la competencia entre las necesidades hídricas de la agricultura, energía, industria, ciudades y ecosistemas (BAsD, 2016; IPCC, 2014a); promover las SbN que pueda frenar las emisiones y aumentar la resiliencia (IPCC 2018b); e integrar el cambio climático y la DRR a lo largo de todo el ciclo de proyectos y políticas (UNDRR/CMNUCC/Oficina Regional del Medio Ambiente de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, 2019).

El cambio climático podría tener un efecto negativo en la necesaria integración de la formulación y la ejecución de políticas, añadiendo incertidumbre y complejidad, y dificultando la consecución de estas prioridades. Sin embargo, el cambio climático también puede ayudar a catalizar reformas de políticas que respondan a presiones más amplias sobre el agua y a abrir oportunidades de acción sobre estos tipos de desafíos para la gestión del agua que se vienen arrastrando de tiempo atrás. Un ejemplo proviene de la llanura del norte de China, una de las zonas de cultivo de alimentos más importantes de China y hogar de más de 400 millones de personas (Kang y Eltahir, 2018). Ahí, la amenaza del cambio climático, en parte justifica una respuesta concertada a la disminución de los niveles de las aguas subterráneas, a pesar de ser el riego intensivo, el impulsor inmediato para el cambio. En la provincia de Hebei, por ejemplo, la extracción se está midiendo indirectamente a través del consumo de energía (contadores de electricidad en las bombas); se están utilizando nuevos modelos hidrogeológicos para predecir la respuesta del sistema de aguas subterráneas a los cambios en la extracción, las precipitaciones y las condiciones climáticas a largo plazo; y se están utilizando palancas económicas y reglamentarias para alinear las extracciones (gradualmente) con la disponibilidad de agua proyectada. No todas las acciones son populares entre los agricultores, pero el cambio climático proporciona una justificación políticamente neutral para impulsar el diálogo y la reforma de la política hídrica (Li et al., 2018).

**Tabla 10.4 Instantánea de Asia y el Pacífico: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación**

País	GIRH de puntuación (ONU Medio ambiente, 2018)	Escala	Plan Nacional	CDN	Plan de Adaptación	Ejemplos de acciones clave en agua-clima regionales/transfronterizas
Bangladesh	50 (media baja)	Nacional	El Séptimo Plan de Cinco Años (2016–2020) incluye estrategias separadas para la Agricultura y los Recursos Hídricos, y desarrollo sostenible, medio ambiente y cambio climático. El cambio climático es reconocido como uno de los diez desafíos para el sector del agua y una de las catorce sub-estrategias de agua. En el contexto del Plan Delta para 100 años (BDP 100), reconoce como un primer desafío para el sector del agua la construcción de una sociedad resiliente al clima (Gobierno de la República Popular de Bangladesh, 2015). También se han integrado herramientas de evaluación del cambio climático en los Planes Anuales de Desarrollo (ADP, por sus siglas en inglés).	La CDN identifica un objetivo de adaptación con 10 áreas clave de acción, de las cuales 8 se relacionan con cuestiones de gestión del agua, a pesar de que los vínculos hídricos no siempre se establecen explícitamente. Estas áreas incluyen la seguridad alimentaria, la gestión de desastres, la gestión de zonas costeras y la conservación comunitaria de los humedales y las zonas costeras.	Bangladesh fue uno de los primeros PMA en presentar su Programa de Acción Nacional de Adaptación (PANA) en 2005. Se actualizó en 2009. La Estrategia y Plan de Acción sobre el Cambio Climático de Bangladesh se aprobó en 2009 y funcionó hasta 2018. La mayoría de los 44 programas prioritarios tienen vínculos directos o indirectos con la gestión del agua. Incluyen la mejora de los cultivos, la gestión de la sequía, la gestión de desastres y la gestión de la infraestructura y el conocimiento (Ministerio de Medio Ambiente y Bosques de Bangladesh, 2009). Se está preparando un Plan Nacional de Adaptación.	No se han identificado proyectos actuales de gestión transfronteriza del agua con una fuerte dimensión del cambio climático.  Bangladesh es parte del Tratado de Intercambio de Agua del Ganges (1996) con la India, cuyo objetivo es garantizar el flujo en la estación seca en el río Ganges (Gobierno de la República de la India/Gobierno de la República Popular de Bangladesh, 1996). Los acuerdos entre Bangladesh y la India sobre la DRR relacionados con el agua, incluyendo el intercambio de datos relacionados con las inundaciones de los ríos transfronterizos, también se han hecho dentro del Estatuto de la Comisión Conjunta de Ríos Indo-Bangladesh (1972). Sin embargo, no hay acuerdos para compartir agua para los otros 56 ríos transfronterizos, además del Ganges.
		Transfronterizo	El Plan Nacional resalta que Bangladesh depende de los países ribereños río arriba para un desarrollo significativo e integral de los recursos hídricos. Bangladesh tuvo la intención de celebrar inmediatamente acuerdos con su vecinos países ribereños para compartir las aguas de los ríos internacionales, el intercambio de datos, la planificación de los recursos y la gestión a largo plazo de los recursos hídricos, en condiciones normales y de emergencia. Se establecen vínculos explícitos con los extremos actuales del agua, pero no con el cambio climático.	Sin mención explícita	Sin mención explícita	
China	75 (alta)	Nacional	En el Plan de China de Cinco Años (2016-2020), una prioridad es fortalecer la seguridad del agua, incluso mediante un uso más eficiente de los recursos hídricos. El documento describe los proyectos de seguridad del agua que contribuyen a "sistemas integrales de control y mitigación de inundaciones". Otras áreas de intervención incluyen la protección de los recursos hídricos y el control de la contaminación del agua a través de la GIRH.	Los recursos hídricos son un área clave de enfoque para la adaptación, donde la mejora de la resiliencia climática implicará optimizar la asignación de recursos hídricos al tiempo que se implementa la regulación más estricta de la gestión del agua.	En la Estrategia Nacional de Adaptación (NAS, por sus siglas en inglés), la gestión de los recursos hídricos se identifica como un área prioritaria. Se están promoviendo una variedad de estrategias de conservación, restauración ecológica y uso para ayudar al sector del agua a adaptarse mientras se gestionan demandas complejas (Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma, 2013).	No se han identificado proyectos actuales de gestión transfronteriza del agua con una fuerte dimensión del cambio climático.  China coopera con las partes en el Acuerdo del Mekong (cuadro 3), pero no es parte en sí misma. Ha iniciado por separado la Cooperación Lancang-Mekong con los otros cinco ribereños del Mekong. El Plan de Acción de Cinco Años sobre la Cooperación Lancang-Mekong (2018-2022) menciona brevemente el cambio climático en relación con la "cooperación no tradicional en materia de seguridad" y los "recursos hídricos"
		Transfronterizo	El Plan Nacional reconoce la ambición de aplicar medidas bien planificadas para desarrollar y aprovechar el agua de las cuencas fluviales transfronterizas, y profundizar la cooperación transfronteriza en materia de agua con los países vecinos.	Sin mención explícita	Sin mención explícita	
Indonesia	48 (media-baja)	Nacional	El Plan Estratégico de Cinco-Año de Indonesia (RPJMN 2015–2019) reconoce el cambio climático como una amenaza intersectorial. La seguridad del agua es un objetivo prioritario. El documento enumera las actividades para mejorar la conservación de las cuencas hidrográficas, la disponibilidad de agua y el acceso al agua potable y al saneamiento (República de Indonesia, 2014a). El RPJMN para el período 2020-2024 está actualmente en desarrollo.	La seguridad del agua se reconoce como una condición habilitador para la resiliencia climática. La CDN se refiere a una acción reforzada sobre la gestión integrada de las cuencas hidrográficas para la resiliencia económica, así como la resiliencia de los ecosistemas y el paisaje.	Rencana Aksi Nasional – Perubahan Iklim (RAN-API, 2014), El Plan Nacional de Adaptación de Indonesia, incluye la gestión de la calidad del agua y el control de la contaminación del agua, el ahorro de consumo y la gestión de la demanda de agua, y la utilización de los recursos hídricos de manera justa, eficiente y sostenible, como estrategias clave (República de Indonesia, 2014b).	No se han identificado proyectos actuales de gestión transfronteriza del agua con una fuerte dimensión del cambio climático.
		Transfronterizo	No se menciona de forma explícita	No se menciona de forma explícita	No se menciona de forma explícita	

Fuente: Autores.



Al igual que en otras regiones, la cooperación entre los países contribuirá a impulsar y fortalecer las acciones nacionales. En el ámbito de la inversión, se necesita una inversión incremental estimada de 21-47 mil millones de dólares hasta el año 2030, para hacer que la infraestructura de agua y saneamiento sea resiliente al clima en toda Asia y el Pacífico. Muchos países, incluyendo los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) y los Países Menos Adelantados (PMA), se enfrentan no sólo a un déficit de financiación, sino también a dificultades para acceder y atraer fondos. Estos países necesitarán apoyo para aumentar la preparación para la inversión, por ejemplo, a fin de ayudar a preparar una cartera de proyectos financiables. Esta asistencia puede provenir de organizaciones internacionales y regionales, pero también puede mejorarse mediante intercambios entre países de Asia y el Pacífico (UNDRR/CMNUCC/Oficina Regional del Medio Ambiente de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, 2019).

La cooperación regional en materia de inversión e información, y en ámbitos institucionales como la gobernanza, capacidad y asociaciones, es urgentemente necesaria en las cuencas transfronterizas de Asia. Estas cuencas se enfrentan a enormes desafíos resultantes del desarrollo -incluyendo la urbanización, la energía hidroeléctrica y la contaminación - y del cambio climático. Bangladesh, por ejemplo, comprende el delta más grande del mundo. Se encuentra en la confluencia de tres grandes ríos mundiales que drenan tierras en Bután, China, India y Nepal, pero tiene sólo el 7% de la zona de captación de estas cuencas (Rasheed, 2008). El actual plan nacional de desarrollo reconoce que Bangladesh no puede emprender por sí solo programas significativos de desarrollo de los recursos hídricos y tiene por objeto alcanzar nuevos acuerdos transfronterizos (Tabla 10.4). Hasta ahora, sin embargo, - sólo existe un acuerdo de intercambio de agua para uno de sus 57 ríos transfronterizos - el Ganges, con la India (ONU-Medioambiente, 2017). Se ha avanzado más en la lucha contra las cuestiones climáticas relacionadas con el agua en la cuenca del río Mekong, que se espera que sea el hogar de 83 millones de personas para 2060 (MRC, 2016). Esto muestra cómo el cambio climático ha proporcionado un punto focal para la cooperación regional, pero también ilustra cómo puede complicar aún más la gestión integrada, por ejemplo mediante la creación de compensaciones adicionales en torno a la energía hidroeléctrica (Cuadro 10.3).

## 10.7 Asia occidental y el norte de África– Perspectiva de la CESPAAO

### 10.7.1 Impactos del cambio climático relacionados con el agua en sectores y ODS

La vulnerabilidad al cambio climático es de moderada a alta en toda la región, con un gradiente generalmente creciente de norte a sur. Este es un hallazgo principal de la RICCAR, un ejemplo importante de una evaluación de impacto y vulnerabilidad específica de cada región con un fuerte enfoque en los impactos relacionados con el agua. RICCAR proyecta una disminución de las tendencias de precipitación en toda la región hasta el final del siglo. La escorrentía y la evapotranspiración generalmente siguen las mismas tendencias que las precipitaciones, aunque la evapotranspiración está limitada por las restricciones de escasez de agua en algunas áreas. Las temperaturas en la región árabe están aumentando, y bajo un escenario de altas emisiones se espera que continúen aumentando hasta el final del siglo hasta de 4 a 5°C por encima de sus niveles pre industriales (CESPAO et al., 2017; FAO/GIZ/ACSAD, 2017).

Las zonas con mayor vulnerabilidad al cambio climático se encuentran en el Cuerno de África, el Sáhel y la parte suroeste de la Península Arábiga. Se trata de puntos críticos de adaptación, independientemente del sector estudiado o del escenario climático proyectado, y comprenden varios de los PMA de la región. Si bien su exposición al cambio climático varía, todas presentan una baja capacidad de adaptación. Incluso cuando se espera que las zonas sean testigos de aumentos de las precipitaciones y aumentos moderados de la temperatura promedio -como es el caso en la mayor parte del Cuerno de África-, los bajos niveles de capacidad de adaptación dejan a las personas muy vulnerables. Sobre la base de los cambios previstos en la disponibilidad de agua y la capacidad de adaptación, las zonas más vulnerables en relación con el agua son el valle superior del Nilo, la parte suroeste de la Península Arábiga y la parte norte del Cuerno de África (CESPAO et al., 2017).

La intersección con los grandes desafíos del cambio climático y la limitada capacidad de adaptación son las complejas dinámicas económicas y políticas sociales, que afectan al agua a nivel regional, nacional y

### Cuadro 10.3 Cambio climático, complicando e impulsando la cooperación transfronteriza en el Mekong

La cuenca del río Mekong ha visto esfuerzos energéticos para desarrollar respuestas transfronterizas al cambio climático, especialmente en la parte baja de la cuenca. Aquí, importantes cambios de infraestructura y socioeconómicos ya están ejerciendo una enorme presión, incluyendo las presas que alteran los flujos ambientales, así como la migración de peces (Evers y Pathirana, 2018). Además, el efecto de El Niño y el cambio climático están haciendo que la temporada de monzones se acorte. En 2019, los niveles de agua cayeron a su nivel más bajo en 100 años, aunque las decisiones de gestión del agua aguas arriba, incluyendo la retención de flujos para la energía hidroeléctrica, también fueron un factor exacerbante (Lovgren, 2019).

En la cuenca inferior de Mekong, los países miembros de la Comisión del Río Mekong -Camboya, República Democrática Popular Lao, Tailandia y Vietnam - desarrollaron la Estrategia y Plan de Acción para la Adaptación al Cambio Climático del Mekong (MRC, 2018). Como ejemplo de adaptación al cambio climático, presentando un punto focal y facilitador de la cooperación transfronteriza en materia de agua, la Estrategia establece siete prioridades estratégicas, entre ellas: la incorporación del cambio climático en las políticas nacionales y regionales, planificación y programación; el apoyo al acceso a la financiación de la adaptación; y la mejora de las asociaciones y cooperación regionales e internacionales en materia de adaptación (MRC, 2018).

La implementación de una adaptación transfronteriza completa en el Mekong será un desafío. China, cuyo territorio constituye alrededor de una quinta parte de la cuenca y que aporta el 16% del caudal de la cuenca del río Mekong no es miembro del MRC, y tampoco Myanmar, que también representa una pequeña parte del territorio y el flujo (Evers y Pathirana, 2018). Todos los países han justificado las ambiciones de desarrollo, para las que el agua es esencial. Si bien la seguridad energética es a menudo una consideración importante para los países que desarrollan sus recursos hidroeléctricos, la mitigación de las emisiones también puede utilizarse para justificar la evolución de la energía hidroeléctrica, lo que ilustra cómo el cambio climático puede complicar las compensaciones existentes en la gestión del agua. Por otra parte, la ciencia sobre los beneficios y los costos relacionados con el clima de la energía hidroeléctrica son inciertas: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la energía hidroeléctrica de Mekong oscilan significativamente (Räsänen et al., 2018) al igual que los impactos proyectados del cambio climático en la producción hidroeléctrica, a través de cambios en la escorrentía (MRC, 2018R). Estas incertidumbres deben abordarse adecuadamente mediante una evaluación adecuada y robusta de las opciones, además de incorporar el valor de los servicios eco sistémicos, así como las especies que dependen del río y sus flujos naturales. No obstante, los esfuerzos del MRC y de los países miembros en materia de adaptación al cambio climático son un comienzo importante y ofrecen una señal para ampliar la cooperación sobre el cambio climático en las cuencas transfronterizas de Asia.

subnacional. La politización y el armamentismo de los recursos hídricos, el desplazamiento y la degradación de la infraestructura hídrica han sido importantes desafíos para los países afectados por conflictos (CESPAO/IOM, 2017; CESPAO, 2018). Persisten las desigualdades en el acceso y el control de los recursos hídricos, especialmente en las líneas urbanas-rurales y de género (CESPAO/BGR,2013; CESPAO, 2018). Casi todos los Estados árabes son altamente interdependientes, ya que a menudo dependen de recursos de superficie y aguas subterráneas transfronterizos compartidos y estratégicamente importantes. Esto agrava el desafío de lograr una política integrada y coherente del agua a nivel nacional (CESPAO et al. , 2017).

Los impactos relacionados con el agua del cambio climático, exacerbados por estos otros desafíos de gestión del agua, amenazan el logro de numerosos ODS además del ODS 6. Por ejemplo, el Banco Mundial ha identificado a Asia Occidental y el Norte de África como las regiones que se enfrentan a las mayores amenazas económicas por la escasez de agua exacerbadas por el cambio climático, lo que cuesta hasta el 6% del PIB para 2050 (ODS 8) (Banco Mundial, 2016a). En el sector agrícola, más de la mitad de la superficie de los principales sistemas de tierras de cultivo de la región árabe se encuentran entre las dos clases más altas de vulnerabilidad según en la evaluación de RICCAR, con el valle del Nilo, la parte suroeste de la Península Arábiga, la cuenca Tigris-Éufrates y las partes occidentales del norte de África son más vulnerables. Los cambios combinados en la temperatura, precipitaciones y evapotranspiración también amenazarán la base de recursos alimentarios para el ganado, pueden inducir el colapso de ciertas poblaciones de peces y podrían reducir potencialmente la productividad forestal (ODS 2) (FAO/GIZ/ ACSAD, 2017 FAO). Los cambios en la temperatura podrían aumentar el riesgo de algunas enfermedades relacionadas con el agua, como la diarrea y la esquistosomiasis. Cuando las mujeres y los niños soportan la carga de las tareas domésticas relacionadas con el agua, también pueden surgir vulnerabilidades basadas en el género (ODS 3, ODS 5) (UNU-INWEH, 2017).

### 10.7.2 Respuestas políticas: progresos y desafíos

Una evaluación más profunda de tres países de la región -Jordania, Mauritania y Túnez- muestra el compromiso de integrar los desafíos climáticos relacionados con el agua en los documentos clave de estrategia (Tabla 10.5). El plan nacional de desarrollo de Jordania reconoce los impactos relacionados con el agua del cambio de clima como una amenaza para el desarrollo, mientras que su CDN destaca por incluir acciones de mitigación relacionadas con el agua, en lugar de tratar el agua sólo como una cuestión de adaptación. La CDN de Mauritania da prioridad a las acciones de adaptación relacionadas con el agua y, como se ha señalado, su PANA da protagonismo a la GIHR como solución de adaptación. Tanto las CDN de Túnez como de Jordania mencionan las acciones relacionadas con el agua en otros sectores, además del sector del agua, reconociendo implícitamente la contribución a otros ODS. Sin embargo, los ejemplos también apuntan a ciertas lagunas. En los planes nacionales de desarrollo de Túnez y Mauritania no se menciona la relevancia de la gestión del agua para abordar el cambio climático. A pesar del énfasis en la GIHR y las medidas institucionales conexas en el PANA de Mauritania, la CDN no prioriza explícitamente el fortalecimiento institucional para la gestión del agua. El nivel de implementación de la GIHR en los tres países sugiere que se necesitan medidas significativas para mejorar la gestión del agua como base para la gestión de los impactos del cambio climático. La puntuación sobre el progreso en la implementación de Túnez y Jordania según su autoevaluación es "media-alta" y la de Mauritania es "media-baja" de (ONU-Medio Ambiente, 2018).

Más allá del nivel nacional, la mención de las cuestiones transfronterizas del agua en un contexto de cambio climático es limitada, a pesar de su relevancia para los países considerados. Por ejemplo, en la cuenca del Medjerda compartida por Argelia y Túnez, los modelos de RICCAR estiman que se tendrán condiciones significativamente más secas, con un aumento de las sequías severas y extremas en el escenario de altas emisiones. El Río Medjerda contribuye al suministro de agua de la mitad de la población tunecina y sustenta la seguridad alimentaria. Entretanto, ambos países están lidiando con las implicaciones de utilizar este recurso compartido con fines de desarrollo, incluyendo los planes para ampliar la energía hidroeléctrica, y hacer frente a cuestiones ya desafiantes de sedimentación y contaminación. Ningún plan de adaptación estaría completamente completo sin construir cooperación transfronteriza en la cuenca del Medjerda.

Los otros dos países, sin embargo, se han embarcado en algunos proyectos regionales que tratan de aprovechar el papel del agua como "conector climático". Un ejemplo es el Proyecto de Desarrollo de Resiliencia al Cambio Climático de la Cuenca del Río Senegal, cuyo objetivo es fortalecer la gestión transfronteriza del agua en la cuenca, incluso mediante la adaptación al cambio climático en Guinea, Malí, Mauritania y Senegal. Otro ejemplo trata de abordar los desafíos hídricos relacionados con el cambio climático a los que se enfrentan las personas desplazadas en campamentos para refugiados urbanos de Jordania, reconociendo que el agua también actúa como un "conector climático" a través del desplazamiento humano (Tabla 10.5).

### 10.7.3 Oportunidades para acelerar las acciones agua-clima a escala nacional y regional

En la Consulta Regional sobre el Cambio Climático para el Foro Árabe para el Desarrollo Sostenible 2019 (AFSD, por sus siglas en inglés) y el Foro Político Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible (HLPF, por sus siglas en inglés) (CESPAO, 2018), las partes interesadas regionales identificaron muchas prioridades y oportunidades relacionadas con el agua, entre ellas :

- **Desarrollo urbano sostenible**, para garantizar el suministro de agua, el saneamiento y el tratamiento de las aguas residuales, y gestionar el riesgo de inundación en un clima cambiante;
- **Mejorar los datos, la investigación y la innovación**, incluyendo las predicciones climáticas estacionales y sub estacionales a nivel regional, la investigación sobre la agricultura adaptada al clima y el desarrollo y uso de herramientas y métricas de seguimiento de la adaptación;
- **Aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables** expuestas a inundaciones y sequías, y amenazadas por la inseguridad alimentaria, incluso mediante el uso de mecanismos de protección social como el seguro de índices meteorológicos y la diversificación económica;

**Tabla 10.5 Instantánea de los países de Asia Occidental y el Norte de África: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación**

País	GIRH de puntuación (ONU Medio ambiente, 2018)	Escala	Plan Nacional	CDN	Plan de Adaptación	Ejemplos de acciones clave en agua-clima regionales/transfronterizas
Jordania	63 (media alta)	Nacional	Jordania 2025 reconoce la brecha entre la oferta y la demanda de agua como un desafío clave, que se ve exacerbado por el cambio climático. Los planes se centran en el desarrollo de suministros nuevos y alternativos y la gestión de la demanda, pero no mencionan explícitamente el cambio climático. La eficiencia energética y las energías renovables se mencionan como formas de reducir los costos.	La CDN incluye medidas de mitigación relacionadas con el agua, incluyendo la eficiencia energética y las energías renovables en el sector del agua. Las acciones de adaptación al agua incluyen la gestión de la demanda y el monitoreo de los recursos hídricos. El agua también se menciona en el marco de las acciones de agricultura y adaptación socioeconómica.	La información disponible sobre el Plan Nacional de Adaptación (en desarrollo) indica que se considerarán una serie de impactos relacionados con el cambio climático relacionados con el agua, incluyendo la desertificación, la escasez de agua, los cambios en la intensidad de las lluvias y las sequías. El agua será uno de los seis sectores prioritarios abordados.	La subvención del proyecto del Fondo de Adaptación, "Aumentando la resiliencia de las personas desplazadas por el cambio climático relacionado con los desafíos hídricos en los campos de refugiados urbanos", aborda los impactos del desplazamiento transfronterizo relacionados con el agua.
		Transfronterizo	No se menciona de forma explícita	No se menciona de forma explícita	Plan Nacional completo de adaptación aún no disponible.	
Mauritania	45 (media baja)	Nacional	El cambio climático ha sido identificado como uno de los tres riesgos clave para la aplicación de la <i>Stratégie pour la Croissance Accéléérée et de Prospérité Partagée de Mauritania, 2016-2030</i> (Estrategia para el Crecimiento Acelerado y la Prosperidad Compartida). Contiene todos los detalles sobre las tendencias y proyecciones del cambio climático, y sobre proyectos y programas específicos relacionados con el agua, excepto en la agricultura. El enfoque se centra en el desarrollo y rehabilitación de infraestructuras de riego (Ministerio de Economía y Finanzas de Mauritania, 2017).	Se mencionan los impactos en los recursos hídricos. Casi la mitad de las 19 actividades de adaptación de la CDN están relacionadas con el agua, incluyendo el saneamiento, la cartografía de los recursos y la supervisión remota, y los proyectos de infraestructura (construidos, p. ej., la desalinización, el suministro de agua y naturales, la rehabilitación de humedales).	El Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PANA-RIM, 2004) destaca la GIRH como una "solución adecuada" para adaptarse al cambio climático. Las actividades prioritarias de adaptación en el sector del agua se detallan y se relacionan con el conocimiento de los recursos hídricos, la disseminación del riego por goteo, compuertas de desaceleración de inundaciones y la capacitación en el uso de bombas eléctricas para riego, gestión de aguas subterránea, vigilancia isométrica y vigilancia de la calidad del agua (República Islámica de Mauritania, 2004).	El Proyecto de Desarrollo de Resiliencia del Cambio Climático de la Cuenca del Río Senegal, financiado por el FMAM, implementado por el Banco Mundial y ejecutado por OMVS, tiene como objetivo fortalecer la gestión transfronteriza de los recursos hídricos en la Cuenca mediante el fortalecimiento institucional, la generación y difusión de conocimientos y el pilotaje de programas sobre la adaptación al cambio climático y la gestión integrada del agua. Opera en Guinea, Malí, Mauritania y Senegal.
		Transfronterizo	Se menciona la importancia del río Senegal y de la Organización para el Desarrollo de la Cuenca del Río Senegal (OMVS, por sus siglas en francés) en relación con la integración energética regional, la pesca y las vías fluviales, pero no en relación específicamente con la adaptación/mitigación del cambio climático.	El cambio climático ha sido reconociendo como un desafío agravante para la pesca en el Río de Senegal, pero no se mencionan las respuestas transfronterizas.	El Río de Senegal y la OMVS se mencionan brevemente en relación con ciertas actividades. No se dan detalles sobre los desafíos o respuestas de gestión transfronteriza del agua.	
Túnez	55 (media alta)	Nacional	El cambio climático es reconocido en general como desafío en <i>Le Plan de Développement 2016-2020</i> , (Plan de Desarrollo), pero no se menciona específicamente en los objetivos relacionados con el agua, reformas y proyectos, que recaen bajo una partida de economía verde.	Las acciones de adaptación en el agua se centran en la transferencia y reutilización de aguas residuales tratadas y el asegurar suministro para grandes centros urbanos. Otras acciones relacionadas con el agua se enlistan bajo agricultura, ecosistemas, salud y turismo. La Tercera Comunicación Nacional (2019) proporciona más detalles (Ministerio de Asuntos Locales y Medio Ambiente de Túnez/FMAM/PNUD, 2019).	El Plan Nacional de Adaptación aún no está disponible. La Tercera Comunicación Nacional proporciona más detalles sobre las iniciativas de adaptación relacionadas con el agua en el agua, así como otros sectores.	El proyecto de Cooperación regional en el sector del agua en el Magreb (CREM, por sus siglas en inglés) es patrocinado por el Ministerio Alemán de Cooperación y Desarrollo (BMZ, por sus siglas en alemán) implementado por (GIZ, por sus siglas en alemán) con el Observatorio de Sáhara y del Sahel (OSS, por sus siglas en inglés). Cuyo objetivo es mejorar la gestión de los recursos hídricos en Argelia, Marruecos y Túnez mediante la cooperación regional y plataformas para el intercambio de información. CREM se ha centrado en el agua y el cambio climático, incluso con un seminario sobre el tema en octubre de 2019.
		Transfronterizo	No se menciona explícitamente.	No se menciona explícitamente.	Plan Nacional de Adaptación no disponible.	

\*Un resumen de la versión en idioma francés del Plan de Desarrollo de Túnez fue revisado (*Le Plan de Développement 2016–2020*) (República de Túnez, 2016).

- **Integración de políticas** entre la mitigación, la adaptación y el desarrollo sostenible, y entre el clima y el nexo agua-alimentación-energía; la incorporación del cambio climático en las estrategias, políticas y programas nacionales; y el cumplimiento de políticas (p. ej., para las políticas de eficiencia hídrica); y
- **Aumentar el acceso a la financiación**, incluso a través de fondos climáticos internacionales y mediante el desarrollo de mercados locales y productos de inversión, como los bonos sukuk<sup>34</sup>, verdes con el apoyo adecuado a la capacidad de desarrollo de proyectos financiados.

Aunque estas prioridades apuntan a los medios de implementación, las partes interesadas de los países tendrán que aprovechar ventanas de oportunidad en la economía política nacional para convertirlas en acción, comenzando en áreas donde los co-beneficios de abordar el agua y el clima juntos se pueden demostrar con relativa facilidad, y construir un caso que pueda convencer a otros. En cuanto al tema de la inversión, la experiencia de Jordania en la gestión de aguas residuales ofrece un ejemplo, con impactos en muchas de las prioridades anteriores. En términos de aumentar el acceso a la financiación con el fin de abordar el cambio climático relacionado con el agua, las iniciativas de Jordán para atraer financiación combinada para las aguas residuales muestran cómo el apoyo público e internacional específico puede permitir un retorno de la inversión para los inversores privados en proyectos de reutilización y eficiencia del agua.

El Tratamiento de Aguas Residuales de As-Samra fue diseñado inicialmente en 2003 para tratar las aguas residuales de 2.3 millones de habitantes de Amán y suministrar aguas residuales tratadas para riego a la región circundante. La mejora de la planta se hizo necesaria, debido al rápido crecimiento de la población y la afluencia de refugiados. Esto se completó en 2015, utilizando 223 millones de dólares en financiación mixta procedente del Gobierno de Jordania (9%), la Millennium Challenge Corporation (MCC, por sus siglas en inglés)(42%), y financiación privada de deuda y capital (49%). Además de proporcionar financiación internacional que abordó la "brecha de viabilidad" para los inversores privados, MCC también actuó como asesor de transacción en la preparación del proyecto (Banco Mundial, 2016c) subrayando de nuevo la importancia del apoyo de las organizaciones internacionales o regionales a la preparación de proyectos. La escasez de agua existente y el crecimiento de la población, en lugar del cambio climático, proporcionaron el motivo original (Banco Mundial, 2016c). Sin embargo, en 2018, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD) y la UE acordaron apoyar una mayor expansión de la capacidad, con el objetivo de múltiples co-beneficios: aumentar la resiliencia de las comunidades locales, recuperar la energía de los lodos tratados y los flujos de agua (aumentando así la seguridad energética y la mitigación del cambio climático), además de abordar las necesidades adicionales creadas por la crisis de refugiados sirios (Zgheib, 2018). En todos los países de la CESPAA, el cambio climático podría actuar como un motivador adicional para que las finanzas combinadas inviertan en reutilización y eficiencia del agua (especialmente en los casos donde aumentará la escasez de agua) y en la recuperación de energía de las aguas residuales.

En cuanto a las oportunidades a nivel regional, el Documento de Resultados de la Consulta Regional 2019 (CESPAA, 2018) hace hincapié en las oportunidades para los foros regionales de perspectivas climáticas para fortalecer la interacción entre los sectores sensibles al clima y los proveedores de servicios de información sobre el clima. Esto habla del tema de la información, y RICCAR es en sí mismo un ejemplo positivo citado en el Documento. Aunque no se menciona en el Documento de Resultados, abordar los impactos relacionados con el cambio climático relacionados con el agua a escala de cuencas transfronterizas será crucial para los países de la CESPAA, incluso en lo que respecta a los acuíferos transfronterizos de los que muchos dependen (CEPE/UNESCO/ONU-Agua, 2018).

<sup>34</sup> Un sukuk es un bono libre de intereses que genera retornos a los inversores sin infringir los principios de la ley islámica (Charía) (Banco Mundial, 2019).



## 10.8 Conclusión: fomentar acciones hídricas y climáticas mediante el aprendizaje y la colaboración regionales

En este capítulo se examinaron las CDN de 80 países en las Comisiones Regionales de las Naciones Unidas. Se analizaron en mayor profundidad quince países, abarcando también las estrategias nacionales de desarrollo y los planes de adaptación. Este análisis conduce a implicaciones claras para la formulación de estrategias y para cerrar la brecha entre la estrategia y la implementación, con tareas que recaigan tanto en las partes interesadas a nivel nacional como regional.

En las CDN y en otras estrategias consideradas surgen tres lagunas claras: puntos ganados con relativa facilidad para que se aborden en la próxima ronda de CDN. En primer lugar, los riesgos y respuestas climáticas mediados por el agua se enmarcan con demasiada frecuencia como cuestiones del sector del agua, en lugar de como desafíos intersectoriales que se extienden a través de los ODS, - afectando a áreas como agricultura, energía, salud, industria, ciudades y ecosistemas. En segundo lugar, se pasa por alto el papel del agua en la mitigación, a pesar de la necesidad de gestionar las compensaciones relacionadas con el agua en las opciones de mitigación (p. ej., en el desarrollo de energía hidroeléctrica) y explotar los co-beneficios, como la reducción de emisiones a través del tratamiento de aguas residuales (a través del biogás), o las medidas de eficiencia del agua. La tercera y más importante brecha, desde la perspectiva regional, es el papel del agua como conector climático, tanto en las cuencas transfronterizas como en las comunidades vinculadas por climas compartidos. La migración, la energía y los flujos de alimentos también se remodelarán de manera importante debido a los impactos relacionados con el agua del cambio climático.

Más allá de estas lagunas, otras lecciones apuntan a las formas en que las estrategias pueden sentar mejor las bases para aprovechar - la relación agua-clima en la práctica-, con la vista puesta en asegurar las finanzas y pasar a la implementación. Por ejemplo, algunos países todavía necesitan resistir la tentación de priorizar la costosa infraestructura en sus CDN como medio de atraer la financiación internacional para el clima, sin el correspondiente fortalecimiento y reforma institucionales. Muchos países también podrían hacer un mejor uso de las estrategias de agua existentes al enmarcar sus estrategias climáticas, dado que el clima interactúa invariablemente con múltiples factores y tensores con los que los administradores del agua ya están familiarizados. Las alternativas y complementos a la infraestructura y a las medidas relativas a la oferta, incluyendo la gestión de la demanda y el Sbn, también deberían ocuparse más enérgicamente de los esfuerzos para gestionar la variabilidad climática y el cambio a través del agua, no sólo en los planes climáticos, sino también en el uso de la tierra, el desarrollo urbano y los planes de cuenca fluvial (Browder et al., 2019). En el caso de que la precisión y la calidad de las propuestas de proyectos en el agua-espacio climático deben mejorar para que la financiación climática fluya en los volúmenes necesarios para hacer frente a los desafíos que se avecinan (véase el capítulo 12).

Garantizar que las acciones agua-clima se enmarca adecuadamente en las CDN, los PNAD, y en las estrategias económicas y sectoriales nacionales es un primer paso crítico, pero la brecha entre la estrategia y la implementación no se puede cerrar solo con palabras. La revisión de 2018 de la meta 6.5.1 y 6.5.2 de los ODS mostró que muchos países han tenido dificultades para aplicar la GIHR (incluso bajo una suposición implícita de la estacional climática) y establecer acuerdos con sus vecinos para gobernar la gestión de las cuencas transfronterizas. La urgencia impuesta por el cambio climático aumenta la necesidad de acelerar la implementación en ambos casos - para evitar la mala adaptación y aprovechar los co-beneficios de mitigación y adaptación.

Si bien el nivel nacional seguirá siendo fundamental para hacer frente al cambio climático, los enfoques regionales para apoyar los cambios transformadores en la implementación a nivel nacional pueden desempeñar un papel fundamental. Tres áreas surgen como importantes: mejorar la colaboración y la coordinación entre instituciones responsables; garantizar que la acción se base en información y pruebas sólidas; y el aumento del acceso a las finanzas públicas y privadas para inversiones resistentes al clima.

En cuanto a **las instituciones**, se ha demostrado que el cambio climático ofrece un punto de entrada para el diálogo y la cooperación regionales en materia de agua, ya sea a nivel de proyecto o estrategia (p. ej., en las cuencas Chu-Talas, Mekong, Níger, Volta y Victoria) o, en su punto más poderoso, en el establecimiento de acuerdos e instituciones transfronterizas más amplios, como en la cuenca de Dniéster.

Las organizaciones regionales desempeñan un papel evidente aquí para comisionar y difundir **conocimientos e información** sobre el clima y el agua. Las iniciativas RICCAR y CR4D destacadas en este capítulo también señalan los beneficios de involucrar a los científicos y promover la aceptación de la información por los tomadores de decisiones clave desde el principio, para asegurar que los esfuerzos se basan en contextos nacionales y regionales de toma de decisiones, y para asegurar que la información climática relacionada con el agua se utilice realmente. La colaboración sobre el intercambio de información ha proporcionado durante mucho tiempo un importante ancla para una colaboración más amplia en cuestiones transfronterizas -como por ejemplo entre Bangladesh y la India sobre las inundaciones - y es probable que el cambio climático aumente el imperativo para ello.

En términos de **inversión**, la cooperación regional en materia de cambio climático relacionado con el agua es especialmente importante, ya que puede crear oportunidades para las economías de escala, especialmente cuando se aprovechan las prioridades políticas y económicas comunes. El CRIDF en el sur de África se dirige deliberadamente a las iniciativas sobre el clima y el agua en las cuencas transfronterizas para permitirlo, ayudando a los países con la preparación de proyectos y la identificación de opciones de financiación viables. Las cuencas transfronterizas ofrecen una unidad natural para fomentar la cooperación entre los Estados de cuenca más ricos y los más pobres, como en el Danubio, lo que podría facilitar los flujos de inversión, así como la asistencia técnica. Una fuerte interfaz entre los niveles regional y nacional es, una vez más, vital. El mecanismo de seguro soberano de desastres establecido por la ARC muestra cómo las iniciativas regionales para facilitar la financiación son más eficaces cuando están bien vinculadas a los sistemas nacionales - en este caso, sistemas de protección social que pueden enrutar los pagos de seguros a las comunidades afectadas por la sequía. Por último, además de facilitar el acceso y la financiación internacional del clima, las organizaciones regionales e internacionales pueden ayudar a los países a hacer reformas fiscales y mejorar su solvencia, mejorando el entorno interno para financiar la infraestructura hídrica resistente al clima, como lo demuestran las Evaluaciones de las Políticas de Cambio Climático del Banco Mundial y el FMI.

Del mismo modo que la presentación de CDN nuevas y actualizadas por cada país ofrece una ventana de oportunidad a nivel nacional, existen puntos de entrada específicos para la acción a nivel regional en todas estas tres esferas. Una es la reforma del sistema de desarrollo de las Naciones Unidas y sus reflexiones a nivel regional, que están en curso y tienen como objetivo una utilización más coherente y mejor coordinada de las capacidades y recursos regionales en apoyo de las prioridades nacionales (ECOSOC, 2018). Otros puntos de entrada son los foros regionales y los grupos de negociación dentro de las negociaciones y procesos internacionales sobre el clima, como las semanas regionales sobre el clima de la CMNUCC que se celebran anualmente en África, América Latina y el Caribe y Asia-Pacífico, lo que podría poner de relieve el papel del agua como un conector regional - clima y desarrollo - (ONU-Agua, 2019).

Sin una expansión significativa de los enfoques regionales para hacer frente a los desafíos del agua relacionados con el clima, no se alcanzarán los objetivos interrelacionados del Acuerdo de París, el Marco de Sendai y la Agenda 2030.



# 11

## Gobernanza del agua para una resiliencia ante el cambio climático



Protesta global de jóvenes contra el cambio climático, marzo de 2019 en Sídney (Australia).

PNUD | Marianne Kjellén

SIWI | Maggie White

**Con contribuciones de:** John Matthews, Alex Mauroner e Ingrid Timboe (AGWA); Stefano Burchi (AIDA); Neil Dhot y Thomas van Waeyenberge (Aquafed); Yasmina Rais El Fenni (Cap-Net PNUD); Anjali Lohani y Joshua Newton (GWP); Yoshiyuki Imamura y Mamoru Miyamoto (ICHARM); Eddy Moors, Vanessa Guedes de Oliveira y Susanne Schmeier (IHE Delft); Carlos Carrión Crespo y María Teresa Gutiérrez (OIT); Rebecca Welling (UICN); Diana Suhardiman (IWMI); Río Hada y Madoka Saji (ACNUDH); Alejandro Jiménez, Birgitta Liss Lymer, Panchali Saikia y Ruth Mathews (SIWI); Francesca Bernardini y Sonja Koeppel (CEPE); Alice Aureli y Tales Carvalho Resende (UNESCO-PHI); Tamara Avellán, Angela Hahn, Stephan Hülsmann y Sabrina Julie Kirschke (UNU-FLORES); Duminda Perera (UNU-INWEH); Amanda Loeffen y Rakia Turner (WaterLex); Lesley Pories (Water.org); y Lindsey Aldaco-Manner, Bassel Daher, Sebastien Willemart y Juliane Schillinger (WYPW)

*El capítulo describe los medios jurídicos, institucionales y políticos para apoyar la adaptación y la mitigación del cambio climático, para mejorar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad a través de una gestión más inclusiva del agua, especialmente a nivel de los países.*

## 11.1 Introducción

Este capítulo aboga por la importancia de la buena gobernanza y una gestión más justa e inclusiva de los recursos hídricos, bajo las crecientes presiones del cambio climático. A medida que las sequías se prolongan y el agua es más escasa, las correcciones técnicas y el aumento del suministro pueden no resultar suficientes. En cambio, es necesario fomentar un uso (y reutilización) más eficientes del agua y procesos más equitativos para compartir los beneficios de su uso necesitan ser fomentados mediante enfoques participativos, justos y transparentes. El capítulo hace hincapié en la importancia de:

- Voluntad política, liderazgo y acción – que puede estar aumentando en el área del clima, sobre todo gracias a la actuación de los jóvenes del mundo.
- La naturaleza transversal del agua y el clima a través de toda la economía. Las compensaciones y los intereses en conflicto deben abordarse a todos los niveles para negociar soluciones entre sectores. Es posible que sea necesario colocar de forma centralizada la integración y coordinación de las políticas.
- La participación y la transparencia pueden ayudar a la inclusión y la legitimidad en la toma de decisiones al permitir el desarrollo de diferentes perspectivas. Los acuerdos más amplios permiten la aceptación necesaria para una implementación más eficaz y una acción colectiva hacia los objetivos deseados.
- La pobreza y la desigualdad exacerban la vulnerabilidad a los shocks y factores de estrés, incluyendo las crisis hídricas relacionadas con el clima. Una mayor igualdad en la acción hídrica y climática (y más en general) no sólo ayuda a aliviar la pobreza, sino que también aumenta la resiliencia a los efectos del cambio climático, así como a las crisis cotidianas.

## 11.2 Integración de las preocupaciones relativas al cambio climático en la gestión del agua

La adaptación y mitigación del cambio climático debe hacer frente a interacciones cada vez más complejas entre energía, tierra, agua y biodiversidad (IPCC, 2014d), añadiendo complejidad adicional al ámbito de la gestión de los recursos hídricos. La mejora de los efectos del cambio climático a través de la gestión del agua también implica a la política, ya que hay muchas compensaciones y a menudo intereses contradictorios con respecto a la gestión de los recursos.



### 11.2.1 Integración e inclusión en la gobernanza del agua

La adaptación y mitigación del cambio climático, como la gestión del agua, se trata de la acción sobre el terreno. La calidad y la dirección de la acción están determinadas por las normas y relaciones sociales, es decir, el marco de gobernanza. La gobernanza del agua determina "quién obtiene agua, cuándo, y cuánto" (PNUD-SIWI WGF, 2015, pág. 4; Iza y Stein, 2009).

Hace mucho tiempo que se tiene claro que los gobiernos por sí solos no son capaces de asumir toda la responsabilidad de "proporcionar" servicios de agua a todos, especialmente en entornos de bajos ingresos (Franks y Cleaver, 2007; Jiménez y Pérez-Foguet, 2010), y que se requiere un enfoque más amplio de "toda la sociedad". Si bien los gobiernos son los principales impulsores de la fijación de políticas y la reglamentación, la prestación real de servicios de agua la llevan cabo, cada vez más, actores no estatales (Fingera y Allouche, 2002; Kjellén, 2006). Esta tendencia ha motivado el uso del término "gobernanza" en lugar de "gobierno". Aumentar la competencia sobre los recursos hídricos también refuerza la importancia de la gobernanza en la gestión y reutilización del agua (Niasse, 2017). Con la creciente competencia y la consiguiente presión sobre los recursos hídricos, la forma en que el agua se asigna a la sociedad justifica la "renegociación". De conformidad con Hall et al. (2014) la adaptación a la variabilidad hidrológica implica cuestiones de instituciones, infraestructura e información. Las instituciones son necesarias para llevar a cabo la planificación y el desarrollo de instrumentos jurídicos y económicos para gestionar y compartir los riesgos.

Tanto la gestión climática como hídrica, requieren mecanismos de supervisión y coordinación. Es importante, aunque de ninguna manera fácil, que estos organismos mantengan la visión general para garantizar la necesaria integración de las cuestiones y la coordinación entre los actores. La fragmentación sectorial y la competencia burocrática pueden plantear graves amenazas a la integración entre escalas (Koch et al., 2006; Lebel et al., 2011). Esto requiere 1) una mayor participación pública para debatir y gestionar el riesgo climático; 2) construir capacidades de adaptación a múltiples niveles (véase, por ejemplo, Cap-Net PNUD/UNITAR/REDICA/OMM/ ONU Medio Ambiente-DHI/IHE-Delft, 2018); y 3) dar prioridad a la reducción del riesgo para los grupos socialmente vulnerables (véase la sección final de este capítulo) (Tompkins y Adger, 2005; Oliveira, 2009; Lebel et al., 2011; Ayers et al., 2014; Coirolo y Rahman, 2014).

Para las autoridades nacionales y locales, para gestionar los recursos hídricos de manera que la resiliencia al cambio climático sea esencial, es esencial mejorar la gobernanza. La buena gobernanza implica la adherencia a los principios de los derechos humanos, incluida la eficacia, la capacidad de respuesta y la rendición de cuentas; la apertura y la transparencia; la participación en el desempeño de funciones clave de gobernanza relacionadas con el diseño político e institucionales; la planificación y la coordinación; y regulación y licencias (CEPE, 1998; OCDE, 2015). Para la integración de la sustancia, la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) pone a disposición un proceso que involucra a las partes interesadas de la sociedad, la economía y el medioambiente (Cap-Net PNUD/UNITAR/REDICA/OMM/ ONU Medio Ambiente -DHI/IHE-Delft, 2018).

### 11.2.2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos para la resiliencia climática

El llamado a la GIRH en la Agenda 2030, Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) meta 6.5, es un reconocimiento de cómo el agua reduce todos los sectores de la sociedad. Con la creciente competencia por el agua disponible, y la imprevisibilidad y variabilidad adicionales provocadas por el cambio climático, el proceso de GIRH para la asignación de agua y la eficiencia del uso se agudiza más que nunca. Sin embargo, no hay una solución mágica y la fragmentación sectorial no es fácil de superar (Smith y Jonch Clausen, s.f.). Totalmente en línea con la tendencia social más amplia de los gobiernos (solo) hacia la gobernanza (incluyendo todos los sectores de la sociedad), la GIRH construye sobre los procesos de múltiples partes interesadas. Esto aporta una diversidad de perspectivas, así como ideas mejoradas e innovadoras y estrategias para lidiar, aunque no necesariamente aborda los desequilibrios de poder entre diferentes intereses. La participación de las partes interesadas es una obligación de derechos humanos y también puede mejorar la legitimidad del proceso y las opciones resultantes (Saravanan et al., 2009; Schoeman et al., 2014). La incorporación de la perspectiva de género, una parte integral de la GIRH, también consiste en mejorar los procesos y resultados de la GIRH. Como se indica a continuación, los procesos climáticos también dependen cada vez más de la participación y reclamos de los jóvenes.

Butterworth et al. (2010) sugieren que la resolución práctica de problemas puede ser un punto de entrada útil para la GIRH. En su caso, más participación de los no profesionales del agua (tomadores de decisiones fuera



del sector del agua), aumenta el potencial de participación fructífera en torno a la mitigación del cambio climático y de adaptación (Smith y Jonch Clausen, 2018). La cooperación transfronteriza también contribuye a compartir los costos y beneficios de la adaptación y a aumentar la eficiencia general y la eficacia de la adaptación en una cuenca (CEPE/RIOC, 2015).

### 11.2.3 Vinculación de la política hídrica y el cambio climático a nivel nacional

Las contribuciones determinadas a nivel Nacional (CDN) son el núcleo del Acuerdo de París como el medio para alcanzar sus objetivos a largo plazo (véase la Sección 2.1.2). Las CDN encarnan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones y adaptarse a los impactos del cambio climático. Se pide a todas las Partes que presenten la próxima ronda de CDN (nuevas, actualizadas o mejoradas) para 2020 y cada cinco años a partir de entonces.

En 2019, un análisis conjunto del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) midió el progreso de los países en el establecimiento de las arquitecturas de gobernanza necesarias para la implementación exitosa de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Casi el 90% de los países encuestados dispusieron un mecanismo de coordinación. En el 80% de los países, se estableció un mecanismo de gobernanza para coordinar e involucrar a partes no gubernamentales de la sociedad. Además, las políticas climáticas, tradicionalmente supervisados por los ministerios de medio ambiente que a menudo tienen un poder limitado, se están moviendo cada vez más hacia lugares más centrales e influyentes. Mientras que el 60% de la coordinación para guiar la implementación de las CDN sigue siendo de los ministerios de medio ambiente o de gestión de los recursos naturales, más de un tercio de los países encuestados dieron a la implementación de las CDN coordinada por el Gabinete o la Oficina del Presidente o el Primer Ministro (PNUD/CMNUCC, 2019) (Figura 11.1).

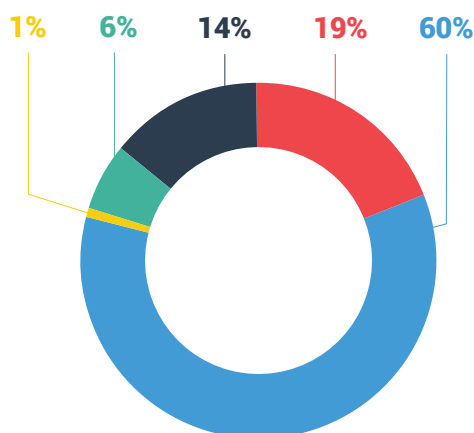
La síntesis de 2016 de la CMNUCC del efecto agregado de 161 contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (INDC)<sup>35</sup> puso de relieve el vínculo entre el cambio climático y las prioridades de desarrollo. Esto incluye "medidas de adaptación con co-beneficios de mitigación" en la gestión integrada de los recursos hídricos, como la protección de las cuencas, la gestión de las aguas residuales y pluviales, la conservación del agua, el reúso y la desalinización (CMNUCC, 2016, pág. 75), con el surgimiento del agua como líder para la acción de adaptación (véase la figura 2.3). Con varios tipos de acciones relacionadas con la protección de los recursos hídricos incluyendo en los componentes de adaptación, esto habla de la "seguridad" como una prioridad clave de desarrollo para la mayoría de las Partes (CMNUCC, 2016).

**Figura 11.1** Ubicación del mecanismo de coordinación para la implementación de la CDN

#### Dónde se asienta la coordinación

Porcentaje de países

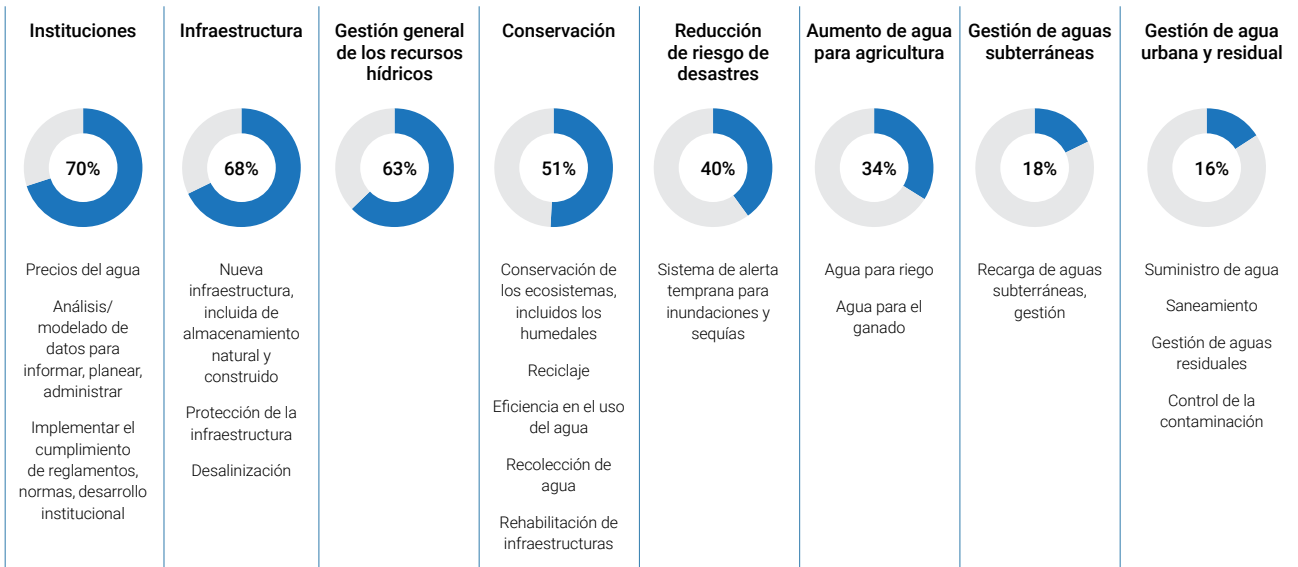
- Gabinete o Consejo de Ministros
- Ministerio de Medio Ambiente, Gestión de Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible
- Ministerio de Hacienda o Economía
- Ministerio de Relaciones Exteriores
- Presidente u Oficina del Primer Ministro



Fuente: PNUD/CMNUCC (2019, pág. 27).

<sup>35</sup> Las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional (INDCs) fueron convertidas a CDN tras la ratificación del Acuerdo de París.

**Figura 11.2** Acciones de agua priorizadas para la adaptación en las CDN



Fuente: GWP (2018b, fig. 4, pág. 5).

Si bien dos tercios de los países describen una cartera general de proyectos hídricos en sus INDC, sólo uno de cada diez cita lo que podría llamarse una propuesta detallada de proyecto, y estos se originaron ya sea de procesos nacionales de planificación del agua o habían surgido de anteriores propuestas de financiación climática (Hedger y Nakhooda, 2015). Un estudio reciente de las CDN de 80 países desde una perspectiva del agua encontró que más del 70% de las acciones individuales de agua previstas para la adaptación implican algún tipo de instrumento de gestión o gobernanza, mientras que el 63% apuntó a la necesidad de una gestión general de los recursos hídricos (GWP, 2018b) (Figura 11.2). El informe también ofrecía que las opciones de "no arrepentimiento", medidas que tienen sentido por derecho propio, independientemente de los patrones climáticos futuros, podrían explorarse más a fondo.

En términos más generales, para que los países apliquen los compromisos acordados internacionalmente, es fundamental adoptar o actualizar la legislación nacional para alinearse con los compromisos internacionales (Burchi, 2019). La regulación nacional del desarrollo, uso, conservación y protección de los recursos hídricos constituye el pilar fundamental de las gobernanza del agua y es el principal instrumento para la implementación de las CDN en el marco del Acuerdo de París.

Las medidas concretas para alcanzar los objetivos de mitigación y adaptación de las CDN se indican a través de las Medidas de Mitigación Apropriadas para cada país (NAMA) y los Planes Nacionales de Adaptación (PNAD). El proceso del PAN ayuda a los países, esencialmente los menos adelantados (PMA), a elaborar planes de adaptación climática a medio y largo plazo, más allá de los Programas de Acción Nacionales de Adaptación (PANA) más inmediatos o a corto plazo. Con un énfasis en el enfoque ascendente, algunos países lo llevan a nivel local en el desarrollo de su Plan de Acción de Adaptación Local (LAPA, por sus siglas en inglés) (Dazé et al., 2016). Bután ha combinado la seguridad hídrica local con la planificación a largo plazo para la adaptación al cambio climático (Cuadro 11. 1).

El proceso escalonado de PANA, como se describe en el manual para la adaptación al cambio climático y la GIRH (Cap-Net UNDP/UNITAR/REDICA/OMMO/ONU Medio Ambiente-DHI/IHE-Delft, 2018, pág. 45), tiene en cuenta las estrategias existentes para enfrentar desde la raíz y se basa en ellas para identificar actividades prioritarias, en lugar de centrarse en modelos basados en escenarios para evaluar la vulnerabilidad futura y las políticas a largo plazo a nivel estatal. Los PANA también deberían incluir perfiles breves de proyectos o actividades destinadas a abordar las necesidades de adaptación más urgentes e inmediatas de las partes PMA en la Convención Marco Climática (McGray et al., 2007).

La planificación a largo plazo a través de los PNAD, se apoya a través del Suplemento de Agua PNAD recientemente actualizado. Este considera el agua como un medio para un fin: una aportación básica para el desarrollo económico, la seguridad de los medios de subsistencia y la sostenibilidad ambiental. Considera ampliamente los recursos hídricos, para incluir el suministro de agua junto con todos los sectores relacionados con el agua, como la agricultura, la energía, el transporte, la salud pública y la gestión del riesgo de desastres. (GWP, 2019b). Más de 90 países en desarrollo se encuentran en varias etapas de la preparación de sus PNAD y 13 han presentado formalmente el suyo (PNUD/CMNUCC, 2019). La CMNUCC (s.f.b) sugiere que el proceso del PNAD debe ser "continuo, progresivo e iterativo" y seguir un enfoque "impulsado por los países, sensible al género, participativo y plenamente transparente".

### 11.3 Participación pública en el establecimiento de agendas, la toma de decisiones y monitoreo

El cambio climático altera fundamentalmente la forma en que se debe manejar el agua.

Tradicionalmente, los gestores del agua han hecho predicciones sobre la disponibilidad futura de agua basadas en las tendencias históricas del agua, pero como las temperaturas de calentamiento afectan todos los aspectos del ciclo hidrológico (Rodell et al., 2018), las líneas de base históricas ya no son - en muchos casos- un indicador fiable de la disponibilidad de agua (Milly et al., 2008).

Incluso con modelos cada vez más sofisticados, los impactos climáticos no se pueden predecir con confianza a escala de cuenca fluvial, lago o acuífero. Este nuevo nivel o profundidad de incertidumbre

#### Cuadro 11.1 Programa de Acción Nacional de Adaptación para la seguridad del agua local en Bután

Las vulnerabilidades y los desafíos que enfrentan las comunidades locales de Bután se agravan aún más por amenazas inducidas por el clima, que van desde inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra hasta incendios forestales y escasez de agua estacional. Debido a los roles tradicionales de género, la carga del agua cada vez es más escasa y difícil de acceder recae desproporcionadamente en las mujeres.



Foto: © Sonam Phuntsho/PNUD Bután (2018).

Con el objetivo de encontrar soluciones sostenibles, el Gobierno de Bután, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), elaboró y revisó el Programa de Acción Nacional de Adaptación del país para incorporar nuevos peligros emergentes. Con la financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial-Fondo para los Países Menos Adelantados (FMAM-Fondo PMA), los proyectos de adaptación al cambio climático han permitido a las comunidades locales/indígenas desarrollar la resiliencia. El acceso mejorado al agua corriente y la construcción de unidades de almacenamiento de agua con base de concreto se ha mejorado la seguridad del agua. La formación de grupos de usuarios de agua también ha aumentado la capacidad de las comunidades para proteger las fuentes de agua, al mismo tiempo que ha mejorado la unión comunitaria.

Bután está priorizando la planificación a largo plazo para la adaptación al cambio climático con el objetivo de construir evidencia más sólida y un caso de inversión más sólido para incrementar la adaptación.

Fuente: Extraído de Phuntsho et al. (2019)

subraya que la planificación no puede tratarse como una solución técnica o como una ecuación a ser resuelta. De hecho, la investigación sobre la gobernanza del agua ha puesto de relieve el importante papel de la participación para abordar cuestiones complejas del agua (V sobre Korff et al., 2010; Bryson et al., 2012; Kirschke y Newig, 2017). Como se ha señalado anteriormente, el cambio de paradigma de gobierno a gobernanza, le quita la exclusividad de la toma de decisiones a expertos en gestión del agua o de recursos naturales. La vinculación del medio ambiente con derechos humanos, el Principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (ONU AG, 1992) subraya la necesidad de participación ciudadana en cuestiones ambientales. Este principio establece tres derechos fundamentales: el acceso a la información, el acceso a la participación pública y el acceso a la justicia, como pilares fundamentales de una buena gobernanza del medio ambiental.

Aparte de la base científica que deben tener todos los enfoques para la gestión de los riesgos y los ecosistemas, la gestión resiliente del agua y la GIRH también están firmemente arraigados en el enfoque de múltiples partes interesadas, que involucran a los ciudadanos, el sector privado y la sociedad civil en el proceso de gobernanza del agua (Saravanan et al., 2009; Schoeman et al., 2014). Se sugiere una mayor participación pública en la gestión del riesgo climático puede resultar indicada para construir capacidad de adaptación a múltiples niveles, evitar las trampas institucionales y priorizar la reducción del riesgo para los grupos socialmente vulnerables (Ayers et al. 2014; Coirolo y Rahman, 2014; 2011; Oliveira, 2009; Tompkins y Adger, 2005). Esto requiere la incorporación de un enfoque ascendente en los procesos de planificación de cuencas fluviales para asegurar la incorporación de las diversas opiniones de las comunidades sobre el riesgo climático y la adaptación, y con el vínculos con la generación de ingresos y los medios de vida. Al mismo tiempo, la información y los datos científicos deben estar al alcance del nivel local e incluirse como información en los procesos locales de toma de decisiones con múltiples actores.

***A medida que se realizan acciones en todo el mundo para iniciar el cambio de políticas y presionar para que se tome acción, las generaciones más jóvenes están empezando a cambiar la narrativa***

Los nuevos medios de comunicación facilitados por las tecnologías de la información y las redes sociales, han permitido a los ciudadanos recopilar y disponer de información (véase el capítulo 13), actuando como vigilantes de los tomadores de decisiones. Este canal de comunicación, relativamente nuevo, también ha permitido la "ciencia ciudadana" con la generación y el intercambio de conocimientos. La ciencia ciudadana generalmente se refiere a la participación de los ciudadanos en proyectos científicos, principalmente en la generación de datos (Conrad e Hilchey, 2011; Jollymore et al., 2017). Ejemplos recientes incluyen la evaluación de variedades de cultivos en la granja utilizando la ciencia ciudadana de crowdsourced (colaboración masiva), la asignación de pequeñas tareas experimentales a los agricultores voluntarios de todo el mundo (Van Etten et al., 2019), o el uso de teléfonos celulares para mantener información sobre la ubicación, funcionalidad y calidad de los puntos de agua. Sin embargo, recopilación científicamente sólidos datos de calidad del agua es un proceso desafiante, que requiere la financiación necesaria, formación, motivación y retroalimentación a los ciudadanos (Conrad y Hilchey, 2011; Jollymore et al., 2017; Kim et al., 2018).

Mientras los gobiernos siguen siendo responsables de dirigir las medidas nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático, así como de la gobernanza del agua, el proceso de cambio siempre se llevará a cabo desde la colaboración. En consonancia con el concepto de gobernanza, los que lideran o estimulan la acción, los "agentes del cambio", pueden provenir de muchos lugares diferentes: pueden estar dentro del gobierno o en otros sectores. La siguiente sección destaca las iniciativas de un conjunto diverso de agrupaciones, como la juventud, las ciudades, el sector privado y los pueblos indígenas, que de diferentes maneras pueden ayudar a impulsar o coproducir el proceso hacia la adaptación o mitigación del cambio climático, a veces como precursores.

### 11.3.1 Agentes de cambio

Hay muchos indicios de que los jóvenes están cada vez más preocupados por el cambio climático. A medida que se realizan acciones en todo el mundo para iniciar el cambio de políticas y presionar para que se tome acción, las generaciones más jóvenes están empezando a cambiar la narrativa. En marzo de 2019, la Huelga Mundial de Jóvenes para el Cambio Climático fue llevada a cabo por estudiantes de todo el mundo que, movilizados a través de las redes sociales, estaban faltando a clases para protestar contra la inacción de los gobiernos para hacer frente al calentamiento global. Las protestas fueron una de las mayores acciones internacionales hasta la fecha, en la que participaron alrededor de 1.4 millones de estudiantes y adultos jóvenes en más de 120 países (Leach, 2019), empujando a los tomadores de decisiones a reaccionar. Durante la Cumbre de Acción Climática de las Naciones Unidas, en septiembre de 2019, jóvenes y adultos abandonaron escuelas y lugares de trabajo en más de 150 países para unirse a la manifestación de las huelgas escolares "Viernes por el clima futuro". Iniciado por Greta Thunberg<sup>36</sup>, una adolescente sueca, el movimiento se hizo global. Por ejemplo, durante la Semana del Clima en África en Acra, en marzo de 2019, varios grupos de jóvenes, procedentes de toda África, bajo la dirección del Movimiento para el Medio Ambiente Juvenil de Ghana, marcharon pacíficamente por las calles hasta el centro de conferencias, donde los dirigentes gubernamentales y los creadores de las políticas estaban debatiendo. El mensaje de los jóvenes en los carteles era simple: ya ha habido muchas conversaciones y el momento para actuar contra el cambio climático es ahora.

Los jóvenes también son movilizados y apoyados por varias redes centradas en el agua, como el Parlamento Mundial de la Juventud por el Agua, la Red de Jóvenes del Agua y Soluciones Jóvenes para el Agua. Muchos tratan de emparejar iniciativas locales con aumentar la toma de conciencia y recomendaciones de políticas.

Las ciudades también están encabezando la acción por el clima en muchos países. Existen varias redes o iniciativas que impulsan a sus miembros a actuar, como ICLEI – Gobiernos Locales por la Sostenibilidad, la red C40 de megaciudades comprometidas con abordar el cambio climático, y las 100 Ciudades Resilientes, impulsadas por la Fundación Rockefeller. Una parte importante de la acción parece estar respaldada por un mejor conocimiento: una revisión de más de 2,000 cuencas hidrográficas y 530 ciudades por McDonald y Shemie (2014) encontró que las ciudades que habían llevado a cabo evaluaciones del riesgo de agua eran considerablemente más propensas a tomar medidas, siendo el tipo de acción más común reducir las fugas en el suministro de agua. Esto es replicado por el reciente ranking de ciudades líderes en términos de acción ambiental por la iniciativa Carbon Project Disclosure Insight Action (CDP, s.f.). Algunos ejemplos de acción son la corrección de las fugas de agua para hacer frente a la sequía, que fue el centro de atención de Taipéi, la provincia china de Taiwán (Scott, 2019.) A medida que el cambio climático revela amenazas subyacentes al agua urbana, insta a las ciudades a emprender este tipo de medidas sin remordimientos (Kjellén, 2019).

Asimismo, las empresas líderes se han comprometido a reducir su huella hídrica y sus emisiones de gases de efecto Invernadero (GEI) para enfrentar sus contribuciones al estrés hídrico y al cambio climático (véase el capítulo 7). Con respecto a la gestión del agua por parte de las empresas, el Reporte Mundial de Agua de CDP de 2018 encontró que, a pesar de una mayor conciencia de los riesgos y objetivos del agua para reducir la extracción de agua, las extracción auto reportadas han aumentado significativamente en los últimos años, especialmente entre las empresas de alimentos, bebidas, agricultura, fabricación y extracción de minerales en Asia y América Latina (CDP, 2018).

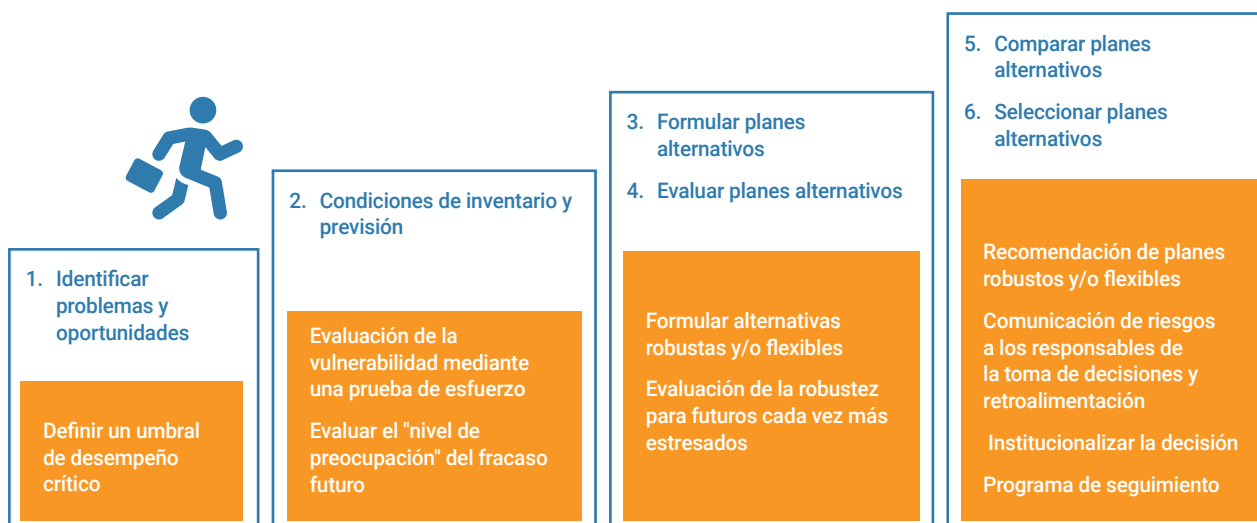
En el Reino Unido (UK), las empresas de agua, los reguladores, los académicos y las organizaciones no gubernamentales (ONG's) han trabajado conjuntamente para crear un marco de planificación a largo plazo para los recursos hídricos. Con un horizonte de 50 años hacia delante, los resultados sugirieron que

---

<sup>36</sup> "Durante más de 30 años la ciencia ha sido clara como el cristal. ¿Cómo te atreves a seguir mirando hacia otro lado, y venir aquí a decir que estás haciendo lo suficiente, cuando las políticas y las soluciones necesarias todavía no están a la vista por ninguna parte ... Y si decides fallar como yo digo que fallaremos, nunca te lo perdonaremos. No dejaremos que te salgas con la tuya. Aquí mismo, ahora mismo es donde trazamos la línea. El mundo está despertando. Y el cambio está llegando, te guste o no." Greta Thunberg, hablando en la Cumbre de Acción climática de la ONU de 2019 (Thunberg, G. 2019).



**Figura 11.3** Análisis de Decisión de Riesgo Climático informado, tareas dentro de un marco de planificación típico



Nota: Los cuadros azules muestran los pasos en un marco de planificación generalizado; los cuadros naranjas muestran los pasos CRIDA.

Fuente: Mendoza et al. (2018, fig. 01, pág. 30)

Inglaterra y Gales pueden enfrentar sequías más largas, frecuentes y más agudas de lo que se pensaba. Este estudio ha dado lugar a un enfoque más estratégico para asegurar el suministro de agua mediante el equilibrio de la infraestructura mejorada de suministro y la gestión de la demanda (Water UK, 2016).

Si bien la mayoría de los sectores de la sociedad necesitan reorientarse frente al cambio climático, los pueblos indígenas, que a menudo han vivido en entornos marginales y desafiantes, ya implementan lo que podría denominarse estrategias de mitigación y adaptación como parte de la gestión de los recursos naturales ancestrales o tradicionales. Los pueblos indígenas tienen experiencia probada y valiosos conocimientos que podrían utilizarse para la adaptación y la mitigación del calentamiento global. Estas incluyen respuestas tradicionales a la sequía y otros desastres, o fijación de carbono (p.ej., preservación de bosques) (Kelles-Viitanen, 2018). Chanza y DeWit (2016) y muchos otros sugieren que los conocimientos indígenas deben ser mucho más eficazmente incluidos a la gobernanza del clima.

### 11.3.2 Toma de decisiones bajo incertidumbre

La "Gestión adaptativa" es un proceso estructurado de toma de decisiones de cara a la incertidumbre, con el objetivo de gestionar la incertidumbre en la gestión de los recursos naturales y ecosistemas (Allen y Stankey, 2009; Holling, 1978). Se aplica cada vez más en la gestión de los recursos hídricos (Pahl-Wostl et al., 2010; Schoeman et al., 2014). Si bien la gobernanza y la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre no es algo nuevo, el cambio climático presenta un nuevo espectro de vacilaciones: "incertidumbre profunda" en lugar de "riesgos conocidos" (Banco Mundial, 2016a). Es fundamental mantener la flexibilidad en los acuerdos y marcos de gobernanza a lo largo del tiempo para hacer frente a los altos niveles de incertidumbre climática.

Una forma de enfrentar la incertidumbre es priorizar las medidas "sin arrepentimiento", es decir, aplicar políticas y tomar medidas que tengan sentido en sus propios derechos. Esto incluye medidas que aumenten la eficiencia, como la reparación de fugas en los sistemas urbanos y garantizar de que el agua de los sistemas de riego llegue realmente al cultivo. Estas medidas ayudan a reducir los residuos y ahorrar recursos, independientemente del cambio climático o de los futuros patrones climáticos.

Los enfoques de evaluación de riesgos ascendentes "de abajo hacia arriba" constituyen una nueva generación de metodologías para abordar la toma de decisiones, bajo incertidumbre. Están diseñados para garantizar que la toma de decisiones sea robusta, específica al contexto y flexible en la gestión del

agua (Brown et al., 2011; Wilby, 2011; Haasnoot et al., 2015). Ponen un fuerte énfasis en evitar el fallo crónico del rendimiento del sistema (Mendoza et al., 2018). La participación temprana de las partes interesadas es esencial para encontrar soluciones y respuestas mediante políticas más completas, que en última instancia son más fáciles de implementar y son mejor recibidas (OCDE, 2015), asegurando que los contextos locales se incorporen plenamente al proceso (un ejemplo es el escalonado Análisis de Decisión de Riesgo Climático informado (CRIDA)) (Figura 11.3) (Mendoza et al., 2018).

La integración y el análisis de datos son importantes y deben reforzarse para ayudar a controlar los riesgos y los impactos de los desastres relacionados con el agua, incluyendo las inundaciones, los deslizamientos de tierra y las sequías, cuya predicción depende en gran medida de la ciencia y la tecnología para las alertas tempranas. Además, los datos hidrológicos deben integrarse con los análisis sociales y económicos, ya que el comportamiento y la resiliencia dependen en gran medida de quién tiene acceso y control sobre los diferentes recursos (2030 WRG/PNUD, 2019).

Un ejemplo de enfoques interdisciplinarios que conectan la ciencia y la tecnología con la sociedad es el establecimiento de la Plataforma sobre Resiliencia y Desastres Hídricos, un proyecto mundial promovido por la Iniciativa Internacional de Inundaciones<sup>37</sup>. Otros esfuerzos para mejorar la accesibilidad de la información social relacionada con el agua es el portal ONU-Agua ODS6 portal de datos<sup>38</sup> y el Atlas de Riesgo de Agua de Acueducto<sup>39</sup>, una herramienta global de mapeo de riesgos hídricos que ayudan a las empresas, inversores, gobiernos y otros usuarios a entender dónde y cómo están surgiendo los riesgos del agua y las oportunidades del agua en todo el mundo.

## 11.4 Reduciendo la vulnerabilidad y mejorando la resiliencia mediante la lucha contra la pobreza y la desigualdad

El cambio climático afecta a los países y a la población local de manera diferente, dependiendo de su riqueza, condición social y otros factores que afectan a su capacidad de adaptación (Eakin y Luers, 2006; PNUD, 2019). Las estrategias deben distinguir entre diferentes grupos sociales y estratos y deben prestar atención específica a los ya marginados (Mobjörk et al., 2016). De hecho, los eventos de crisis repentinas o graduales tienden a reforzar la vulnerabilidad, exposición y desigualdad ya existente (Schaar, 2018).

La pobreza, la discriminación y la vulnerabilidad están íntimamente ligadas y confluyen. Las mujeres y las niñas de grupos étnicos minoritarios, o de áreas remotas y desfavorecidas, pueden sufrir múltiples formas de exclusión y opresión. Cuando se producen los desastres, esas desigualdades pueden exacerbarse y es más probable que las personas pobres se vean afectadas. Los pobres también tienen relativamente más probabilidades que los no lo son (Hallegatte et al., 2016<sup>40</sup>), ya que las dimensiones de género y poder afectan las respuestas a desastres. Por ejemplo, los estudios de perspectiva de género de Bután encontraron que a menudo no se llega a las mujeres mediante sistemas de alerta temprana, en parte debido a normas culturales que restringen su libertad de movimiento y la toma de decisiones autónomas, teniendo que esperar el permiso de los hombres antes de evacuar (Shrestha et al., 2016; Davison, 2017). En otros entornos, la evacuación exitosa puede verse afectada por asuntos como tener acceso a un vehículo.

La existencia cultural y geográfica de los pueblos indígenas a lo largo de los períodos y a lo largo de la colonización, a menudo los coloca en situaciones antagónicas con actores políticos y económicos dominantes y la corriente principal de la sociedad y la política (WWAP, 2019). Esta historia puede inducir

<sup>37</sup> [www.ifi-home.info](http://www.ifi-home.info).

<sup>38</sup> [www.sdg6data.org/](http://www.sdg6data.org/).

<sup>39</sup> [www.wri.org/our-work/project/aqueduct/about](http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct/about).

<sup>40</sup> Hallegatte et al., (2016) encontraron que factores como las bajas tasas de alfabetización, las altas tasas de dependencia y las débiles estructuras de vivienda aumentan la vulnerabilidad de afectados por sequías en las zonas rurales de la India, mientras que factores como el acceso a las redes sociales y los servicios básicos, como el agua y el saneamiento, salud y educación desempeñarían un papel importante en la reducción de dicha vulnerabilidad.

a discriminación. Los pueblos indígenas son a menudo pasados por alto en las decisiones de asignación de agua y pueden ser marginados en los sistemas convencionales de gestión del agua y afectados desproporcionadamente por conflictos hídricos (Barber y Jackson, 2014). Los pueblos indígenas a menudo comparten fuertes lazos culturales con sus ecosistemas y dependen para sus medios de subsistencia de los recursos naturales renovables que están en peligro por la variabilidad climática y los extremos (OIT, 2017).

La adopción del enfoque del desarrollo basado en los derechos humanos (HRBA, por sus siglas en inglés) también puede ayudar a lograr la justicia climática en relación con el agua. Estos enfoques son el núcleo de la buena gobernanza, proporcionando a las partes interesadas oportunidades para expresar sus intereses e influir en el programa y los resultados de los debates. El HRBA proporciona mecanismos para garantizar que todas las personas sean llevadas al proceso de comunicación y puedan participar en el abordaje colectivo de las causas de raíz de la vulnerabilidad (Cap-Net PNUD/WaterLex/PNUD-SIWI GWF/Radica, 2017; Cap-Net PNUD/UNITAR/REDICA/OMM/ONU Medio Ambiente-DHI/IHE-Delft; 2018). El desarrollo, la gestión del agua y la vulnerabilidad al cambio climático están vinculados, y *"políticas prudentes de gestión del agua pueden hacer mucho para asegurar el crecimiento, haciendo a las personas más ricas y, por lo tanto, más resistentes a las tensiones climáticas"* (Banco Mundial, 2016a, pág. 14). La creación de riqueza entre los que la necesitan puede ayudar a reducir la vulnerabilidad general en la sociedad, incluyendo los efectos relacionados con el agua y el cambio climático.

Los bienes de las personas pobres, por ejemplo, su casa, sus animales o sus cultivos, son menos resistentes a los efectos del desastre. Además, pueden representar la totalidad de la riqueza de un hogar pobre, ya que los hogares pobres tienen menos probabilidades de tener ahorros financieros o acceso al crédito. Estas diferencias en la exposición y la vulnerabilidad hacen que los desastres naturales aumenten la desigualdad y pueden contribuir a una desvinculación perjudicial del crecimiento económico y la reducción de la pobreza (Hallegatte et al., 2016). Las personas pobres están en riesgo desproporcional por el cambio climático, ya que tienden a ser más dependientes de los ecosistemas de forma directa, por ejemplo, dependen de la agricultura de secano o en la recolección de plantas y animales silvestres (McGranahan et al., 1999). A menos que se consideren plenamente esas circunstancias socioeconómicas, las políticas de adaptación serán considerablemente menos eficaces.

Una consideración importante en la reducción de la vulnerabilidad al agua inducida por los peligros relacionados con ésta, es ver los riesgos, desafíos, exposición y vulnerabilidades en su totalidad. Wisner et al. (2003, pág. 4) critican la "separación artificial" entre el riesgo de los peligros naturales y los muchos peligros inherentes a la vida "normal". En esta línea, la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (2018) nos recuerda la diferencia en la magnitud de los impactos de los diferentes tipos de desastres y los efectos cotidianos del acceso inadecuado al agua y al saneamiento. La exposición cotidiana al agua y el saneamiento inadecuados mata a más personas, principalmente niños, que conflictos, terremotos y epidemias combinados. Esto habla de la importancia de combinar el desarrollo y la labor humanitaria, por ejemplo, uniendo los objetivos de medios subsistencia y actividades de prevención de riesgos de desastres, como se ilustra en el cuadro 11.2.

La gobernanza del agua desempeña un papel importante en la mejora de la resiliencia climática, mediante la mitigación de la pobreza. Las políticas hídricas que proporcionan un mayor acceso al agua para el uso de las personas pobres ayudan a reducir no sólo la pobreza y la desigualdad, sino también la vulnerabilidad, aumentando la resiliencia al cambio climático. Estas medidas "sin arrepentimiento" pueden fomentarse mediante un enfoque inclusivo de la gestión del clima y del agua, que permita que las voces de los grupos - desfavorecidos influyan en la agenda y las decisiones. La voluntad política y la determinación son fundamentales para hacer que las cosas sucedan. La participación y la transparencia son cruciales para garantizar que las acciones avancen en la dirección correcta y contribuyan a los objetivos acordados.



#### **Cuadro 11.2 Gestión de cuencas hidrográficas como parte de la reducción del riesgo de desastres – Restauración de las laderas de las cuencas de Gonaïves, Haití**

Tras el huracán Jeanne, en 2004, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa Mundial de Alimentos (PMA) trabajaron estrechamente con el Gobierno de Haití en un programa de creación de empleo en Gonaïves. El programa creó puestos de trabajo a través de actividades de protección del medio ambiente. El diálogo social y el desarrollo de la capacidad institucional de los actores locales y comunitarios, contribuyeron a disminuir los efectos de la erosión de la tierra y la alta presión demográfica sobre el medio ambiente.

Más de 50 000 hogares se beneficiaron de actividades de trabajo intensas, como la creación de viveros de árboles, la construcción de zanjas anti-erosivas y el refuerzo de puentes. Concretamente, se plantaron 210 000 plántulas de árboles en laderas y se plantaron 630 000 plántulas de hierba en zanjas anti-erosión.

El proyecto demostró que el uso de técnicas locales basadas en recursos y la contratación comunitaria podrían evitar el deterioro de las cuencas erosionadas. La contratación comunitaria también ayudó a aclarar funciones, y responsabilidades, a establecer capacidades técnicas para una protección ambiental más amplia y a promover la cooperación entre los trabajadores, las organizaciones locales y sus federaciones, las autoridades locales y los departamentos técnicos regionales.

*Contribuido por OIT.*



# 12

## Financiación climática: consideraciones financieras y económicas



Vista aérea de una planta de tratamiento de aguas residuales en Breslavia (Polonia).



**Banco Mundial** | Shanna Edberg y Diego Juan Rodríguez

**Con contribuciones de:** Francesca Bernardini, Sonja Koeppel y Hanna Plotnykova (CEPE); Chiara Christina Colombo y Danielle Gaillard-Picher (WWC); Todd Gartner (WRI); Amarnath Giriraj (IWMI); Merylyn Hedger (ODI); Marianne Kjellén (PNUD); John Matthews y Alex Mauroner (AGWA); y Lesley Pories (Water.org)

*Este capítulo aborda el estado actual de la financiación del agua y el clima, los costos de la inacción en posición a los beneficios de la acción, y varias formas de acceder a los flujos de financiación climática para mejorar la gestión del agua, así como los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, mientras sinérgicamente mitigan y/o se adaptan al cambio climático.*

## 12.1 Visión general

La gestión de los recursos hídricos está actualmente sub financiada y necesita una mayor atención por parte de los gobiernos. El cambio climático, como se describe en capítulos anteriores, amenaza la gestión de los recursos hídricos, aumenta el riesgo de eventos relacionados con el clima y afecta la disponibilidad y la calidad de los servicios de agua y saneamiento en todo el mundo. Sin embargo, también presenta una oportunidad: aprovechar los mecanismos de financiación del clima para proporcionar fondos adicionales para mejorar la gestión del agua, y al hacerlo mejorar el acceso al agua potable y al saneamiento a través de acciones que también mitiguen y/o aumenten la resiliencia al cambio climático, a menudo proporcionando otros co-beneficios al mismo tiempo.

**La gestión de los recursos hídricos está actualmente sub financiada y necesita una mayor atención por parte de los gobiernos**

La creciente atención mundial que se presta al cambio climático, ofrece una oportunidad sin precedentes para poner el agua en el centro de los esfuerzos de financiación del desarrollo sostenible. Conectar el agua con el cambio climático, podría permitir a la comunidad internacional aprovechar recursos adicionales para hacer frente a la amplia superposición entre los desafíos climáticos e hídricos, y mejorar así las perspectivas de cumplir los objetivos generales de gestión del agua, tal como se describe en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6.

## 12.2 Por qué conectar la financiación de agua y clima

### 12.2.1 El estado de la financiación del agua

Los niveles actuales de financiación resultan inadecuados para alcanzar el objetivo de la comunidad internacional de disponibilidad universal y gestión sostenible del agua y del saneamiento, tal como se ha establecido en el ODS 6. Para cumplir los dos primeros objetivos del ODS 6: acceso a servicios de agua segura, saneamiento e higiene (WASH) para todos para 2030, las inversiones de capital deben alcanzar los 114 mil millones de dólares al año. Esto es aproximadamente tres veces los niveles anuales actuales de inversión de capital en WASH. Además de las entradas iniciales de capital, se requieren recursos significativos para operar y mantener la infraestructura de agua y saneamiento, además de mantener la cobertura universal. Estos costos son recurrentes y superarán los costos de capital de 1.4 a 1.6 veces para 2029 (Hutton y Varughese, 2016).

Los gastos anteriores no incluyen los objetivos más costosos 6.3 a 6.6 del ODS 6, que incluyen mejorar la calidad del agua, aumentar la proporción de aguas residuales tratadas, aumentar la eficiencia del agua, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos y proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua. Tampoco incluye explícitamente tecnologías resistentes al clima. Así, sin aumentar significativamente los niveles de inversión en agua, será "casi imposible" alcanzar el ODS 6 (Fonseca y Pories, 2017, pág. 8).

### 12.2.2 Ahorros de medidas preventivas

Mantener el negocio como de costumbre, es decir, ignorar los riesgos climáticos y no aumentar las inversiones en agua, amenazaría claramente las posibilidades de cumplir con el ODS 6, y también tendría repercusiones más amplias. Dado que el agua es un factor crítico de producción en muchos sectores, el aumento de la escasez y la vulnerabilidad de los suministros de agua amenazaría los medios de subsistencia en todo el mundo. Las pérdidas relacionadas con el agua podrían enviar a algunas regiones "a un crecimiento negativo sostenido", con tasas de crecimiento en algunas regiones en riesgo de disminuir en un 6% del PIB para 2050 (Banco Mundial, 2016a, pág. vi). Estos cambios pesarán sobre hogares pobres principalmente.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el costo de la financiación de la infraestructura hídrica, también es necesario evaluar "el riesgo hipotético de no financiar la infraestructura" (WWC, 2018, pág. 15). Por lo tanto, las medidas preventivas podrían tener un retorno positivo de las inversiones en forma de evitar pérdidas futuras (Cuadro 12.1) al tiempo que mejoraría las prácticas actuales de gestión del agua. Pero para que esto suceda, los gestores del agua tendrán que incorporar adecuadamente la planificación y el diseño de inversiones en los métodos analíticos que permitan la identificación adecuada de los riesgos e incertidumbres climáticas y no climáticas. Por lo tanto, es esencial priorizar una estrategia e inversiones de adaptación que puedan gestionar esos riesgos e incertidumbres.

### 12.2.3 Conectar el agua con la financiación climática

Si la financiación actual del agua es inadecuada y el aumento de la financiación del agua ofrece considerables beneficios potenciales, ¿qué se puede hacer para aumentar el acceso a la financiación y obtener esos beneficios? Si bien la gestión del agua requiere más atención de fuentes tradicionales como el gobierno y las finanzas para el desarrollo, la respuesta también puede estar en la adición de las finanzas climáticas. La Iniciativa de Política Climática informa que la financiación climática ha estado aumentando en los últimos años, de 360 mil millones de dólares en 2012 a un estimado de 510 a 530 mil millones de dólares en 2017. De los 455 mil millones de dólares invertidos en 2016, 11 mil millones de dólares se destinaron a la gestión del agua y las aguas residuales en la adaptación climática, y 0.7 mil millones de dólares a la gestión del agua y las aguas residuales en la mitigación del clima. Esto significa que sólo el 2.6% de la financiación climática de 2016 se destinó directamente a

#### Cuadro 12.1 Evitar pérdidas por inundación en México

Un ejemplo de las pérdidas que se pueden evitar por la acción preventiva proviene del estado mexicano de Tabasco. En un gran evento de inundaciones en 2007, el Estado sufrió importantes daños y pérdidas por un valor de 2.9 mil millones de dólares. Este evento de inundación llevó al Gobierno Federal y Estatal a diseñar un Plan Hidráulico Integrado. El objetivo del Plan era implementar un conjunto de soluciones que garantizaran la seguridad de la población, la no interrupción de las actividades económicas y la estabilidad de los ecosistemas en caso de inundaciones. Las inversiones estructurales (terraplenes, refuerzos) y las inversiones no estructurales (desarrollo de sistemas de alerta temprana, mapas de riesgos, creación de capacidad) ascendieron a aproximadamente 750 millones de dólares y el Plan se implementó entre 2008 y 2010. Tres años después de las inundaciones de 2007, Tabasco se inundó en una magnitud aún mayor que antes. Pero esta vez, las medidas adoptadas por el Plan Hidráulico Integrado redujeron drásticamente el nivel de daños y pérdidas del Estado. Los daños y pérdidas de 2010 fueron del orden de 585 millones de dólares, 80% menos que en 2007. El beneficio de las medidas de reducción del riesgo de desastres aplicadas en 2010 fue tres veces mayor que su costo.

Fuente: Banco Mundial (2017d).

**Los defensores de los proyectos hídricos podrían tener como objetivo aumentar la participación del sector del agua en la financiación climática y resaltar la relación del agua con otros sectores ligados al clima para así conseguir más financiación para la gestión hídrica**

la gestión del agua, aunque esto pueda enmascarar proyectos relacionados con el agua en otros sectores, como la gestión del riesgo de desastres; la agricultura, la silvicultura, el uso de la tierra y la gestión de los recursos naturales; la protección costera; y otros sectores (CPI, 2018). Los defensores de los proyectos hídricos podrían tener como objetivo aumentar la participación del sector del agua en la financiación climática y resaltar la relación del agua con otros sectores ligados al clima para así conseguir más financiación para la gestión hídrica.

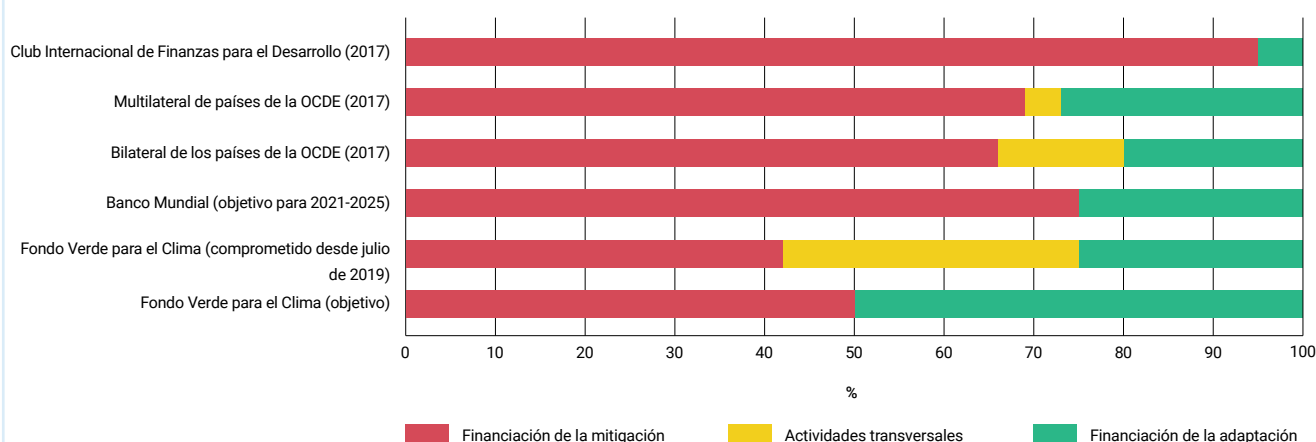
#### 12.2.4 Mitigación frente a financiación de la adaptación

Dos tendencias prometedoras están creando oportunidades para que los proyectos hídricos accedan a la financiación climática. La primera es el creciente reconocimiento del potencial valor que encierran los proyectos de agua y saneamiento para contrarrestar el cambio climático. Esta tendencia podría ser particularmente ventajosa, ya que la mitigación aglutinó el 93.8% de la financiación climática en 2016, pero los proyectos hídricos tan solo recibieron una fracción del uno por ciento de dicha cantidad (CPI, 2018). Puede haber un gran potencial sin explotar en la vinculación intencional del agua y la mitigación, atrayendo una mayor financiación a los objetivos de gestión del agua. Sin embargo, cada vez más reconoce el potencial de mitigación de las opciones de gestión del agua.

Los servicios públicos de agua y aguas residuales pueden tener grandes huellas energéticas, por lo que existe un potencial de mitigación significativo para aumentar tanto eficiencia en el agua como la energética, así como para recuperar energía, agua y nutrientes de las corrientes de aguas residuales (Cuadro 12.2; véanse también los capítulos 3 y 9). Otras soluciones con beneficios tanto en el agua como en el clima incluyen la agricultura regenerativa, la infraestructura verde, la restauración de ecosistemas y otras iniciativas innovadoras como “fotovoltaicas” – paneles solares que flotan en los embalses y proporcionan energía limpia evitando la pérdida de agua a través de la evaporación.

La segunda tendencia es el creciente énfasis que se hace en financiar la adaptación al cambio climático. La financiación climática suele estar muy ponderada hacia la mitigación en lugar de la adaptación, pero recientemente esto ha comenzado a cambiar (Figura 12.1). El Fondo Verde para el Clima (ver sección 12.5.1) tiene el objetivo de financiar la mitigación del 50% y la adaptación del 50%, el Banco Mundial ha dedicado 50 mil millones de dólares a la adaptación en los próximos cinco

**Figura 12.1** Relación de la financiación de mitigación con la de adaptación según su fuente

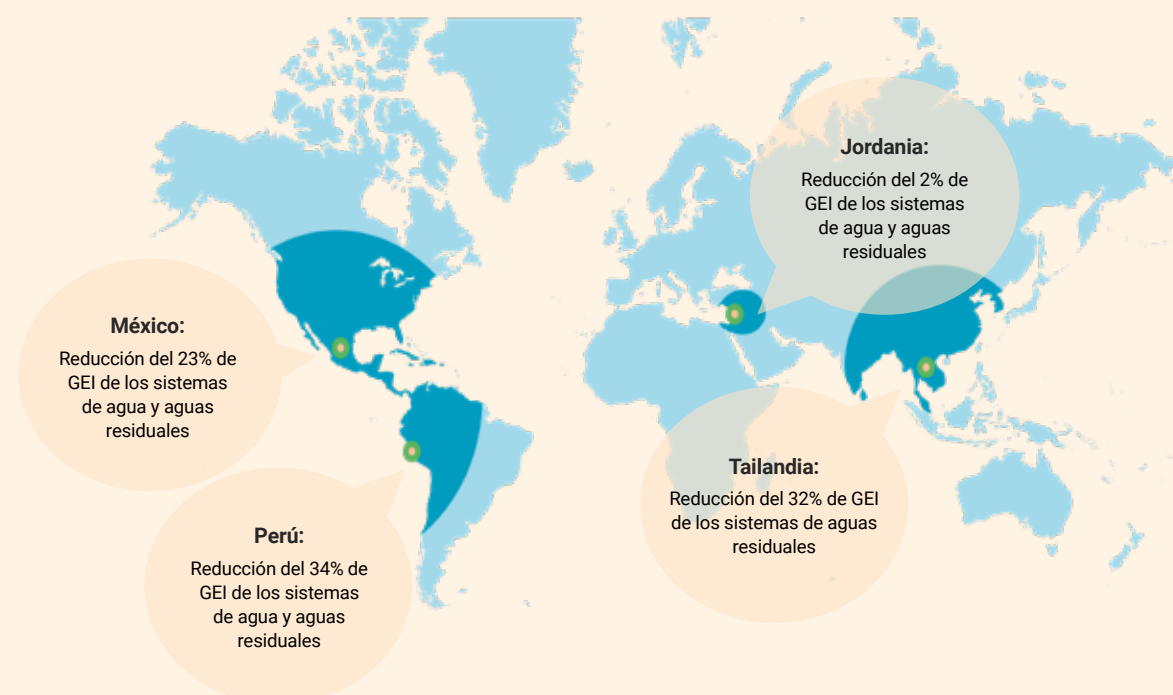


Fuente: Autores basados en datos del Banco Mundial (2018b), IDFC (2018), OCDE (2018) y Fondo Verde para el Clima (s.f.).

### Cuadro 12.2 Mitigación de los efectos del cambio climático sobre el dominio del agua y las aguas residuales

El proyecto Empresas de Agua y Saneamiento para la Mitigación del Cambio Climático (WaCCliM), financiado por el Gobierno alemán e implementado por la Corporación Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y la Asociación Internacional del Agua (IWA), introduce tecnologías de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en empresas de servicios públicos de Jordania, México, Perú y Tailandia. Estas medidas incluyen la reducción del consumo de energía, la recuperación de energía y nutrientes, la reutilización del agua y la reducción de la pérdida de agua. El proyecto también desarrolló la herramienta de Evaluación y Monitoreo de Emisiones de Carbono (ECAM) para ayudar a los servicios públicos de agua y aguas residuales a evaluar las emisiones de GEI y las oportunidades de mitigación, y ayuda a los países a mejorar el marco regulatorio, institucional y financiero para integrar las reducciones de emisiones en el sector del suministro de agua y saneamiento. Estas medidas han permitido a los servicios públicos afectados reducir miles de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>e al mismo tiempo que producen ahorros financieros y mejoran la calidad del servicio.

Figura Reducciones estimadas de gases de efecto invernadero en los programas piloto de WaCCliM para 2018



Fuente: WaCCliM (2017a; 2017b).

**La gestión del agua será crucial para determinar si el mundo alcanza los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

años, y los criterios para certificar los bonos climáticos incluyen inversiones en resiliencia (Tall y Brandon, 2019). Con estos desarrollos, los profesionales del agua que integran el análisis del cambio climático en la planificación de sus proyectos aumentarán sus posibilidades de acceder a la financiación climática, ya sea para la mitigación o adaptación.

La gestión del riesgo de desastres representa un poco menos del 14% de la financiación climática para la adaptación de 2016, alrededor de 3 mil millones de dólares (CPI, 2018).

## 12.3 Consideraciones económicas de los proyectos de agua y clima

### 12.3.1 El valor del agua

El agua es inmensamente valiosa. El valor del acceso al agua potable y a los servicios de saneamiento e higiene, va mucho más allá del precio pagado al grifo, y es un insumo vital para las economías

prósperas, las comunidades estables y las poblaciones sanas. El agua es esencial para la supervivencia humana, es un componente necesario de la producción de alimentos y energía, y es a la vez un insumo y un receptor de los servicios ecosistémicos que sostienen toda la vida en la Tierra. Por estas razones, *"el agua es la moneda común que vincula casi todos los ODS"* (Banco Mundial, 2016a, pág. vi). Dada la mayor escasez y variabilidad causada por el cambio climático, *"la gestión del agua será crucial para determinar si el mundo alcanza los Objetivos de Desarrollo Sostenible"* (Banco Mundial, 2016a, pág. vi). El agua también tiene un valor intangible social, cultural y religioso, y es invaluable para la dignidad humana. Es un derecho de todas las personas.

Hay esfuerzos en curso para medir el valor del agua. El Panel de Alto Nivel sobre el Agua publicó Principios sobre la valoración del agua con orientación para la asignación, gestión y fijación de precios de los servicios de agua teniendo en cuenta las muchas dimensiones diferentes de valor que posee el agua (HLPW, 2018b). La valoración del agua, junto con el fortalecimiento de la gobernanza y la capacidad institucional, es uno de los pasos más críticos hacia el desarrollo sostenible de los recursos hídricos (Garrick et al., 2017).

No hay un solo valor de agua, ni siquiera una sola manera de medir su valor. Pero varios proyectos y esfuerzos de modelo ilustran los beneficios sustanciales de mejorar la gestión del agua en el contexto del cambio climático. Por ejemplo, el Banco Mundial estima que la mejora de la gestión de los recursos hídricos podría acelerar el crecimiento en algunas regiones del mundo en un 6% (Banco Mundial, 2016a). Diversas políticas de adaptación al clima relacionadas con el agua también pueden proporcionar beneficios co-beneficios tales como la creación de empleo, la mejora de la salud pública, la promoción de la igualdad de género, la reducción de los gastos de los hogares y el secuestro de carbono, entre otros.

**Los proyectos que deseen utilizar la financiación climática deben abordar explícitamente las causas y/o consecuencias del cambio climático para que se consideren financiables**

### 12.3.2 Capacidad de obtener financiación de los proyectos de agua

Aunque la financiación climática está aumentando, la demanda de ella también está aumentando y los niveles actuales todavía no son adecuados para satisfacer la necesidad. El acceso a la financiación climática puede resultar competitivo y difícil, especialmente para proyectos hídricos complejos que trascienden las fronteras nacionales. Los profesionales deben asegurarse de que un proyecto sea *"susceptible de obtener financiación"* o que sea probable que reciba financiación basada en el diseño, objetivos, perfil de riesgo, entorno propicio y otros factores del proyecto. Los proyectos climáticos financiables son aquellos que *"guardan una relación claramente expuesta con las consecuencias del cambio climático, están familiarizados con los procesos de financiación y los cumplen estrictamente"* y, a veces, *"hace falta que cuenten con fuentes de financiación adicionales"* (Banco Mundial, 2019, pág. 11).

La capacidad de un proyecto para obtener financiación climática difiere ligeramente de su capacidad para obtener financiación del desarrollo en general. Los proyectos que deseen utilizar la financiación climática deben abordar explícitamente las causas y/o consecuencias del cambio climático para que se consideren financiables. Los proyectos de adaptación y resiliencia también deben demostrar cómo el proyecto responderá y abordará los impactos climáticos esperados en el área del proyecto. Estos vínculos deben estar respaldados con evidencia científica, como los datos climáticos. Los financiadores del clima, como el Fondo Verde para el Clima, también requieren que todos los proyectos aborden las dimensiones de género del cambio climático y incorporen las consideraciones de igualdad de género en el ciclo del proyecto. Al igual que con la financiación para el desarrollo, todos los proyectos deben respetar los derechos humanos, incluido el derecho a la participación.

Además, para aumentar las posibilidades de acceder a la financiación climática, los proponentes del proyecto deben buscar las fuentes de financiación más compatibles y adaptar su plan de proyecto a los criterios y objetivos del financiador. Las propuestas de proyectos deben alinearse con las políticas y planes conexos ya en vigor, como las estrategias nacionales de desarrollo, los planes nacionales de adaptación o los planes de inversión y gestión de cuencas fluviales. Los proyectos que se comunican y abordan riesgos, y aportan co-beneficios en otras áreas como la salud, también se consideran más financiables.



**Las organizaciones de cuencas tienen un papel importante que desempeñar en las cuencas transfronterizas, ya que pueden aportar beneficios adicionales al ejecutar proyectos de varios países**

Las organizaciones de cuencas tienen un papel importante que desempeñar en las cuencas transfronterizas, ya que pueden aportar beneficios adicionales al ejecutar proyectos de varios países. Sin embargo, muchas organizaciones de cuencas tienen dificultades para acceder a los fondos para la adaptación al cambio climático de diferentes fuentes (CEPE/RIOC, 2015). Comprender y gestionar los riesgos y complejidades especiales de los proyectos transfronterizos de cuencas fluviales es fundamental para preparar propuestas de proyectos bancarios que atraigan a socios de financiación públicos y privados. El ejemplo de la cuenca del Níger ( Cuadro 12.3) demuestra que los proyectos conjuntos, un riguroso proceso científico y de planificación y el involucramiento temprano de las partes interesadas y los donantes, han permitido a las organizaciones de cuencas fluviales recaudar fondos significativos para la adaptación al cambio climático. (Banco Mundial, 2019).

Pensar en proyectos hídricos en términos de su capacidad de obtener financiamiento de los financiadores del clima, puede ayudar a alinear los objetivos climáticos e hídricos y aliviar las brechas de financiación de los proyectos. Sin embargo, es importante señalar que un proyecto financiable no necesariamente atraerá financiación climática simplemente porque es un buen proyecto. Los desarrolladores de proyectos deben tomarse el tiempo para formar relaciones, obtener información sobre el panorama de la financiación climática y abogar por los beneficios de su enfoque.

### 12.3.3 Estrategias de financiación del clima-agua en pro de los pobres

Las personas que viven en la pobreza son las más vulnerables a los impactos del cambio climático y la inseguridad hídrica. Por lo tanto, las estrategias diferenciadas que consideren específicamente las necesidades de resiliencia de los grupos marginados deben integrarse en planes y proyectos más grandes. Las personas que viven por debajo del umbral de pobreza y tienen bajas reservas financieras, son las menos preparadas para adaptarse a eventos climáticos intensos como inundaciones repentinas o sequías prolongadas. Los planes climáticos integrales, en particular los que se discuten más adelante en este capítulo, que incorporan los esfuerzos nacionales de mitigación y adaptación junto con proyectos de gestión del agua más específicos, deben incorporar estructuras de financiación que puedan ayudar a las poblaciones en riesgo a recuperarse de estos intensos eventos climáticos. Además, el acceso a la financiación puede ser un componente crítico de las estrategias de mitigación y adaptación, lo que permite a las personas de bajos ingresos invertir en tecnologías resistentes al clima, como la recolección de agua de lluvia.

#### **Cuadro 12.3 Proyectos conjuntos en cuencas transfronterizas africanas**

La cuenca del Níger cuenta con nueve países ribereños y es el hogar de 112 millones de personas que dependen en gran medida de los recursos naturales que proporciona. Esos nueve países y la Autoridad de la Cuenca del Níger prepararán y aplicarán el Plan de Inversiones para el Fortalecimiento de la Resiliencia al Cambio Climático, que incluye inversiones "que apuntan a la vulnerabilidad al estrés hídrico, la variabilidad, el suelo, la tierra y la degradación de los ecosistemas, y fortalecer la resiliencia". Estas medidas se adoptaron a partir del Plan Operativo de la Autoridad de la Cuenca del Níger, los Planes Nacionales de Adaptación de los países y los Programas nacionales de acción de adaptación, y las propuestas de los países. Se espera que el Plan cueste 3.11 mil millones de dólares y será financiado por los países miembros de la Autoridad de la Cuenca del Níger, el Banco Mundial, el Banco Africano de Desarrollo y fuentes privadas.

Los proyectos conjuntos son una forma de evitar la mala adaptación y las consecuencias negativas que podrían derivarse de considerar sólo un fragmento de un ecosistema de cuenca interconectado. También puede promover la eficiencia de los recursos y la rentabilidad. Por ejemplo, los esfuerzos de reforestación aguas arriba pueden mejorar la calidad del agua y reducir la erosión y el riesgo de inundación aguas abajo.

*Fuente: Banco Mundial (2019, pág. 25)*

## 12.4 Tipos de inversiones climáticas para proyectos hídricos

### 12.4.1 Inversiones sin arrepentimiento y de bajo arrepentimiento

Los impactos climáticos no siempre son ciertos, especialmente en el nivel micro. El conocimiento científico y la modelización predictiva del clima siguen mejorando, pero se deben tomar decisiones mientras tanto para ayudar a las comunidades a prepararse y adaptarse. Las inversiones sin arrepentimiento y de bajo arrepentimiento son una respuesta a esta incertidumbre.

Las inversiones sin remordimientos son inversiones que son beneficiosas independientemente de los impactos climáticos, que proporcionarían beneficios incluso en ausencia de cambio climático, así como en una serie de posibles peligros climáticos. Las inversiones de bajo arrepentimiento *"pueden incurrir en un costo adicional para compensar los riesgos del cambio climático, pero estos costos son pequeños en comparación con los beneficios de evitar costos futuros"* (GWP-Caribe/CCCCC, 2014, pág. 1). Estos proyectos aumentan la resiliencia. También tienden a traer co-beneficios a múltiples sectores y partes interesadas, tienen flexibilidad incorporada para futuros ajustes y minimizan las compensaciones.

Las intervenciones sin remordimientos para el agua y el cambio climático podrían incluir la recolección de agua de lluvia, la gestión sostenible de las aguas subterráneas, las tecnologías de micro irrigación, la reutilización de aguas residuales y la mejora del almacenamiento de agua (Vermeulen et al., 2013). Cualquier intervención que mejore la eficiencia y la conservación, al reducir fugas, por ejemplo, también se considera generalmente una opción de baja o ningún remordimiento. Estas intervenciones también se vinculan tanto a la mitigación como a la adaptación, ya que la eficiencia y la conservación reducen el uso de energía y aumentan la disponibilidad de agua.

### 12.4.2 Financiación climática basada en resultados

La financiación climática basada en resultados es un tipo de inversión en la que *"los fondos son desembolsados por un inversionista o donante a un receptor tras la consecución de un conjunto pre acordado de resultados [de mitigación o adaptación], con el logro de estos resultados sujetos a verificación independiente"* (Banco Mundial, 2017d, pág. 1). Se puede utilizar por sí solo o junto con financiación inicial, y se puede implementar en diferentes escalas y con diferentes entidades de proyecto.

Existen varias formas diferentes de abordar la financiación climática basada en resultados, pero como modalidad tiene el potencial de mejorar la capacidad de monitoreo, presentación de informes y verificación, fortalecer las instituciones nacionales, movilizar al sector privado y crear o fortalecer mercados para producir resultados climáticos. La mayoría de las inversiones basadas en resultados hasta ahora se han realizado en proyectos de mitigación del clima, ya que las emisiones de carbono son un indicador bien definido y medible, pero este tipo de financiación también se puede utilizar para los objetivos de adaptación al clima. En este sentido, los nuevos mecanismos climáticos basados en resultados pueden dirigirse a soluciones basadas en la naturaleza (SbN), en las que se espera que la brecha de financiación sea la mayor (WWC/GWP, 2018). Los proyectos que encuentran sinergias entre los objetivos de gestión del agua y la mitigación o adaptación climática pueden aprovechar esta prometedora modalidad de financiación.

## 12.5 Uso de la financiación climática multilateral para el agua

Existen tres instituciones multilaterales de financiación específicamente para financiar proyectos climáticos y ambientales: el Fondo Verde para el Clima, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Fondo de Adaptación. Además, los bancos de desarrollo han comenzado a priorizar el cambio climático e integrarlo en sus actividades de desarrollo, y algunos tienen fondos específicos para el clima. Los administradores de agua podrían buscar estos fondos, que en 2016 proporcionaron 51 mil millones de dólares, o el 11% de toda la financiación climática (CPI, 2018).

### 12.5.1 El Fondo Verde para el Clima

El Fondo Verde para el Clima se estableció como un mecanismo de financiación del Acuerdo de París, para ayudar a los países en desarrollo a mitigar y adaptarse al cambio climático. A partir de 2019, ha recibido 10.3 mil millones de dólares en promesas, de la meta de 100 mil millones de dólares por año, y el Fondo ha comprometido alrededor de 5 mil millones de dólares de los proyectos climáticos aprobados (Cuadro 12.4). Aunque la mayoría de sus áreas de resultados y prioridades de inversión implican la gestión del agua, el área de resultados más clara para el agua es la salud, la seguridad alimentaria e hídrica, que está bajo adaptación (Fondo Verde del Clima, s.f.).

### 12.5.2 El Fondo para el Medio Ambiente Mundial

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial otorga subvenciones para varios tipos de proyectos ambientales, incluida la mitigación y adaptación al cambio climático. También sirve como mecanismo financiero de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Desde su fundación en 1992, ha financiado casi 1,000 proyectos de mitigación climática y 330 proyectos de adaptación. Un proyecto reciente con beneficios climáticos e hídricos *"ayudó a generar herramientas para evaluar los efectos del retroceso de los glaciares e integrar las consideraciones sobre el cambio climático en la planificación estratégica"*, y *"abordó cuestiones de desarrollo apremiantes relacionadas con el suministro de agua o el riego en Bolivia, Ecuador y Perú"* (GEF, s.f.).

### 12.5.3 El Fondo de Adaptación

El Fondo de Adaptación se creó originalmente en el marco del Protocolo de Kioto y financia proyectos que ayudan a los países en desarrollo a adaptarse al cambio climático. Ha apoyado más de 80 proyectos de adaptación desde 2010 y ha comprometido 564 millones de dólares a actividades de adaptación y resiliencia climática (Fondo de Adaptación, 2019). Durante la 24ª Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP24) en diciembre de 2018, los países Parte decidieron que el Fondo de Adaptación serviría al Acuerdo de París a partir de 2019. La gestión del agua es uno de los sectores de proyectos del Fondo de Adaptación y acepta propuestas de proyectos transfronterizos.

### 12.5.4 Bancos de desarrollo

El cambio climático es una amenaza para los objetivos de desarrollo y lucha contra la pobreza, mientras que actuar sobre el clima puede traer co-beneficios de desarrollo y equidad. Por estas razones, en la COP24 el Banco Mundial se comprometió a duplicar sus inversiones climáticas a 200 mil millones de dólares entre 2021 y 2025 para apoyar a los países que adoptan medidas climáticas ambiciosas (Banco Mundial, 2018b). De esa suma, 50 mil millones de dólares se dedicarán a la financiación de la adaptación. El Banco Mundial alinea sus procesos y métricas internas para considerar los riesgos y oportunidades climáticas, y evaluar sus operaciones para los impactos climáticos y los beneficios conjuntos. Por lo tanto, vale la pena para los administradores del agua que esperan acceder a los fondos del Banco Mundial para integrar la mitigación y/o adaptación al clima en sus planes (Banco Mundial/CFI/MIGA, 2016).

Varios bancos multilaterales de desarrollo han formulado directrices para incorporar el análisis climático en la planificación y el diseño de inversiones. Además, en los últimos años, los bancos multilaterales de desarrollo también han formulado notas de orientación para ayudar a los equipos operativos a avanzar

#### Cuadro 12.4 El Fondo Verde para el Clima y la gestión del agua en Sri Lanka

Un proyecto del Fondo Verde para el Clima en Sri Lanka actualizará los sistemas de riego de las aldeas en las comunidades vulnerables y promoverá prácticas agrícolas climáticamente inteligentes en tres cuencas fluviales. También mejorará la gestión del suministro de agua resistente al clima y fortalecerá las previsiones climáticas e hidrológicas para mejorar la gestión del agua y la capacidad de adaptación. El componente de agricultura climáticamente inteligente proporciona beneficios tanto de adaptación al clima como de mitigación, al tiempo que conserva el agua y protege las fuentes de agua potable.

Fuente: Fondo Verde para el Clima (2018).

hacia carteras de inversiones climáticamente inteligentes y maximizar los resultados de adaptación y mitigación del clima de cada inversión.

Los bancos de desarrollo regional también tienen iniciativas de cambio climático que los profesionales del agua podrían aprovechar. Los miembros del Club Internacional de Finanzas para el Desarrollo, una red mundial de 23 bancos nacionales y regionales de desarrollo, comprometieron 196 mil millones de dólares a la financiación climática en 2017, principalmente para la mitigación del clima. De los 10 mil millones de dólares asignados a la adaptación climática, el 58% se destinó a la "preservación" del agua (que incluye gestión de captación, recolección de agua de lluvia y las redes de distribución de agua de rehabilitación). El Club Internacional de Finanzas para el Desarrollo aportó el 72% de sus compromisos en materia de financiación ecológica (incluida la financiación climática y otras de medioambiente) con la región de Asia Oriental y el Pacífico, mientras que la Unión Europea (UE) recibió el 14% de las finanzas verdes, y América Latina y el Caribe recibió el 6%. Los compromisos de financiación ecológica con África subsahariana, Asia meridional, Europa oriental y Asia central, y el Oriente Medio y el norte de África fueron menores, del 1 al 3% por región (IDFC, 2018).

## 12.6 Uso de la financiación climática nacional para el agua

### 12.6.1 Financiación bilateral del clima

Las iniciativas de financiación para el clima o agencias de desarrollo con objetivos climáticos existen en muchos países y regiones, incluyendo la UE, Alemania (Cuadro 12.5), Japón, los países nórdicos, Suiza, el Reino Unido, los Estados Unidos de América, Abudabí y otros. También hay fondos regionales y nacionales para el clima en los países en desarrollo, como el Fondo Amazonas, el Fondo Fiduciario para el Cambio Climático de Bangladesh, el Fondo Verde en Sudáfrica y el Fondo Fiduciario para el África Meridional (ACT Alianza, 2018).

La financiación bilateral del clima de los países desarrollados a los países en desarrollo aumentó en general de 22.5 mil millones de dólares en 2013 a 27 mil millones de dólares en 2017 (OCDE, 2018). Como es la tendencia con la mayoría de los financiadores del clima, las fuentes bilaterales financiaron principalmente la mitigación (66% de las finanzas bilaterales en 2017) por encima de la financiación a la adaptación (21%), con actividades transversales más comunes entre las fuentes bilaterales (14% en 2017) que las multilaterales (4%) (OCDE, 2018).

### 12.6.2 Financiación climática nacional y subnacional

A medida que la contribución determinada a nivel nacional de cada país (CDN) del Acuerdo de París se integran a los planes de gasto de los gobiernos, entonces los gastos nacionales de los gobiernos nacionales puede ser una fuente creciente de financiación climática. La CMNUCC estima que se gastaron 232 mil millones de dólares de las finanzas públicas nacionales al año en 2015 y 2016, con 157 mil millones de dólares al año en los países en desarrollo y 75 mil millones de dólares en los países desarrollados.

#### **Cuadro 12.5 Financiación climática bilateral para la gestión del agua en Nepal, Perú y Uganda**

Un ejemplo de participación del sector del agua en un proyecto climático bilateral tuvo lugar en Nepal, Perú y Uganda entre 2011 y 2016. El Programa de Adaptación en Las Montañas basada en los Ecosistemas Mundiales fue financiado por la Iniciativa Internacional del Clima (International Climate Initiative) del gobierno alemán y ejecutado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), con los gobiernos locales como socios. Las actividades del programa incluyeron la restauración y gestión de ecosistemas, la gestión de nutrientes del suelo, la conservación y gestión del agua, y las medidas de riego. Estas medidas ayudaron a asegurar el suministro de agua y a aumentar la resiliencia a las sequías en las tres zonas del proyecto, entre otros beneficios.

*Fuente: PNUD (2015).*

## Cuadro 12.6 Criterios de infraestructura hídrica para bonos climáticos

La Certificación para los Criterios de Infraestructura Hídrica bajo el Estándar de Bonos Climáticos se basa en dos componentes:

1. Mitigación: Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de proyectos de agua no aumentan y cumplen con bases de negocio como de costumbre o pretenden como objetivo la reducción de emisiones que se entregarán durante la vida útil operativa del activo o proyecto de agua.
2. Adaptación y resiliencia: La infraestructura hídrica y su ecosistema circundante son resistentes al cambio climático y tienen suficiente adaptación para hacer frente a los riesgos del cambio climático. Para demostrarlo, los emisores deben abordar lo siguiente :
  - a. Asignación: Cómo comparten el agua los usuarios dentro de una cuenca o acuífero dado.
  - b. Gobernanza: Cómo/si el agua será formalmente negociada y regulada.
  - c. Diagnóstico Técnico: Cómo/si los cambios en el sistema hidrológico se abordan a lo largo del tiempo.
  - d. Sólo para infraestructura híbrida y basada en la naturaleza: Si los emisores tienen una comprensión suficiente de los impactos ecológicos en el sitio del proyecto y más allá del proyecto con capacidad continua de supervisión y gestión.
  - e. Evaluación del Plan de Adaptación: Comprobación de la integridad de los mecanismos de afrontamiento para abordar las vulnerabilidades climáticas identificadas.

Fuente: Extracto de *Climate Bonds Initiative* (2017, pág. 1)

Sin embargo, "nos se dispone fácilmente de datos completos sobre los gastos climáticos nacionales, ni se recopilan dichos datos regularmente o mediante una metodología coherente" (CMNUCC, 2018, pág. 62). Si los administradores del agua pueden alinear sus proyectos con las CDN de su país, pueden acceder a estas fuentes nacionales de financiación climático. Pero sin datos completos, es difícil sacar conclusiones que puedan guiar los esfuerzos de financiación del agua y el saneamiento.

Las instituciones financieras nacionales también pueden ofrecer financiación climático. En América Latina y el Caribe, los bancos nacionales de desarrollo como el Banco Brasileño de Desarrollo "son ya la mayor fuente de financiación climática pública en los mercados internos" (NRDC, 2017, pág. 4).

Varios países y jurisdicciones subnacionales han comenzado a establecer bancos de inversión verde, también conocidos como bancos verdes, en los últimos años. Los bancos verdes "son instituciones financieras especializadas, de capitalización pública, centradas en el país, específicamente establecidas para coparticipar con capital privado" en las inversiones climáticas y ambientales (NRDC, 2017, pág. 1). Si bien los bancos verdes se establecieron inicialmente casi exclusivamente en los países de la OCDE, los esfuerzos actuales están ampliando el modelo a países de América Latina, África y Asia (Green Bank Network, 2018). A medida que los bancos verdes comiencen a proliferar, los gerentes de proyectos hídricos tal vez deseen supervisar esta área para futuras oportunidades de financiación.

## 12.7 Fuentes alternativas a la financiación

### 12.7.1 Financiación del sector privado

La financiación del sector privado representó la mayoría (54%) o 230 mil millones de dólares de los flujos de financiación climática en 2016, la mayor parte de los cuales provenían de los desarrolladores de proyectos (CPI, 2018). Otras fuentes de financiación privada podrían ser los mercados de carbono, la inversión extranjera directa, los seguros o las instituciones financieras comerciales.



Se estima que los bancos multilaterales de desarrollo movilizaron (CMNUCC, 2018) 15.7 mil millones de dólares de financiación privada. Pero las fuentes y destinos de la financiación privada no están bien documentados.

Una fuente emergente de financiación privada que puede ser útil para los practicantes del agua es el mercado de bonos verdes. Pionero en 2007, los bonos verdes y los bonos climáticos ofrecen *"importantes oportunidades mundiales para movilizar capital a escala para infraestructuras y esfuerzos de desarrollo con bajas emisiones de carbono y resistentes al clima"* (Banco Mundial, 2018c). El mercado de bonos verdes ha crecido rápidamente, de 3.4 mil millones de dólares en 2012 a 168 mil millones de dólares en 2018. El Estándar de Bonos Climáticos, un esquema de etiquetado similar a la certificación FairTrade, publicó los Criterios de Infraestructura Hídrica (Cuadro 12.6) para certificar los bonos relacionados el agua para estándares de gestión del agua bajos en carbono y resilientes (Climate Bonds Initiative, 2018).

En 2018, se puso en marcha la Alianza Mundial de Bonos Verdes para acelerar la emisión de bonos verdes. La Asociación tiene previsto desarrollar conjuntos de herramientas para empresas, entidades subnacionales y otros grupos interesados en emitir bonos verdes, para que los gestores del agua puedan aprovechar esos recursos a medida que salen (Banco Mundial, 2018c). También surgen otros tipos de vínculos ambientales, como los bonos de catástrofe, los bonos de impacto ambiental y los lazos de resiliencia.

### 12.7.2 Asociaciones público-privadas

Las asociaciones público-privadas climáticamente inteligentes son otra forma potencial de satisfacer las necesidades de financiación de la inversión en infraestructura hídrica resistente al clima. El Servicio de Asesoría en Infraestructura Público-Privada (PPIAF, por sus siglas en inglés) ha definido el cambio climático como una Prioridad Estratégica para los años fiscales 2018–2022. El Mecanismo se centrará en las iniciativas de cambio climático e incorporará las actividades climáticas en su asistencia técnica y trabajo de conocimientos (Suriyagoda, 2017). El Fondo Fiduciario para la Infraestructura del PPIAF sobre el Cambio Climático promoverá modelos climáticamente inteligentes y permitirá entornos para asociaciones públicas y privadas climáticamente inteligentes. El abastecimiento de agua y saneamiento es uno de los sectores incluidos en las iniciativas programáticas previstas por el Fondo.

Si bien el cambio climático no desempeña actualmente un papel importante en las asociaciones público-privadas, la incorporación del cambio climático por parte del Banco Mundial y el PPIAF en sus iniciativas y actividades de conocimiento definirá las tendencias futuras de la infraestructura y es otra esfera que los administradores del agua pueden observar.

### 12.7.3 Financiación combinada

Financiación mixta *"incorpora diferentes tipos de financiación en un solo proyecto o fondo"* (Banco Mundial, 2019, pág. 24). La financiación combinada puede tener un efecto de co-financiación mediante el uso de préstamos concesionales (es decir, préstamos con tasas por debajo del mercado) o subvenciones para hacer que los proyectos sean más atractivos para las fuentes tradicionales de capital, y puede ayudar a los proponentes del proyecto a gestionar mejor los riesgos. Varios bancos de desarrollo, fondos climáticos y fondos bilaterales han comenzado a utilizar este paradigma para atraer financiación comercial y apoyar proyectos que tienen un impacto potencialmente alto, pero deben superar las barreras para ser comercialmente viables.

Los criterios para ser susceptible de obtener financiación del Fondo Verde para el Clima y otras fuentes prominentes de financiación climático tienden a examinar proyectos subnacionales de menor escala. Para hacer frente a esta brecha de financiación, las Regiones R20 de Acción Climática y Blue Orchard Finance están, desde principios de 2019, en el proceso de creación de un Fondo Subnacional para el Clima para África. El Fondo aprovechará las finanzas combinadas para financiar proyectos de infraestructura subnacional con impactos climáticos positivos en los mercados emergentes (R20 for Climate Action, 2018). Para los desarrolladores de proyectos de agua, especialmente en África, esto puede ser una fuente de financiación para estar atentos a las oportunidades futuras.



Se debe prestar especial atención a los países de bajos ingresos, porque *"los países que tienen la mayor necesidad de inversión a menudo se perciben como riesgosos y con problemas de gobernanza"*. Sólo el 3.6% de las finanzas privadas movilizadas mediante el uso de finanzas mixtas en 2012-2015 fluyeron a países de bajos ingresos (Hedger, 2018b, pág. 6).

## 12.8 Conclusión

El creciente interés en la financiación climática, así como su variedad de fuentes, instrumentos y destinos, la convierten en una oportunidad atractiva para los promotores de proyectos de agua y las organizaciones que esperan llegar al ODS 6. El desafío radica en su capacidad para establecer la conexión agua-clima y acceder a esta financiación.

Dado que la mayoría de los financiadores del clima costean principalmente actividades de mitigación, encontrar la alineación entre los objetivos de desarrollo del agua y la mitigación del clima puede ofrecer oportunidades más inmediatas para la financiación futura que las actividades de adaptación. Hasta ahora, la conexión entre la gestión del agua y la adaptación ha sido más evidente y más fácilmente desarrollada que la mitigación. Sin embargo, se está reconociendo cada vez más el potencial de mitigación de diversas intervenciones de gestión del agua. Las soluciones políticas y técnicas que alinean los objetivos de gestión del agua y los objetivos de mitigación del clima deben ser un tema creciente para la investigación y el intercambio de conocimientos, para ayudar tanto a los profesionales del clima como al agua a aprovechar estas conexiones.

**Se está reconociendo cada vez más el potencial de mitigación de diversas intervenciones de gestión del agua**

La arquitectura financiera climática es compleja y está evolucionando. Hay múltiples mecanismos, instituciones, programas y actividades a varias escalas. Por esta razón, el aumento de la coordinación entre estos actores minimizaría la duplicación y las ineficiencias, así como facilitaría el acceso a la financiación. Las posibles fuentes de crecimiento de la financiación climática serán las instituciones nacionales que esperan financiar sus CDN y el Fondo Verde para el Clima con su impulso para alcanzar los 100 mil millones de dólares en financiación por año. Los bancos verdes, los bonos verdes, los fondos climáticos subnacionales y las asociaciones público-privadas son otras áreas emergentes para observar las futuras oportunidades de financiación climático.



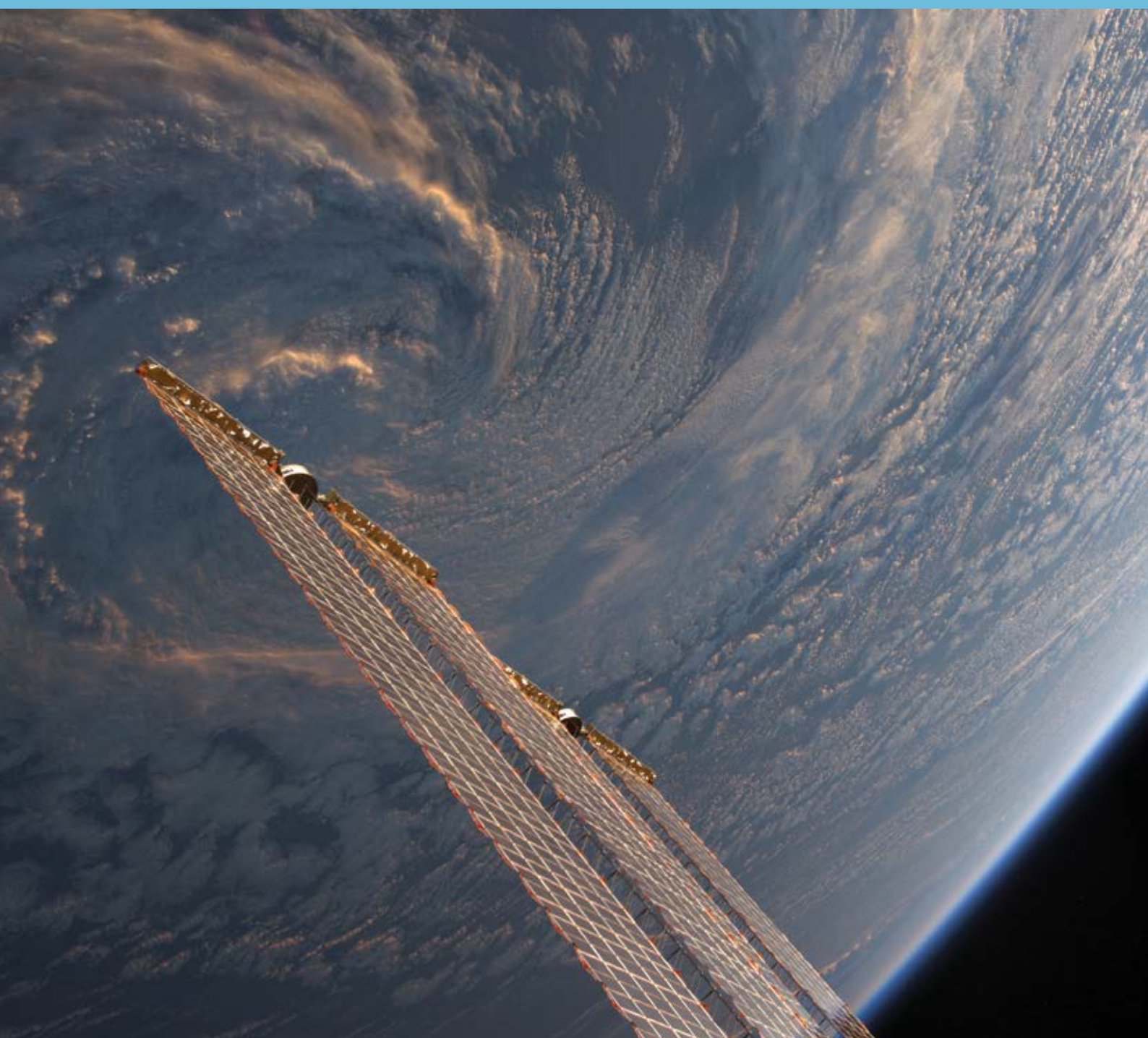


Sin embargo, hay que dejar claro que la gestión del agua y la acción climática están sub financiadas. Aunque está aumentando, la financiación climática no es tan abundante como se necesita para hacer frente al cambio climático (CPI, 2018). La competencia por la financiación climática es alta, ya que no hay suficiente para dar la vuelta. Por lo tanto, para cumplir los objetivos climáticos e hídricos, puede que no sea suficiente para fomentar—las sinergias entre el agua y el clima y ayudar a los desarrolladores de agua a acceder a la financiación climática. También pueden ser necesarios cambios estructurales, como dar al agua una prioridad más alta dentro de los fondos climáticos, diseñar mecanismos de vinculación entre las comunidades del agua y el clima, e identificar estrategias para llevar las finanzas combinadas a los países con mayor necesidad. Los profesionales del agua también podrían convertirse en defensores del clima, fomentando una mayor financiación para hacer frente al cambio climático. Dado que el agua vincula todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el cambio climático los amenaza, es fundamental planificar e invertir en una gestión sostenible del agua que incorpore adecuadamente la resiliencia climática y la robustez frente a múltiples futuros.



# 13

## Innovación tecnológica y conocimiento ciudadano



*Este capítulo destaca los desafíos y oportunidades de promover la investigación, innovación y ciencia para apoyar la toma de decisiones informadas.*

## 13.1 Introducción

El cambio climático cuestiona nuestra capacidad, como sociedades, de predecir, anticipar y absorber perturbaciones. En otras palabras, nos desafía a desarrollar mecanismos para reducir la incertidumbre, mitigar el riesgo y mejorar la resiliencia, con el fin de adaptarnos a un entorno cambiante. Como se describe en capítulos anteriores, una mejora en la gestión del agua ofrece varias oportunidades, tanto en términos de adaptación al cambio climático, como de mitigación. Los retos, en términos de innovación tecnológica, gestión del conocimiento, investigación y desarrollo de capacidades, son promover la generación de nuevas herramientas y enfoques a través de la investigación avanzada y el desarrollo y, en el mismo orden de importancia, acelerar la implementación del conocimiento y de tecnología existentes en todos los países y regiones. Sin embargo, estas acciones únicamente producirán el resultado deseado si van acompañadas de concienciación, así como del desarrollo de programas educativos y capacitación, con el objetivo de difundir ampliamente el conocimiento disponible e incentivar la adopción de las tecnologías nuevas y de las existentes. El acceso al conocimiento y a la información es esencial, y todas las personas tienen derecho a beneficiarse de la ciencia y sus aplicaciones (ONU AG, 1966, artículo 15).

Diversas medidas de adaptación y mitigación tienen el potencial de fomentar sistemas de gestión del agua resilientes al cambio climático y a mejorar la seguridad del agua, contribuyendo directamente al desarrollo sostenible. Dichas medidas sólo pueden ser eficaces y duraderas si fortalecen la interfaz de conocimientos sobre los sistemas y servicios climáticos e hídricos, e identifican necesidades, prácticas, prioridades, desafíos y lagunas. Los encargados de formular las políticas y científicos se enfrentan con el desafío de evaluar y medir el cambio y sus posibles consecuencias. La incertidumbre sobre el alcance de los impactos del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos y en las sociedades en general puede obstaculizar la capacidad de aplicar con éxito medidas de adaptación al desarrollo nacional y a los planes y políticas de protección del medio ambiente. Otro desafío se deriva del hecho de que la adaptación y la mitigación requieren enfoques interdisciplinarios, intersectoriales y multidimensionales, que a su vez requieren la creación de un marco compartido. Por lo tanto, son necesarios enfoques, herramientas y metodologías multidisciplinarias.

La ciencia, la tecnología y la innovación han demostrado ser motores clave del desarrollo económico y social, transformando la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos a un ritmo sin precedentes. La integración de las políticas de ciencia, tecnología e innovación a las estrategias de desarrollo de los recursos hídricos, así como su combinación con los cambios institucionales y organizacionales, pueden contribuir de manera valiosa a aumentar la eficiencia, mejorar la resiliencia y fomentar la transición a la sostenibilidad dentro y fuera del sector del agua. Estos logros ofrecen nuevas oportunidades y respuestas para apoyar la toma de decisiones acertada según la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos, al tiempo que se minimiza el impacto del cambio climático. La innovación proporciona herramientas tecnológicas más asequibles y eficientes, permite su implementación, y de hecho es fundamental para traducir el conocimiento científico relacionado con el agua y los conocimientos tecnológicos en procesos, servicios y empleo útiles.



## 13.2 Innovación tecnológica

La ciencia, las tecnologías y la innovación están evolucionando rápidamente y siguen apoyando una serie de actividades de gestión de los recursos hídricos, entre ellas: (i) la evaluación general y el monitoreo de los recursos hídricos y los procesos hidrológicos; (ii) conservación, recuperación y reutilización de los recursos hídricos; (iii) adaptación de infraestructuras; (iv) reducción de costos en los procesos de tratamiento y distribución; (v) eficiencia de la entrega y el uso del suministro de agua; y (vi) acceso al agua segura y al saneamiento. Varias innovaciones en el sector del agua han profundizado en los últimos años nuestra comprensión de los desafíos relacionados con el clima y han proporcionado nuevas formas de adaptarse de manera flexible al cambio climático y a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Algunas de estas innovaciones se enumeran en esta sección.

**Las tecnologías de observación de la Tierra y el espacio** generan datos e información climatológica, meteorológica y sobre la evolución de los recursos hídricos a varios niveles. La observación de la tierra mediante satélites puede ayudar a identificar las tendencias en precipitaciones, evapotranspiración, la nieve y de la capa de hielo/deshielo, la escorrentía y almacenamiento de agua. Por ejemplo, la información sobre los cambios en el almacenamiento de agua terrestre, incluidos los acuíferos, se obtiene mediante un análisis de la variación de la gravedad que hace la misión de satélite Experimento de Recuperación Gravitatoria y Clima (GRACE, por sus siglas en inglés) operada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos de América (NASA, por sus siglas en inglés) y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR). Desde su lanzamiento en 2002, GRACE registró un triple aumento de la masa de hielo perdida en las regiones polares y montañosas. También observó que de los 37 mayores acuíferos terrestres, 13 han sufrido pérdidas de masa críticas, que han sido inducidas tanto por el cambio climático como por la presión antropogénica (Tapley et al., 2019).

Los avances en las tecnologías satelitales en las últimas décadas, también han ayudado a mejorar la comprensión de los impactos del cambio climático en la calidad del agua mediante el seguimiento de ecosistemas fluviales, marinos y costeros con un alto nivel de precisión (Skoulikaris et al., 2018). Por ejemplo, la monitorización por satélite de parámetros ambientales como la turbidez, sólidos suspendidos, Clorofila-A, materias orgánicas disueltas y la temperatura superficial del agua ayuda a identificar las zonas potencialmente afectadas por la eutrofización y las floraciones de algas (UNESCO-PHI, 2018).

La teledetección realizada a través de satélites también puede ser una poderosa herramienta para el monitoreo. Si bien puede revelar procesos a gran escala y características que no se pueden observar fácilmente por métodos tradicionales, la resolución temporal y espacial puede no ser totalmente adecuada para las aplicaciones en escala inferior y para analizar los datos. Sin embargo, si está respaldada con estadísticas nacionales, observaciones sobre el terreno y modelos de simulación numérica, la teledetección puede facilitar una evaluación general de los impactos del cambio climático relacionados con el agua y, por lo tanto, apoyar la toma de decisiones con respecto a las posibles respuestas de adaptación.

**Las tecnologías avanzadas** de sensores pueden apoyar la gestión inteligente del agua, especialmente al permitir la supervisión en línea y en tiempo real de la disponibilidad y la calidad del agua. Se han desarrollado sensores inalámbricos para monitorizar el consumo de agua, y se está utilizando cada vez más para la medición hídrica a distancia. En Alicante, España, la medición inteligente de los datos de consumo de agua ha contribuido a satisfacer las necesidades de información de suministro y uso final, contribuyendo a los objetivos de gestión sostenible del agua urbana de la ciudad (March et al., 2017). El control de la calidad del agua en las diferentes etapas de los procesos de tratamiento de aguas residuales es esencial para garantizar su reutilización segura para diversos fines, ayudando así a reducir el estrés hídrico general (véase Cuadro 3.2). Este control también es vital para detectar fugas químicas o derrames de contaminación de manera oportuna, así como para analizar la eficacia de las medidas de descontaminación.

**Las principales evoluciones de la tecnología de la información y las comunicaciones** (TIC) en el campo de la adquisición de datos han sido facilitados por la alta velocidad y cobertura global de las redes de internet, así como por la computación en la nube y la mejora de las capacidades de almacenamiento virtual (es decir, servicios de copia de seguridad y almacenamiento en la nube con múltiples funciones)

(Skoulidakis et al., 2018). También están surgiendo nuevas tecnologías como Internet de las cosas (IoT), Big Data (macrodatos), Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje automático, con diversas aplicaciones para reducir la incertidumbre, mitigar el riesgo y mejorar la resiliencia al cambio climático.

El IoT designa un concepto informático en el que cada día los objetos físicos están conectados a Internet y/o entre sí, formando una red de dispositivos interrelacionados que pueden comunicarse y transferir datos sin necesidad de intervención humana. A medida que la gestión de la pérdida de agua es cada vez más importante con cada vez más regiones afectadas por el estrés hídrico, el IoT implementada en el marco de las ciudades inteligentes puede recopilar datos críticos relacionados con el agua necesarios para mejorar los sistemas de gestión del agua y contribuir al ahorro de agua. Por ejemplo, la Comisión de Servicios Públicos de San Francisco en los Estados Unidos de América (EE.UU.) ha instalado uno de los mayores programas piloto de contadores de agua inteligentes, con 178 000 contadores de agua equipados con sensores inteligentes para registrar el consumo de agua cada hora. Los datos se transmiten automáticamente, cuatro veces al día, a través de una red inalámbrica, y se utilizan para detectar fugas en la red de suministro de agua y analizar patrones de consumo de agua (San Francisco Water Power Sewer, s.f.). En las zonas rurales, el IoT puede mejorar la eficiencia del uso del agua en el riego a través de sensores que envían datos sobre las condiciones climáticas y de humedad del suelo al sistema de riego con el fin de optimizar el riego.

El análisis de big data examina grandes cantidades de datos para descubrir patrones ocultos, correlaciones y otros conocimientos. Las aplicaciones de análisis de big data pueden ayudar a recabar información, ya que procesan la recopilación de flujos continuos de información y datos acerca del agua, con el fin de elaborar información práctica que posibilite una mejor gestión hídrica. Por ejemplo, la NASA y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés) han colaborado en el proyecto SERVIR-Mekong para desarrollar una herramienta histórica de análisis de inundaciones, que analiza las imágenes satelitales de 1984 a 2015 utilizando herramientas y técnicas de análisis de big data, con el fin de proporcionar patrones históricos de agua superficial a través de extensiones espaciales (SERVIR- Mekong, s.f.). El servicio proporciona información personalizada sobre las zonas propensas a inundaciones (p. ej., la frecuencia de los ciclos estacionales de inundación) a los países de la región del Bajo Mekong y apoyó en otros esfuerzos de preparación ante desastres en la región metropolitana del Mekong.

Big Data también ofrece la posibilidad de integrar datos adicionales a los relacionados con el agua, como los patrones comerciales o el consumo de electricidad, generando una comprensión más amplia de la evolución de los procesos que impactan en los recursos hídricos y mejorando así la gestión del agua en un contexto cambiante, utilizando un enfoque intersectorial.

Se están explorando diversas técnicas basadas en la IA, modelos y máquinas que aprenden basadas algoritmos para una gestión eficaz de la calidad del agua, en particular para la simulación, predicción y previsión de la calidad del agua, para análisis estadísticos de los datos de calidad del agua y para la identificación de fuentes de contaminación (Sarkar y Pandey, 2015; Sengorur et al., 2015; Srivasta et al., 2018). Por ejemplo, Mohammed et al. (2018) evaluaron el uso de algoritmos de aprendizaje automatizado para el análisis predictivo de la calidad del agua microbiana (los recuentos de los organismos indicadores fecales en aguas crudas) en el lago Maridal en Noruega. La IA también está surgiendo como tecnología de pronóstico y optimización para predecir la eficiencia de diferentes tecnologías de desalinización (Cabrera et al., 2017), el desarrollo de la resiliencia y preparación ante inundaciones (Saravi et al., 2019), la gestión de los acuíferos (Moazamnia et al., 2019), y la eficiencia en el uso del agua (Chen et al., 2017).

Los avances en IA y en técnicas de aprendizaje automatizado pueden mejorar aún más la gestión y el monitoreo de la calidad del agua basadas en satélites y observación de la tierra (EO, por sus siglas en inglés), al permitir y mejorar el análisis y la interpretación de imágenes satelitales y datos geoespaciales para apoyar la toma de decisiones o predecir la disponibilidad de agua y los parámetros de calidad (El Din et al., 2017).

## 13.3 De los datos a la toma de decisiones: cerrando la brecha entre ciencia y política

El conocimiento consiste en información contextualizada, que se basa en datos sin procesar que han sido procesados, organizados, estructurados y presentados para que sea significativo y útil. Constituye la base de un proceso de toma de decisiones informado y basado en la ciencia.

### 13.3.1 Integración de datos en la toma de decisiones

Las herramientas de TIC han ayudado a generar una gran cantidad de datos sobre el cambio climático, así como información sobre las respuestas de mitigación y adaptación para la gestión del agua. Sin embargo, estos datos deben ser procesados, analizados y presentados de manera que puedan ser entendidos y utilizados por los tomadores de decisiones. El uso limitado de la información y los conocimientos para informar las políticas de gestión de los recursos hídricos sigue representando un desafío importante para las partes interesadas en el sector del agua (ya sean gobiernos, científicos, el sector privado, la sociedad civil, etc.). Las razones incluyen la escasez de recursos financieros y humanos, la falta de conciencia y el compromiso de los dirigentes políticos, las carencias en las habilidades técnicas y la ausencia de estrategias y mecanismos claramente definidos para apoyar la gestión general del conocimiento.

Uno de los principales desafíos con los que tienen que lidiar las empresas de servicios públicos es la integración. Los sistemas de adquisición de datos pueden estar obsoletos o insuficientemente documentados, y pueden producir formatos de datos que sean idiosincráticos y, por lo tanto, incompatibles entre sí. Como resultado, se desarrollan sistemas paralelos y los datos recopilados por cada uno no se pueden procesar de forma entrecruzada. Una necesidad clave de todos los ámbitos relacionados con el agua, es el fomento de la integración y el desarrollo ulterior de sistemas intersectoriales, la comprensión y la colaboración. Los profesionales de cada sector necesitan conocer y comprender más el pensamiento y los métodos aplicados de los demás sectores, con el fin de seguir innovando de una manera más colaborativa y orientada a la operación.

Además, también es absolutamente necesario fomentar el tratamiento de los datos en la información y fomentar la difusión de los conocimientos para apoyar la toma de decisiones (Cuadro 13.1). Promover la apertura en los contenidos, la tecnología y los procesos mediante la concienciación, formulación de políticas y creación de capacidad es una manera de ampliar el acceso a la información, el conocimiento y las tecnologías. El software libre y de código abierto (FOSS) se está volviendo cada vez más popular en los países de ingresos bajos y medianos, donde los altos costos de licencia para el software de pago pueden ser difíciles de superar. Estas herramientas contribuyen a una mayor transparencia y rendición de cuentas en el sector. Las herramientas de visualización también son útiles para hacer que los datos relacionados con el cambio climático sean inteligibles y proporcionar a los responsables de la toma de decisiones información clara y directa.

### 13.3.2 Ciencia cívica

De cara al cambio climático, los enfoques inclusivos que facultan a todos los usuarios del agua a participar en la recopilación, el intercambio y el uso de la información con fines de mitigación y adaptación. Por ejemplo, la ciencia cívica y el crowdsourcing tienen el potencial de contribuir a los sistemas de alerta temprana y también pueden proporcionar datos para validar los modelos de previsión de inundaciones (véase, 2019).

Por ejemplo, FOSS para la gestión del conocimiento fomenta la participación de la sociedad civil en la recopilación, suministro y uso de la información. El acceso a la información y al conocimiento tiene la capacidad de empoderar usuarios, incluidos los jóvenes, las mujeres y los grupos más vulnerables, para mantener los recursos hídricos y contribuir a la toma de decisiones informadas.

La participación de los ciudadanos en la ciencia contribuye a acelerar el descubrimiento científico, al tiempo que democratiza la investigación y, potencialmente, mejora o influye en las decisiones de las partes interesadas (Ryan et al., 2018). A pesar de que la ciencia cívica ha sido ampliamente reconocida recientemente, algunas observaciones históricas y registros de conocimientos tradicionales se remontan a siglos atrás. Los modelos meteorológicos y climáticos en los EE.UU. tienen sus raíces en los esfuerzos de ciencia ciudadana que comenzaron en el siglo XIX (Fiebrich, 2009). Tales observaciones históricas y registros de los ciudadanos pueden ser particularmente útiles para entender las tendencias y los cambios durante más tiempo. De hecho,

### Cuadro 13.1 Sistema de red de información sobre el agua para puentear la interfaz ciencia-política

La plataforma en línea del Programa Hidrológico Intergubernamental de la UNESCO "Sistema de Red e Información sobre el Agua" (PHI-WINS) incorpora datos sobre los recursos hídricos que se generan con los sistemas de información geográfica (SIG) en una base de datos cooperativa y de acceso abierto para fomentar el compartir el conocimiento y el acceso a la información. PHI-WINS es de libre acceso para todos, con el objetivo de alentar a los contribuyentes a compartir información sobre el agua. PHI-WINS ofrece diferentes conjuntos de información espacial que se pueden superponer para cruzar información y resaltar nuevos datos a través de mapas. La transparencia y el respeto de la propiedad están garantizados, ya que toda la información se beneficia de big data en un formato estandarizado y de un identificador de objetos digitales (DOI, por sus siglas en inglés). Esto permite una identificación y acreditación precisa de cualquier contribución, y hace que sea más fácil compartir la información más tarde. La plataforma está contribuyendo a cerrar la brecha entre el Norte y el Sur en términos de acceso y el intercambio de conocimientos.

*Para obtener más información acerca de la plataforma PHI-WINS, consulte [ihp-wins.unesco.org/](http://ihp-wins.unesco.org/).*

los individuos pueden apoyar la investigación científica documentando los impactos del cambio climático, en particular observando y registrando cambios en los ecosistemas y fenómenos naturales, como el clima, el comportamiento animal y vegetal, o cierta prevalencia de especies. Los datos científicos de los ciudadanos también pueden apoyar la calibración de los instrumentos meteorológicos y la recopilación de datos sobre la nubosidad, la temperatura y la precipitación para mejorar la comprensión de la variación micro climática (Cifelli et al., 2005; Clark et al., 2015; See et al., 2016; Rajagopalan et al., 2017).

Hay una larga historia de ciudadanos monitoreando los niveles de agua en lagos y ríos, y la participación en el sector del agua ha ido creciendo. La ciencia cívica en esta área incluye, por ejemplo, el monitoreo de la calidad del agua, con campañas voluntarias de pruebas de calidad del agua por parte de las comunidades locales y las escuelas (Jollymore et al., 2017; Carlson y Cohen, 2018). Existe un gran potencial para aumentar la participación de los ciudadanos en la hidrología y la recopilación de datos de recursos hídricos debido a la disponibilidad de sensores económicos, robustos y altamente automatizados, y la posibilidad de combinarlos con potentes modelos ambientales para crear métodos de visualización ricos e interactivos. Sin embargo, es necesario abordar los desafíos de implementación (Buytaert et al., 2014).

Los científicos están reconociendo cada vez más la importancia de la ciencia ciudadana y el crowdsourcing (herramienta para externalizar tareas) para la recopilación y recuperación de datos en el estudio del cambio climático y sus impactos. Por ejemplo, los proyectos liderados por el Observatorio Pirenaico de Cambio Climático (OPCC) incluyen componentes destinados a involucrar al público a través de la recopilación de datos sobre la flora en los ecosistemas transfronterizos de los Pirineos y sobre el enriquecimiento de nutrientes en turberas y lagos (OPCC, s.f.). El Consejo de Investigación del Medioambiente británico está financiando un proyecto de ciencia ciudadana para rescatar y digitalizar entre 2 y 5 millones de registros meteorológicos y climatológicos históricos recopilados por los Servicios Meteorológicos del Reino Unido (UK) entre 1860 y 1880 (NERC, 2019). Estos datos podrían resultar útiles en el desarrollo y perfeccionamiento de los modelos y escenarios climáticos.

Las personas también pueden contribuir a la acción y adaptación al clima a través de la acción voluntaria y una mayor concienciación. Algunos ejemplos son las guías sobre cambio climático para la acción ciudadana (UNESCO, 2017; Apel et al., 2010) y proyectos de ciencia/acción ciudadana. El proyecto observando la arena de la UNESCO (UNESCO, 2017) ha elaborado un manual para la adaptación al cambio climático y ha elaborado información sobre el desarrollo sostenible con el fin de involucrar a los estudiantes de escuela, profesores y comunidades locales en el seguimiento de los entornos costeros en los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) (como la erosión de las playas, la contaminación, los sedimentos, la calidad del agua, etc.) y el desarrollo de enfoques sostenibles para abordarlos. "EarthWatch" y "FreshWater Watch" son proyectos similares, fomentan la participación del público a través de la acción práctica en la observación de la calidad del agua dulce, la contaminación y la vida silvestre. Desde 2012, la comunidad de FreshWater Watch ha reunido más de 20,000 muestras de calidad del agua de todo el mundo, que han sido aportadas por voluntarios, organizaciones de investigación y escuelas en el Reino Unido, Europa y África (EarthWatch Institute, s.f.).

Al combinar la investigación científica con la educación pública, la ciencia ciudadana también aborda los impactos sociales más amplios de una manera profunda, involucrando al público en experiencias de investigación en diversas etapas del proceso científico y utilizando herramientas de comunicación modernas para involucrarlos (Dickinson et al., 2012), contribuyendo así a cerrar la brecha entre la ciencia y las políticas.



# 14

## El camino a seguir





*Este capítulo final constituye una llamada urgente a la acción.*

## 14.1 De la adaptación a la mitigación

Algunos de los impactos del cambio climático relacionados con el agua en el ciclo hidrológico, pueden ser bastante evidentes, como lo ejemplifica la creciente frecuencia e intensidad de eventos extremos como tormentas, inundaciones y sequías. Pero los impactos generales son mucho más profundos. La seguridad alimentaria, la salud humana, los asentamientos urbanos y rurales, la producción de energía, el desarrollo industrial, el crecimiento económico y los ecosistemas son todos dependientes del agua y, por lo tanto, son vulnerables a los impactos del cambio climático. Cuando el cambio climático repercute en los recursos hídricos y los servicios relacionados con el agua, privan a las personas del ejercicio de sus derechos al agua potable segura y al saneamiento; además amenaza sus medios de sustento, en particular de más vulnerables en el mundo, los de las mujeres, hombres y niños.

Se han demostrado claramente los vínculos entre el agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas, 2018a; 2019; ONU-Agua, 2019). Como tal, la falta de adaptación al cambio climático no sólo pone en riesgo la realización del ODS 6 (el objetivo del "agua"), sino que también pone en peligro el logro de la mayoría de los otros ODS. Esto, en sí mismo, parecería suficiente para atraer la atención de las sociedades y los responsables de la toma de decisiones en todos los sectores y en los niveles adecuados de gobierno, y para incitar a las comunidades de agua y cambio climático a tomar una acción mayor, centrada y concertada en colaboración con otros sectores dependientes del agua, especialmente en términos de adaptación en todo el ámbito del agua.

Tal llamado a la acción no es nuevo. En 2003, una iniciativa mundial llamada Diálogo sobre el Agua y el Clima trató de salvar las brechas de conocimiento y comunicación entre los administradores del agua y los científicos climáticos, y promover medidas de adaptación relacionadas con el agua a través de una serie de 18 diálogos entre múltiples partes interesadas a nivel regional, nacional y de cuenca, destacando colectivamente la necesidad de prepararse y adaptarse a los efectos de la variabilidad climática y las probables implicaciones del cambio climático (Kabat y Van Schaik, 2003). Aunque reconocido por algunos, este llamado a la acción, y otros como este, han pasado ampliamente desapercibidos. Casi dos décadas después, la investigación ha madurado y la evidencia se ha acumulado, hasta el punto de que el proceso del cambio climático es aceptado como una "certeza" por todas menos unas pocas voces solitarias entre la comunidad científica. Una vez más, sin embargo, las acciones concretas siguen siendo en gran medida insuficientes.

Una cosa que ha comenzado a cambiar es el reconocimiento y la comprensión de que el agua, y más específicamente la mejora de la gestión del agua, puede ser una parte muy importante de la solución al cambio climático.

Se ha creído desde hace ya mucho tiempo que la mitigación se trata principalmente de energía, mientras que la adaptación se trata principalmente de agua. Si bien es algo cierto, esta perspectiva simplifica en gran medida las cosas. Por supuesto, la gestión del agua debe adaptarse al cambio climático, desde la lucha contra los efectos de las inundaciones hasta el aumento del estrés hídrico para la agricultura, la industria y otros usos. Pero la gestión del agua también puede desempeñar un papel muy importante en la mitigación del cambio climático. Como se describe a lo largo de este informe, las intervenciones específicas de gestión del agua, como la protección de los humedales, la agricultura de conservación y

otras soluciones basadas en la naturaleza (SbN), pueden ayudar a capturar carbono en biomasa y suelos, mientras que un tratamiento mejorado de las aguas residuales puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y producir biogás como fuente de energía renovable.

Convertir este conocimiento en acción es totalmente posible, pero para llegar allí será necesario adoptar una serie de respuestas prácticas y rentables, y crear un entorno propicio a través del cual puedan producirse cambios transformadores positivos.

## 14.2 Fomentar un entorno propicio para el cambio

### 14.2.1 Uniendo la acción climática y la gobernanza del agua

El agua es el medio a través del cual las sociedades experimentan los impactos más graves del cambio climático. Eso hace que el agua y el cambio climático sean negocio de todos. El capítulo 11 destaca la importancia de un enfoque equitativo, participativo y de múltiples partes interesadas para la gobernanza del agua en el contexto del cambio climático. Dada la naturaleza transversal del agua y el clima a través de los diferentes sectores económicos y en toda la sociedad, es necesario abordar a todos los niveles las compensaciones y los intereses en conflicto para negociar soluciones integradas y coordinadas.

En el capítulo 2 se describía el agua como un "conector" entre los compromisos mundiales adoptados en 2015: la Agenda 2030 y los ODS, el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastre. El reconocimiento del papel central del agua en la consecución de diferentes acuerdos internacionales puede convertirse en prioridades nacionales que, a su vez, apoyan las acciones locales de las comunidades, las partes interesadas y los ciudadanos.

Como se detalla en el capítulo 10, los mecanismos de cooperación regional y transfronterizo (cuenca) ofrecen oportunidades potenciales para avanzar aún más en los componentes de adaptación y mitigación del cambio climático en la planificación del desarrollo del agua y viceversa. La cooperación regional y transfronteriza puede permitir la puesta en común de recursos y puede beneficiar a las entidades participantes mejorando la comunicación, el seguimiento y el intercambio de datos, la cooperación sectorial, el apoyo a la capacidad y (potencialmente) un mayor acceso a los mecanismos de financiación.

### 14.2.2 Ampliar las oportunidades de financiación a través de la agenda de cambio climático

Un examen profundo de las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) presentadas por los países como parte del Acuerdo de París reveló que, en muchos casos, el agua se reconoce en términos de declaraciones de políticas o planes generales (capítulo 10). Sin embargo, sólo un número muy limitado de CDN realmente incluyen la "intención" de preparar un plan de agua específico. Y aunque la mayoría de los países reconocen el agua en su "cartera de acciones" de las CDN, una minoría han estimado los costos relacionados con estas acciones, y aún menos han incluido propuestas detalladas de proyectos relacionados con el agua.

Esta situación se relaciona directamente con la financiación, una cuestión absolutamente crítica, ya que la gestión de los recursos hídricos y los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua han permanecido notoriamente sub financiadas. Aunque hay bastante financiación disponible de los fondos para el cambio climático, la mayor parte de esa financiación se ha destinado a la mitigación y, por lo tanto, no ha sido accesible como fuente de financiación para proyectos relacionados con el agua. Sin embargo, como se describe en los capítulos 3 y 9, una serie de intervenciones de gestión del agua pueden y tienen aspectos tanto de mitigación como de adaptación. Conectar el agua con el cambio climático permitiría a los países aprovechar recursos

adicionales para hacer frente a la amplia superposición entre los desafíos climáticos y hídricos, y mejorar así las perspectivas de alcanzar los objetivos generales de gestión del agua, tal como se describe en el ODS 6.

Como se detalla en el capítulo 12, cada vez hay más oportunidades de integrar de manera más genuina y sistemática la planificación de adaptación y mitigación en las inversiones hídricas, haciendo que estas inversiones y actividades asociadas sean más atractivas para los financiadores del clima. Además, diversas iniciativas relacionadas con el cambio climático relacionadas con el agua, también pueden proporcionar beneficios conjuntos, como la creación de empleo, la mejora de la salud pública (capítulo 5), la reducción de la pobreza (capítulo 11), la promoción de la igualdad de género, la reducción de los gastos de los hogares y el secuestro de carbono, entre otros. Los asentamientos humanos (capítulo 8), la agricultura (capítulo 6), la energía y la industria (capítulo 7) y la reducción del riesgo de desastres (capítulo 4) son todos los sectores críticos en los que la conexión agua-clima puede destacarse como parte de las CDN. Subrayar tales sinergias potenciales como parte del proceso de planificación, cuando corresponda, aumentaría la "capacidad de un proyecto para obtener financiación" cuando se presenta a los financiadores. Más aún cuando se presenta en un marco con "base en resultados" que incorpora modalidades para gestionar riesgos e incertidumbres climáticas y no climáticas.

Además, la inversión en la gestión del agua da sus frutos en términos de una mayor disponibilidad de agua con suficiente calidad y cantidad, y en costes evitados de eventos extremos (capítulo 12). Indirectamente, un entorno más seguro en términos de disponibilidad de agua y resiliencia frente a eventos extremos, proporciona incentivos para el aumento de las inversiones económicas.

#### 14.2.3 Mejorar el conocimiento, la capacidad y la cooperación

A pesar de la creciente evidencia de que el cambio climático está afectando al ciclo hidrológico global, queda mucha incertidumbre al proyectar sus impactos sobre escalas geográficas y temporales más pequeñas (Prólogo). Sin embargo, esta incertidumbre no debe ser vista como una excusa para la inacción. Más bien, debería servir de impulso para ampliar la investigación, promover el desarrollo de herramientas analíticas prácticas y tecnologías innovadoras (capítulo 13), y para desarrollar la capacidad institucional y humana necesaria para fomentar la toma de decisiones informadas y basadas en la ciencia, y así estar preparado según un entorno cambiante.

Como se describe en el capítulo 9, los diferentes sectores y partes interesadas pueden enfrentar varios desafíos con respecto a la gestión del agua y la adaptación y mitigación del cambio climático. Las interrelaciones a menudo fuertes "nexos" entre el agua-clima-energía-alimentos-medioambiente pueden conducir a sinergias y beneficios cruzados en algunos casos, y en otros imponen decisiones difíciles y compensaciones. Por lo tanto, se requieren enfoques abiertos e interdisciplinarios para garantizar que las diversas perspectivas y conocimientos de diferentes disciplinas se incorporen a los análisis e informen durante el proceso de toma de decisiones. Los ejemplos de agricultura de conservación (capítulo 6) y gestión sostenible de la tierra (capítulo 9) demuestran claramente cómo las técnicas de gestión del suelo aplicadas localmente, pueden tener efectos positivos en la disponibilidad de agua y el control de inundaciones a través de una cuenca (adaptación), al mismo tiempo que mejoran el almacenamiento de carbono del suelo (mitigación).

La necesidad de una mayor cooperación entre las comunidades del agua y el clima existe mucho más allá del ámbito de la investigación científica. La desconexión sigue siendo abundantemente clara a nivel de políticas, lo que es más evidente, en el hecho de que el término "agua" está completamente ausente del acuerdo de París (CMNUCC, 2015). Por un lado, es imperativo que la comunidad del cambio climático, y los negociadores del clima en particular, presten mayor atención al papel del agua y reconozcan su importancia central para hacer frente a la crisis del cambio climático. Por otra parte, es igualmente (si no más) esencial que la comunidad del agua centre sus esfuerzos en promover la importancia del agua en términos de adaptación y mitigación, desarrollar propuestas concretas de proyectos relacionados con el agua para su inclusión en las CDN y fortalecer los medios y capacidades para planificar, implementar y monitorear las actividades relacionadas con el agua en las CDN (antes de la revisión de las CDN de 2020 y más allá).



### 14.3 Coda

La combinación de la adaptación y mitigación del cambio climático, a través del agua, es una propuesta de ganar-ganar-ganar. En primer lugar, por supuesto, beneficia la gestión de los recursos hídricos y mejora la prestación de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. En segundo lugar, contribuye directamente a combatir tanto las causas como los impactos del cambio climático, incluida la reducción del riesgo de desastres. En tercer lugar, contribuye, directa e indirectamente, a cumplir varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (hambre, pobreza, salud, energía, industria, acción climática, etc., por no hablar del ODS 6, el objetivo del “agua” en sí) y una serie de otros objetivos globales.

En una era caracterizada por una serie de estudios y artículos “pesimistas y fatales” sobre el cambio climático y otras crisis ambientales mundiales, y a la luz de los reveses percibidos de la reunión de la COP 25, este informe propone una serie de respuestas prácticas, en términos de políticas, financiación y acción sobre el terreno, para apoyar nuestros objetivos colectivos y aspiraciones individuales de lograr un mundo sostenible y próspero para todos.







# Referencias

- 2030 WRG (2030 Grupo de Recursos Mundiales). 2009. *Charting our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-making*. 2030 WRG. [www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/dotcom/client\\_service/sustainability/pdfs/charting%20our%20water%20future/charting\\_our\\_water\\_future\\_full\\_report\\_ashx](http://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/pdfs/charting%20our%20water%20future/charting_our_water_future_full_report_ashx)
- 2030 WRG/PNUD (2030 Grupo de Recursos Mundiales/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2019. *Gender and Water in Agriculture and Allied Sectors: Case Studies from Maharashtra*. 2030 WRG/PNUD. [www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2019/02/Gender-Water-Agriculture-Report\\_Final.-Feb-19.pdf](http://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2019/02/Gender-Water-Agriculture-Report_Final.-Feb-19.pdf)
- Abbott, B. W., Bishop, K., Zarnetske, J. P., Minaudo, C., Chapin, F. S., Krause, S., Hannah, D. M., Conner, L., Ellison, D., Godsey, S. E., Plont, S., Marçais, J., Kolbe, T., Huebner, A., Frei, R. J., Hampton, T., Gu, S., Buhman, M., Sayedi, S. S., Ursache, O., Chapin, M., Henderson, K. D. et Pinay, G. 2019. « Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions ». *Nature Geoscience, (Geociencia de la naturaleza)*, Vol. 12, n° 7, pp. 533–540. doi.org/10.1038/s41561-019-0374-y
- Academia de Ciencia de Australia. 2019. Investigation of the Causes of Mass Fish Kills in the Menindee Region NSW over the Summer of 2018–2019. Canberra, Academia de Ciencia de Australia. [www.science.org.au/files/userfiles/support/reports-and-plans/2019/academy-science-report-mass-fish-kills-digital.pdf](http://www.science.org.au/files/userfiles/support/reports-and-plans/2019/academy-science-report-mass-fish-kills-digital.pdf).
- ACT Alianza. 2018. *A Resource Guide to Climate Finance: An Orientation to Sources of Funds for Climate Change Programmes and Action*. Ginebra, ACT Alianza Secretariat. [actalliance.org/wp-content/uploads/2018/06/ENGLISH-quick-guide-climate-finance.pdf](http://actalliance.org/wp-content/uploads/2018/06/ENGLISH-quick-guide-climate-finance.pdf).
- Adams III, T. E. y Pagano, T. C. (eds.). 2016. *Flood Forecasting: A Global Perspective*. Ámsterdam, Elsevier PA. doi.org/10.1016/B978-0-12-801884-2.09999-0
- Adaptation Fund (Fondo de Adaptación). 2019. *Adaptation Fund Board Approves New Projects and Advances Transition Process to Serve Paris Agreement Smoothly*. Comunicado de Prensa, 21 de marzo de 2019. Fondo de Adaptación. sitio web. [www.adaptation-fund.org/adaptation-fund-board-approves-new-projects-advances-transition-process-serve-paris-agreement-smoothly/](http://www.adaptation-fund.org/adaptation-fund-board-approves-new-projects-advances-transition-process-serve-paris-agreement-smoothly/).
- Adikari, Y. y Yoshitani, J., 2009. *Global Trends in Water-Related Disasters: An Insight for Policymakers*. París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181793](http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181793)
- Aggarwal, P. K., Jarvis, A., Campbell, B. M., Zougmore, R. B., Khatri-Chhetri, A., Vermeulen, S. J., Loboguerrero, A., Sebastian, L. S., Kinyangi, J., Bonilla-Findji, O., Radeny, M., Recha, J., Martínez-Baron, D., Ramirez-Villegas, J., Huyer, S., Thornton, P., Wollenberg, E., Hansen, J., Alvarez-Toro, P., Aguilar-Ariza, A., Arango-Londoño, D., Patiño-Bravo, V., Rivera, O., Ouedraogo, M. y Tan Yen, B. 2018. The climate-smart village approach: Framework of an integrative strategy for scaling up adaptation options in agriculture. *Ecology and Society (Ecología y Sociedad)*, Vol. 23, No.1, pág. 14. doi.org/10.5751/ES-09844-230114
- AIE (Agencia Internacional de la Energía). 2012. *World Energy Outlook 2012*. París OCDE/AIE. doi.org/10.1787/weo-2012-en
- \_\_\_\_\_. 2015. *Energy and Climate Change: World Energy Outlook Special Report*. París, OCDE/AIE.
- \_\_\_\_\_. 2016. *World Energy Outlook 2016*. París, OCDE/AIE. [www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2016\\_weo-2016-en](http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2016_weo-2016-en)
- \_\_\_\_\_. 2017a. *Tracking Clean Energy Progress 2017*. París, OCDE/AIE.
- \_\_\_\_\_. 2017b. *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2017 París* Publicaciones de la OCDE. doi.org/10.1787/co2\_fuel-2017-en.
- \_\_\_\_\_. 2018. *World Energy Outlook 2018*. París, IEA, IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). s.f. *Water Futures and Solutions*. sitio web de IIASA. [www.iiasa.ac.at/web/home/research/wfas/water-futures.html](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/wfas/water-futures.html).
- Allen, C. y Stankey, G. H. (eds.). 2009. *Adaptive Environmental Management. A Practitioner's Guide*. Dordrecht, Países Bajos, Springer.
- Alqaisi, O., Ndambi, O. A., Mohi Uddin, M. y Hemme, T. 2010. Current situation and the development of the dairy industry in Jordan, Saudi Arabia, and Syria. *Tropical Animal Health and Production (Salud de los Animales Tropicales y Producción)*, Vol. 42, No. 6, págs. 1063–1071. doi.org/10.1007/s11250-010-9553-y
- Altchenko, Y. y Villholth, K. G. 2015. Mapping irrigation potential from renewable groundwater in Africa – A quantitative hydrological approach. *Hydrology and Earth System Science (Hidrología y Ciencia del Sistema Tierra)*, Vol.19, págs. 1055–1067. doi.org/10.5194/hess-19-1055-2015
- Amarnath, G. 2017. *Investing in Disaster Resilience: Risk Transfer through Flood Insurance in South Asia*. Presentación en el Taller sobre el riesgo de desastres específico para Asia meridional y sudoccidental, 30–31 de octubre de 2017, Katmandú. [www.unescap.org/sites/default/files/Session\\_4\\_Giriraj\\_Amarnath\\_Investing\\_in\\_Disaster\\_Resilience.pdf](http://www.unescap.org/sites/default/files/Session_4_Giriraj_Amarnath_Investing_in_Disaster_Resilience.pdf).
- Amarnath, G. y Sikka, A. 2018. Satellite data offers new hope for flood-stricken farmers in India. *Asia Insurance Review (Revista de Seguros de Asia)*, págs. 80–82.
- Amarnath, G., Kalanithy, V. y Agarwal, A. 2017. Satellite imagery+crop insurance=farmers gain. *Geospatial World (Mundo Geoespacial)*, Vol. 7, No. 3, págs. 58–61.

- Anacondas, L. 2019. Major crops facing drier conditions without reductions in greenhouse emissions, Major crops facing wetter conditions without reduction in greenhouse emissions. Infografía. CIAT (Centro Internacional para la Agricultura Tropical). [blog.ciat.cgiar.org/dramatic-rainfall-changes-for-key-crops-expected-even-with-reduced-greenhouse-gas-emissions/](http://blog.ciat.cgiar.org/dramatic-rainfall-changes-for-key-crops-expected-even-with-reduced-greenhouse-gas-emissions/)
- Andrews, M., Berardo, P. y Foster, D. 2011. The sustainable industrial water cycle – A review of economics and approach. *Water Science and Technology: Water Supply (Ciencia y tecnología del agua: suministro de agua)*, Vol. 11; No. 1, págs. 67–77. doi.org/10.2166/ws.2011.010
- Angeloudis, A., Ahmadian, R., Falconer, R. A. y Bockelmann-Evans, B. 2016. Numerical model simulations for optimisation of tidal lagoon schemes. *Applied Energy (Energía Aplicada)*, Vol. 165, págs. 522–536. doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.079
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A. y Lunn, D. 2014. Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy (Política Energética)*, Vol. 69, págs. 43–56. doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.069.
- Apel, M., McDonnell, L., Moynihan, J., Simon, D. y Simon-Brown, V. 2010. *Climate Change Handbook: A Citizen's Guide to Thoughtful Action*. Contribuciones en Educación y Difusión Serie (CEO). Corvallis (Oregon), Universidad Estatal de Oregon.
- APFM (Programa Asociado de Gestión de Crecidas). 2007. *Formulating a Basin Flood Management Plan: A Tool for Integrated Flood Management*. Documento Técnico APFM No. 6, Serie de Herramientas de Gestión de Crecidas. Organización Meteorológica Mundial/Asociación Mundial para el Agua (OMM/GWP). [www.apfm.info/pdf/ifm\\_tools/Tools\\_Basin\\_Flood\\_Management\\_Plan.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_tools/Tools_Basin_Flood_Management_Plan.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2013a. *Risk Sharing in Flood Management*. Documento Técnico APFM No. 8, Herramientas de Gestión de Crecidas. Organización Meteorológica Mundial/Asociación Mundial para el Agua (OMM/GWP). [www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM\\_Tool\\_08.pdf](http://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_08.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2013b. *Flood Forecasting and Early Warning*. Documento Técnico No. 19, Herramientas de Gestión de Crecidas. Organización Meteorológica Mundial/Asociación Mundial para el Agua (OMM/GWP). [www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM\\_Tool\\_19.pdf](http://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_19.pdf).
- AQUASTAT. 2010. *Global Water Withdrawal*. sitio web AQUASTAT. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/image/WithTimeNoEvap\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/image/WithTimeNoEvap_eng.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2014. Infographics. AQUASTAT sitio web. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/index2.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/index2.stm).
- \_\_\_\_\_. s.f. AQUASTAT – FAO's Global Information System on Water and Agriculture. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [www.fao.org/aquastat/en/](http://www.fao.org/aquastat/en/).
- Asadieh, B. y Krakauer, N. Y. 2017. Global change in streamflow extremes under climate change over the 21st century. *Hydrology and Earth System Science (Hidrología y Ciencia del Sistema Tierra)*, Vol. 21, págs. 5863–5874. doi.org/10.5194/hess-21-5863-2017.
- Avellán, T. y Gremillion, P. 2019. Constructed wetlands for resource recovery in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews (Reseña de energías renovables y sostenibles)*, Vol. 99, págs. 42–57. doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.024.
- Ayers, J., Huq, S., Wright, H., Faisal, A. M. y Hussain, S. T. 2014. Mainstreaming climate change adaptation into development in Bangladesh. *Climate and Development (Clima y Desarrollo)*, Vol. 6, No. 4, págs. 293–305. doi.org/10.1080/17565529.2014.977761
- Bakker, M. H. N. 2009a. Transboundary river floods: Examining countries, international river basins and continents. *Water Policy (Políticas sobre el Agua)*, Vol. 11, págs. 269–288. doi.org/10.2166/wp.2009.041.
- \_\_\_\_\_. 2009b. Transboundary river floods and institutional capacity. *Revista de la Asociación Americana de Recursos Hídricos (JAWRA)* Vol. 45, No. 3, págs. 553–566. doi.org/10.1111/j.1752-1688.2009.00325.x.
- Banco Mundial. 2016a. *High and Dry. Climate Change, Water and the Economy (Agua y Economía)*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665](http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665).
- \_\_\_\_\_. 2016b. *Poverty and Shared Prosperity 2016: Taking on Inequality*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25078](http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25078). License: CC BY 3.0 IGO.
- \_\_\_\_\_. 2016c. *Blended Financing for the Expansion of the As-Samra Wastewater Treatment Plant in Jordan*. Washington, DC, Banco Mundial. [documents.worldbank.org/curated/en/959621472041167619/pdf/107976-Jordan.pdf](http://documents.worldbank.org/curated/en/959621472041167619/pdf/107976-Jordan.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017a. *Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa*. Overview booklet. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/27659/211144ov.pdf](http://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/27659/211144ov.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017b. *Greenhouse Gases from Reservoirs Caused by Biogeochemical Processes*. Washington, DC, Banco Mundial. doi.org/10.1596/29151.
- \_\_\_\_\_. 2017c. *Climate Resilience in Africa: The Role of Cooperation around Transboundary Waters*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29388](http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29388).
- \_\_\_\_\_. 2017d. *Results-Based Climate Finance in Practice: Delivering Climate Finance for Low-Carbon Development*. Washington, DC, Grupo del Banco Mundial. [documents.worldbank.org/curated/en/410371494873772578/Results-based-climate-finance-in-practice-delivering-climate-finance-for-low-carbon-development](http://documents.worldbank.org/curated/en/410371494873772578/Results-based-climate-finance-in-practice-delivering-climate-finance-for-low-carbon-development).
- \_\_\_\_\_. 2018a. *Assessment of the State of Hydrological Services in Developing Countries*. Washington, DC, Banco Mundial. [www.gfdr.org/sites/default/files/publication/state-of-hydrological-services\\_web.pdf](http://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/state-of-hydrological-services_web.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2018b. *World Bank Group Announces \$200 Billion over Five Years for Climate Action*. Comunicado de Prensa, 3 December 2018. [www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/12/03/world-bank-group-announces-200-billion-over-five-years-for-climate-action](http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/12/03/world-bank-group-announces-200-billion-over-five-years-for-climate-action).

- \_\_\_\_\_. 2018c. *Launch of the Global Green Bond Partnership: Scaling Finance for Subnational and Corporate Climate Action through Green Bonds*. Comunicado de Prensa. 13 de septiembre de 2018. [www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/09/13/launch-of-the-global-green-bond-partnership](http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/09/13/launch-of-the-global-green-bond-partnership).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Financing Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Preparing Bankable Projects*. Water Global Practice Discussion Paper. Washington, DC, Banco Mundial. [documents.worldbank.org/curated/en/172091548959875335/Financing-Climate-Change-Adaptation-in-Transboundary-Basins-Preparing-Bankable-Projects](https://documents.worldbank.org/curated/en/172091548959875335/Financing-Climate-Change-Adaptation-in-Transboundary-Basins-Preparing-Bankable-Projects)
- Banco Mundial/CFI/MIGA (Banco Mundial/Cooperación Financiera Internacional/Multilateral Investment Guarantee Agency). 2016. *Grupo del Banco Mundial Climate Change Action Plan 2016-2020*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24451](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24451).
- Baraer, M., McKenzie, J., Mark, B. G., Gordon, R., Bury, J., Condom, T., Gomez, J. Knox, S. y Fortner, S. K. 2015. Contribution of groundwater to the outflow from ungauged glacierized catchments: A multi-site study in the tropical Cordillera Blanca, Perú. *Procesos Hidrológicos*, Vol. 29, No. 11, págs. 2561–2581. [doi.org/10.1002/hyp.10386](https://doi.org/10.1002/hyp.10386).
- Barber, M. y Jackson, S. 2014. Autonomy and the intercultural: Interpreting the history of Australian Aboriginal water management in the Roper River catchment, Northern Territory. *Revista del Real Instituto Antropológico*, Vol. 20, No. 4, págs. 670–693. [doi.org/10.1111/1467-9655.12129](https://doi.org/10.1111/1467-9655.12129).
- Barton, D. 2011. Capitalismo a largo plazo. *Harvard Business Review (Revista de Negocios de Harvard)*, marzo de 2011. [hbr.org/2011/03/capitalism-for-the-long-term](https://hbr.org/2011/03/capitalism-for-the-long-term).
- BASeD (Banco de Desarrollo de Asia). 2016. *Asian Water Development Outlook 2016: Strengthening Water Security in Asia and the Pacific*. Manila, BASeD [www.adb.org/publications/asian-water-development-outlook-2016](http://www.adb.org/publications/asian-water-development-outlook-2016).
- Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C. M. y Crowther, T. W. 2019. The global tree restoration potential. *Science (Ciencia)*, Vol. 365, No. 6448, págs. 76–79. [doi.org/10.1126/science.aax0848](https://doi.org/10.1126/science.aax0848).
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. y Palutikof, J. P. (eds.). 2008. *Climate Change and Water*. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Ginebra, IPCC Secretariat. [www.ipcc.ch/publication/climate-change-and-water-2/](http://www.ipcc.ch/publication/climate-change-and-water-2/).
- Batisha, A. F. 2012. Hydrology of Nile River Basin in the Era Climate Change. *Ingeniería de Sistemas de Riego y Drenaje*, S5:e001.
- Beaulieu, J. J., DelSontro, T. y Downing, J. A. 2019. Eutrophication will increase methane emissions from lakes and impoundments during the 21st century. *Comunicaciones de Naturaleza*, Vol. 10, No. 1375.
- Bellprat, O., Lott, F. C., Gulizia, C., Parker, H. R., Pampuch, L. A., Pinto, I., Ciavarella, A. y Stott, P. A. 2015. Unusual past dry and wet rainy seasons over Southern Africa and South America from a climate perspective. *Weather and climate extremes (Clima y extremos climáticos)*, Vol. 9, págs. 36–46. [doi.org/10.1016/j.wace.2015.07.001](https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.07.001).
- Biofuel. s.f.a. *Biofuels, Greenhouse Gases, and other Environmental Impacts*. sitio web Biofuel (Biocombustibles). [biofuel.org.uk/greenhouse-gas-emissions.html](http://biofuel.org.uk/greenhouse-gas-emissions.html).
- \_\_\_\_\_. s.f.b. *Disadvantages of Biofuels*. Biofuel sitio web. [biofuel.org.uk/disadvantages-of-biofuels.html](http://biofuel.org.uk/disadvantages-of-biofuels.html).
- Birkmann, J. y Von Teichman, K. 2010. Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: Key challenges—scales, knowledge, and norms. *Sustainability Science (Ciencia de la Sostenibilidad)*, Vol. 5, págs. 171–84. [doi.org/10.1007/s11625-010-0108-y](https://doi.org/10.1007/s11625-010-0108-y).
- Blöschl, G., Hall, J., Parajka, J., Perdigão, R. A., Merz, B., Arheimer, B., Aronica, G. T., Bilibashi, A., Bonacci, O., Borga, M., Čanjevac, I., Castellarin, A., Chirico, G. B., Claps, P., Fiala, K., Frolova, N., Gorbachova, L., Gül, A., Hannaford, J., Harrigan, S., Kireeva, M., Kiss, A., Kjeldsen, T. R., Kohnová, S., Koskela, J. J., Ledvinka, O., Macdonald, N., Mavrova-Guirguinova, M., Mediero, L., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Murphy, C., Osuch, M., Ovcharuk, V., Radevski, I., Rogger, M., Salinas, J. L., Sauquet, E., Šraj, M., Szolgay, J., Viglione, A., Volpi, E., Wilson, D., Zaimi, K. y Živković, N. 2017. Changing climate shifts timing of European floods. *Science (Ciencia)*, Vol. 357, No. 6351, págs. 588–590. [doi.org/10.1126/science.aan2506](https://doi.org/10.1126/science.aan2506).
- Blunden, J., Arndt, D. S. y Hartfield, G. (eds). 2018. State of the Climate in 2017. *Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense*, Vol. 99, No. 8, págs. Si–S332. [doi.org/10.1175/2018BAMSStateoftheClimate.1](https://doi.org/10.1175/2018BAMSStateoftheClimate.1).
- Blumenfeld, S., Lu, C., Christophersen, T. y Coates, D. 2009. *Water, Wetlands and Forests: A Review of Ecological, Economic and Policy Linkages*. CBD Serie Técnica No. 47. Montreal, Québec./Gland, Suiza, Secretaría del Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés)/Secretaría de la Convención de Ramsar sobre Humedales. [www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-47-en.pdf](http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-47-en.pdf).
- Böhlke, J.-K. 2002. Groundwater recharge and agricultural contamination. *Revista de Hidrogeología*, Vol. 10, No. 1, págs. 153–179. [doi.org/10.1007/s10040-001-0183-3](https://doi.org/10.1007/s10040-001-0183-3).
- Boucher, M., Jackson, T., Mendoza, I. y Snyder, K. 2010. *Public Perception of Windhoek's Drinking Water and its Sustainable Future: A Detailed Analysis of the Public Perception of Water Reclamation in Windhoek, Namibia*. Worcester, Massachusetts, Estados Unidos, Instituto Politécnico de Worcester (WPI, por sus siglas en inglés). [web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050411-142637/unrestricted/FinalIQRReport.pdf](http://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050411-142637/unrestricted/FinalIQRReport.pdf).
- Branche, E. 2015. Multipurpose Water Uses of Hydropower Reservoirs. París/Marsella, Francia, *Électricité de France* (EdF, por sus siglas en francés)/Consejo Mundial del Agua.
- Briceño, S. 2015. Looking back and beyond Sendai: 25 years of international policy experience on disaster risk reduction. *Revista Internacional del Riesgo de Desastres, Ciencias* Vol. 6, No. 1, págs. 1–7. [doi.org/10.1007/s13753-015-0040-y](https://doi.org/10.1007/s13753-015-0040-y).
- Browder, G., Ozment, S., Rehberger Bescos, I., Gartner, T. y Lange, G. M. 2019. *Integrating Green and Grey: Creating Next Generation Infrastructure*. Washington, DC, Banco Mundial/Instituto Mundial de Recursos (WRI, por sus siglas en inglés). [www.wri.org/publication/integrating-green-gray](http://www.wri.org/publication/integrating-green-gray).

- Brown, C., Werick, W., Leger, W. y Fay, D. 2011. A decision-analytic approach to managing climate risks: Application to the upper Great Lakes. *Revista de la Asociación Americana de Recursos Hídricos*, Vol. 47, No.3, págs. 524–534. doi.org/10.1111/j.1752-1688.2011.00552.x.
- Bryson, J. M., Quick, K. S., Slotterback, C. S. y Crosby, B. C. 2012. Designing public participation processes. *Revista de la Administración Pública*, Vol. 73, No. 1, págs. 23–34. doi.org/10.1111/j.1540-6210.2012.02678.x.
- Burchi, S. 2019. The future of domestic water law: Trends and developments revisited, and where reform is headed. *Water International (Agua Internacional)*, Vol. 44, No. 3, pp 258–277. doi.org/10.1080/02508060.2019.1575999.
- Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. y Wiberg, D. 2016. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Informe final)*. IIASA Documento de Trabajo No. WP-16-006. Laxenburg, Austria, Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA, por sus siglas en inglés). pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13008/1/WP-16-006.pdf.
- Butterworth, J., Warner, J., Moriarty, P., Smits, S. y Batchelor, C. 2010. Encontrar enfoques prácticos para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. *Alternativas del Agua*, Vol. 3, No. 1, págs. 68–81.
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F. y Tobon, C. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Ecología Global y Biogeografía*, Vol. 20, págs. 19–33. doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x.
- Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T.C., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D. M., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T. S., Tilahun, S., Van Hecken, G. y Zhurmanova, M. 2014. Citizen science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Fronteras en Ciencia de la Tierra*, Vol. 2, Artículo 26. doi.org/10.3389/feart.2014.00026.
- Buytaert, W., Moulds, S., Acosta, L., De Bièvre, B., Olmos, C., Villacis, M., Tovar, C. y Verbist, K. 2017. Glacial melt content of water use in the tropical Andes. *Cartas de Investigación Ambiental*, Vol. 12, No. 11. doi.org/10.1088/1748-9326/aa926c
- C40 Ciudades. 2018. *Restoring the flow*. sitio web C40 Ciudades. www.c40.org/other/the-future-we-don-t-want-restoring-the-flow.
- Consejo de Ministros de Ucrania. 2016. *Koncepciya realizaciyi derzhavnoyi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku* [Concepto de la implementación de la política estatal de cambio climático hasta 2030]. (en ucraniano).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Plan de Acción Gubernamental Prioritario a Mediano Plazo a 2020*. assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_data/file/625352/ukraine-government-priority-action-plan-to-2020.pdf.
- Cabrera, P., Carta, J. A., González, J. y Melián, G. 2017. Artificial neural networks applied to manage the variable operation of a simple seawater reverse osmosis plant. *Desalination (Desalinización)*, Vol. 416, No. 15, págs. 140–156. doi.org/10.1016/j.desal.2017.04.032.
- Cain, A. 2017. *Water Resource Management under a Changing Climate in Angola's Coastal Settlements*. Documento de Trabajo – octubre de 2017. Londres, Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo (IIED, por sus siglas en inglés). pubs.iied.org/pdfs/10833IIED.pdf.
- Calder, R. S. D., Schartup, A. T., Li, M., Valberg, A. P., Balcom, P. H. y Sunderland, E. M. 2016. Future impacts of hydroelectric power development on methylmercury exposures of Canadian indigenous communities. *Ciencia y Tecnología Ambiental*, Vol. 50, No. 23, págs. 13115–13122. doi.org/10.1021/acs.est.6b04447.
- Capehart, M. A. 2015. *Drought Diminishes Hydropower Capacity in Western U.S.* Tucson, Arizona, EE.UU., Centro de Investigación de Recursos Hídricos, Universidad de Agricultura y Ciencias de la Vida, Extensión Cooperativa, Universidad de Arizona. wrcc.arizona.edu/drought-diminishes-hydropower.
- Cap-Net PNUD/WaterLex/PNUD-SIWI WGF (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Instituto Internacional del Agua de Estocolmo/ Fondo para Gobernanza del Agua)/REDICA. 2017. *Human Rights-Based Approach to Integrated Water Resources Management: Training Manual and Facilitator's Guide*. Rio de Janeiro, Brasil, Cap-Net PNUD. www.wateregovernance.org/wp-content/uploads/2017/01/Cap-Net-WGF-REDICA-WaterLex-2017-HRBA-to-IWRM\_Final-Manual.pdf.
- Cap-Net PNUD/UNITAR (Instituto de las Naciones Unidas para la Formación y la Investigación)/REDICA/OMM (Organización Meteorológica Mundial)/ONU Medio Ambiente-DHI/IHE-Delft (Instituto Delft para la Educación del Agua). 2018. *Adaptación al Cambio Climático y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. Cap-Net PNUD. www.cap-net.org/wp-content/uploads/2019/01/Cap-Net-CCA-and-IWRM.pdf.
- Carlson, T. y Cohen, A. 2018. Linking community-based monitoring to water policy: Perceptions of citizen scientists. *Revista de Gestión Ambiental*, Vol. 219, 2018, págs. 168–177. doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.077.
- Carson, A., Windsor, M., Hill, H., Haigh, T., Wall, N., Smith, J., Olsen, R., Bathke, D., Demir, I. y Muste, M. 2018. Serious gaming for participatory planning of multi-hazard mitigation. *Revista Internacional de Gestión de Cuencas De Río*, Vol. 16, No. 3, págs. 379–391. doi.org/10.1080/15715124.2018.1481079.
- Carvalho, L., Mackay, E. B., Cardoso, A. C., Baattrup-Pedersen, A., Birk, S., Blackstock, K. L., Borics, G., Borja, A., Feld, C. K., Ferreira, M. T., Globevnik, L., Grizzetti, B., Hendry, S., Hering, D., Kelly, M., Langaas, S., Meissner, K., Panagopoulos, Y., Penning, E., Rouillard, J., Sabater, S., Schmedtje, U., Spears, B. M., Venohr, M., Van de Bund, W. y Lyche Solheim, A. 2019. Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive. *Science of the Total Environment (Ciencia del Medio Ambiente Total)*, Vol. 658, págs. 1228–1238. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.255.
- CDKN (Red de Conocimientos sobre Clima y Desarrollo, por sus siglas en inglés). 2012. *Managing Climate Extremes and Disasters in Africa: Lessons from the IPCC SREX Report*. CDKN. cdkn.org/wp-content/uploads/2012/11/SREX-Lessons-for-Africa-revised-final-copy-1.pdf.
- CDP. (antes el Proyecto de Revelación de Carbono, por sus siglas en inglés) 2016. *Thirsty Business: Why Water is Vital to Climate Action*. 2016



- Annual Report of Corporate Water Disclosure. Londres, CDP. [www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2016](http://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2016).
- \_\_\_\_\_. 2017a. *A Turning Tide: Tracking Corporate Action on Water Security*. CDP Reporte del Agua Global de 2017. Londres, CDP. [www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2017](http://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2017).
- \_\_\_\_\_. 2017b. *The Carbon Majors Database: CDP Carbon Majors Report 2017*. Londres, CDP. [www.cdp.net/en/articles/media/new-report-shows-just-100-companies-are-source-of-over-70-of-emissions](http://www.cdp.net/en/articles/media/new-report-shows-just-100-companies-are-source-of-over-70-of-emissions).
- \_\_\_\_\_. 2018. *Treading Water: Corporate Responses to Rising Water Challenges*. Reporte del Agua Global de 2018 CDP. Londres, CDP. [www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2018](http://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2018).
- \_\_\_\_\_. s.f. Cities A List. CDP sitio web. [www.cdp.net/en/cities/cities-scores#131739b6dfa66af3342e03d72a84af0e](http://www.cdp.net/en/cities/cities-scores#131739b6dfa66af3342e03d72a84af0e).
- CE (Comisión Europea). 2018. *Commission Staff Working Document – Evaluation of the EU Strategy on Adaptation to Climate Change – Accompanying the Document: Report from the Commission to the European Parliament and Council on the Implementation of the EU Strategy on Adaptation to Climate Change*. Brussels, EC. [ec.europa.eu/info/sites/info/files/swd\\_evaluation-of-eu-adaptation-strategy\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/info/sites/info/files/swd_evaluation-of-eu-adaptation-strategy_en.pdf).
- CE (Comisión Europea) s.f. *Water Reuse – An Action Plan within the Circular Economy*. sitio web de la Comisión Europea. [ec.europa.eu/environment/water/reuse-actions.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/reuse-actions.htm).
- CEDAW (Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer). 2018. *General Recommendation No. 37 on Gender-Related Dimensions of Disaster Risk Reduction in the Context of Climate Change*. CEDAW/C/GC/37. [tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/1\\_Global/CEDAW\\_C\\_GC\\_37\\_8642\\_E.pdf](http://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/1_Global/CEDAW_C_GC_37_8642_E.pdf).
- CEO Water Mandate (CEO Mandato por el Agua). 2014. *Driving Harmonization of Water-Related Terminology*. [ceowatermandate.org/disclosure/resources/driving/](http://ceowatermandate.org/disclosure/resources/driving/).
- CEPA/ACPC (Comisión Económica de las Naciones Unidas para África, por sus siglas en inglés /Centro Africano de Políticas Climáticas, por sus siglas en inglés). 2019. *Programa de Estrategia de la Investigación climática para el desarrollo en África (2019–2023)*. Addis Ababa, CEPA/ACPC. [www.uneca.org/publications/climate-research-development-africa-programme-strategy-2019%E2%80%932023](http://www.uneca.org/publications/climate-research-development-africa-programme-strategy-2019%E2%80%932023).
- CEPAL (United Nations Economic Commission for Latin America y the Caribbean). 2018. *Atlas of Migration in Northern Central America*. Santiago, CEPAL. [www.cepal.org/en/publications/44288-atlas-migration-northern-central-america](http://www.cepal.org/en/publications/44288-atlas-migration-northern-central-america).
- CEPE (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa). 1998. *Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters*. Aarhus, Dinamarca, 25 de junio de 1998. [www.unece.org/env/pp/treatytext.html](http://www.unece.org/env/pp/treatytext.html).
- \_\_\_\_\_. 2009. *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. Ginebra, Naciones Unidas. [www.unece.org/index.php?id=11658](http://www.unece.org/index.php?id=11658).
- \_\_\_\_\_. 2015. *Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices*. Ginebra, Naciones Unidas. [www.unece.org/index.php?id=39417](http://www.unece.org/index.php?id=39417).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Cost-Benefit Analysis of the Adaptation Measures for the Chu-Talas Basin Based on the Consultations with the Chu-Talas Water Commission and its Dedicated Working Groups within the Project Enhancing Climate Resilience and Adaptive Capacity in the Transboundary Chu-Talas Basin*. Sin publicar.
- \_\_\_\_\_. 2018a. *A Nexus Approach to Transboundary Cooperation: The Experience of the Water Convention*. Ginebra, Naciones Unidas. [www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT\\_NONE\\_12\\_Nexus/SummaryBrochure\\_Nexus\\_Final-rev2\\_forWEB.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_NONE_12_Nexus/SummaryBrochure_Nexus_Final-rev2_forWEB.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018b. *Progress on Transboundary Water Cooperation under the Water Convention – Report on implementation of the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes*. Nueva York/Ginebra, Naciones Unidas. [www.unece.org/environmental-policy/conventions/water/envwaterpublicationspub/envwaterpublicationspub74/2018/progress-on-transboundary-water-cooperation-under-the-water-convention/doc.html](http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/water/envwaterpublicationspub/envwaterpublicationspub74/2018/progress-on-transboundary-water-cooperation-under-the-water-convention/doc.html).
- \_\_\_\_\_. s.f. *Transboundary Cooperation in Chu and Talas River Basin*. sitio web de CEPE. [www.unece.org/env/water/centralasia/chutalas.html#c65768](http://www.unece.org/env/water/centralasia/chutalas.html#c65768).
- CEPE/OMS Oficina Regional para Europa (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa/Organización Mundial de la Salud Oficina Regional para Europa). 2011. *Guidance on Water Supply and Sanitation in Extreme Weather Events*. Copenhague, OMS Oficina Regional para Europa. [www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0016/160018/WHOGuidanceFVLR.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0016/160018/WHOGuidanceFVLR.pdf).
- CEPE/PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa). 2018. *Transboundary Diagnostic Analysis for the Chu-Talas Basin*. Sin publicar.
- CEPE/RIOC (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa/Red Internacional de Organizaciones de Cuenca). 2015. *Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices*. Ginebra/París, Naciones Unidas, RIOCI. [www.unece.org/index.php?id=39417](http://www.unece.org/index.php?id=39417).
- CEPE/UNDRR (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa/Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, por sus siglas en inglés). 2018. *Words into Action Guidelines: Implementation Guide for Addressing Water-Related Disasters and Transboundary Cooperation. Integrating Disaster Risk Management with Water Management and Climate Change Adaptation*. Ginebra, Naciones Unidas. [www.unisdr.org/files/61173\\_ecomp.wat56.pdf](http://www.unisdr.org/files/61173_ecomp.wat56.pdf).
- CEPE/UNESCO/ONU-Agua (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura/ONU-Agua). 2018. *Progress on Transboundary Water Cooperation: Global Baseline for SDG Indicator 6.5.2*. Nueva York/París, Naciones Unidas, UNESCO. [www.unwater.org/publications/progress-on-transboundary-water-cooperation-652/](http://www.unwater.org/publications/progress-on-transboundary-water-cooperation-652/).

- CESPAO (Comisión Económica y Social para Asia Occidental de las Naciones Unidas). 2018. *Documento de resultados*. Reunión Preparatoria Regional sobre Cuestiones del Agua para el Foro Árabe 2018 sobre Desarrollo Sostenible y Foro Político de Alto Nivel. Beirut, 28-29 de marzo de 2018. [www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/events/files/outcome\\_document\\_on\\_water\\_issues\\_for\\_2018\\_afsdhlpf\\_english.pdf](http://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/events/files/outcome_document_on_water_issues_for_2018_afsdhlpf_english.pdf).
- CESPAO/ACSAD/FAO/GIZ/LAS/SMHI/ONU Medio Ambiente/UNESCO/UNDRR/ONU-INWEH/OMM (Comisión Económica y Social para Asia Occidental de las Naciones Unidas/ Centro Árabe para el Estudio de las Zonas y las Tierras Áridas, por sus siglas en inglés/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés/Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Corporación Alemana para la Cooperación Internacional) /Liga de los Estados Árabes, por sus siglas en inglés/Instituto Meteorológico y Hidrológico Sueco, por sus siglas en inglés/ONU Medio Ambiente/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura/Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, por sus siglas en inglés /Universidad de las Naciones Unidas Instituto para el Agua, Medio ambiente y Salud, por sus siglas en inglés /Organización Meteorológica Mundial). 2017. *Arab Climate Change Assessment Report – Main Report*. Beirut, CESPAO. [www.unescwa.org/publications/riccar-arab-climate-change-assessment-report](http://www.unescwa.org/publications/riccar-arab-climate-change-assessment-report).
- CESPAO/BGR (Comisión Económica y Social para Asia Occidental de las Naciones Unidas/Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). 2013. *Inventario de recursos hídricos compartidos en Asia occidental*. CESPAO/BGR. [waterinventory.org/](http://waterinventory.org/).
- CESPAO/OIM (Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia Occidental/ Organización Internacional para las Migraciones). 2017. *2017 Situation Report on International Migration: Migration in the Arab Region and the 2030 Agenda for Sustainable Development*. CESPAO/OIM. [www.unescwa.org/publications/2017-situation-report-international-migration](http://www.unescwa.org/publications/2017-situation-report-international-migration).
- CESPAP (Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico). 2018. *Population Dynamics, Vulnerable Groups and Resilience to Climate Change and Disasters*. Nota de la secretaría.
- CESPAP Midterm Review of the Asian and Pacific Ministerial Declaration on Population and Development, Bangkok, 26–28 de noviembre de 2018.
- CESPAP /APPC/2018/4. Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas(ECOSOC, por sus siglas en inglés). [www.unescap.org/sites/default/files/ESCAP-APPC-2018-4%20%28EN%29.pdf](http://www.unescap.org/sites/default/files/ESCAP-APPC-2018-4%20%28EN%29.pdf).
- CESPAP/BAsD/PNUD (Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico/Banco Asiático de Desarrollo/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. *Transformation towards Sustainable and Resilient Societies in Asia and the Pacific*. Bangkok, CESPAP/ BAsD/PNUD. [www.unescap.org/publications/transformation-towards-sustainable-and-resilient-societies-asia-and-pacific](http://www.unescap.org/publications/transformation-towards-sustainable-and-resilient-societies-asia-and-pacific).
- CESPAP/UNESCO/OIT/ONU Medio Ambiente/FAO/ONU-Agua (Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura/Organización Internacional de las Naciones Unidas/ONU Medio Ambiente/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ONU-Agua). 2018. *SDG Goal Profile – 6: Clean Water and Sanitation. Ensuring Availability and Sustainable Management of Water and Sanitation for All*. CESPAP/UNESCO/OIT/ONU Medio Ambiente/FAO/ONU-Agua.
- Changnon Jr., S. A. 1987. *Detecting Drought Conditions in Illinois*. Circular No. 169. Estado de Illinois, Departamento de Energía y Recursos Naturales. Champaign, Ill., EE.UU., Encuesta sobre el Agua del Estado de Illinois. [www.isws.illinois.edu/pubdoc/C/ISWSC-169.pdf](http://www.isws.illinois.edu/pubdoc/C/ISWSC-169.pdf).
- Chanza, N. y De Wit, A. 2016. Enhancing climate governance through indigenous knowledge: Case in sustainability science. *South African Journal of Science (Revista de Ciencia de Sudáfrica)*, Vol. 112, No. 3/4. doi.org/10.17159/sajs.2016/20140286.
- Chapra, S. C., Boehlert, B., Fant, C., Bierman, V. J., Henderson, J., Mills, D., Mas, D. M. L., Rennels, L., Jantarasami, L., Martinich, J., Strzepek, K. M. y Paerl, H. W. 2017. Climate change impacts on harmful algal blooms in U.S. freshwaters: A screening-level assessment. *Environmental Science & Technology (Ciencia y Tecnología Ambiental)*, Vol. 51, No. 16, págs. 8933–8943. doi.org/10.1021/acs.est.7b01498.
- Chen, Y., Li, J., Ju, W., Ruan, H., Qin, Z., Huang, Y., Jeelani, N., Padarian, J. y Propastin, P. 2017. Quantitative assessments of water-use efficiency in Temperate Eurasian Steppe along an aridity gradient. *PLOS One*, Vol. 12, No. 7. e0179875. doi.org/10.1371/journal.pone.0179875.
- Cheng, L., Abraham, J., Hausfather, Z. y Trenberth, K. E. 2019. *How fast are the oceans warming?* *Science*, Vol. 363, No. 6423, págs. 128–129. doi.org/10.1126/science.aav7619.
- ChileAgenda2030. s.f. *Sobre la Agenda de Desarrollo Sostenible*. [www.chileagenda2030.gob.cl/agenda-2030/sobre-la-agenda](http://www.chileagenda2030.gob.cl/agenda-2030/sobre-la-agenda). (en español)
- Chong, T. Y., Noh, N. B. M., Poh, L. S. y Choong, M. T. J. 2018. A paradigm shift from upstream reservoir to downstream/coastal reservoirs management in Malaysia to meet SDG6. *HydroLink*, No. 1, págs. 21–25.
- CIE (Centro de Economía Internacional, por sus siglas en inglés). 2014. *Analysis of the Benefits of Improved Seasonal Climate Forecasting for Agriculture*. Canberra, CIE. [www.climatekelpie.com.au/Files/MCV-CIE-report-Value-of-improved-forecasts-agriculture-2014.pdf](http://www.climatekelpie.com.au/Files/MCV-CIE-report-Value-of-improved-forecasts-agriculture-2014.pdf).
- Cifelli, R., Doesken, N., Kennedy, P., Carey, L. D., Rutledge, S. A., Gimmestad, C. y Depue, T. 2005. The Community Collaborative Rain, Hail, and Snow Network: Informal education for scientists and citizens. *Bulletin of The American Meteorological Society (Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense)*, Vol. 86, págs. 1069–1078. doi.org/10.1175/BAMS-86-8-1069.
- Ciudad del Cabo. 2019. *Cape Town Water Strategy: Our Shared Water Future*. [resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/City%20strategies,%20plans%20and%20frameworks/Cape%20Town%20Water%20Strategy.pdf](http://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/City%20strategies,%20plans%20and%20frameworks/Cape%20Town%20Water%20Strategy.pdf).
- Clark, L., Majumdar, S., Bhattacharjee, J. y Hanks, A. C., 2015. Creating an atmosphere for STEM literacy in the rural South through student-collected weather data. *Journal of Geoscience Education (Diario de la Educación Geociencia)*, Vol. 63, No. 2, págs. 105–115. doi.org/10.5408/13-066.1.
- Climate Bonds Initiative (Iniciativa de Bonos Climáticos). 2017. *The Water Criteria: Climate Bonds Standard*. Londres, Climate Bonds Initiative (Iniciativa de Bonos Climáticos). [www.climatebonds.net/files/files/CBI-WaterCriteria-02L.pdf](http://www.climatebonds.net/files/files/CBI-WaterCriteria-02L.pdf).

- \_\_\_\_\_. 2018. *Green Bonds: The State of the Market 2018*. Londres, Climate Bonds Initiative (Iniciativa de Bonos Climáticos). [www.climatebonds.net/resources/reports/green-bonds-state-market-2018](http://www.climatebonds.net/resources/reports/green-bonds-state-market-2018).
- Closas, A. y Rap, E. 2017. Solar-based groundwater pumping for irrigation: Sustainability, policies, and limitations. *Energy Policy (Política Energética)*, Vol. 104, págs. 33–37. doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.035.
- CMNUCC (Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas). 2015. *Acuerdo de París*. Naciones Unidas. [unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2016. *Efecto agregado de las contribuciones determinadas a nivel nacional previstas: una actualización*. Vigésimo segundo período de sesiones de la Conferencia de las Partes. Informe de síntesis de la Secretaría. FCCC/CP/2016/2. Naciones Unidas. [unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf](http://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017. Informe de la Conferencia de las Partes en la vigésimo tercera sesión, en Bonn del 6 al 18 de noviembre de 2017. Adenda – Segunda parte: Acción adoptada por la Conferencia de las Partes en su vigésimo tercer período de sesiones. Decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes. FCCC/CP/2017/11/Add.1.
- \_\_\_\_\_. 2018. *2018 Evaluación bienal y visión general de los flujos de financiación climática: Informe Técnico*. Bonn, Alemania, CMNUCC.
- \_\_\_\_\_. 2019. *Marrakesh Partnership Work Programme for 2019–2020*. [unfccc.int/climate-action/marrakech-partnership-for-global-climate-action](http://unfccc.int/climate-action/marrakech-partnership-for-global-climate-action).
- \_\_\_\_\_. s.f.a. *Glosario de acrónimos y Términos del Cambio Climático*. sitio web de CMNUCC. [unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/glossary-of-climate-change-acronyms-and-terms](http://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/glossary-of-climate-change-acronyms-and-terms).
- \_\_\_\_\_. s.f.b. *National Adaptation Plans (Planes Nacionales de Adaptación)*. sitio web de CMNUCC. [unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/national-adaptation-plans](http://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/national-adaptation-plans).
- Coalición para un Capitalismo Incluyente (Coalition for Inclusive Capitalism). s.f. sitio web de la Coalición para un Capitalismo Incluyente. [www.inc-cap.com/](http://www.inc-cap.com/).
- Cogels, F.-X., Fraboulet-Jussila, S. y Varis, O. 2001. Multipurpose use and water quality challenges in Lac de Guiers (Senegal). *Water Science & Technology (Ciencia y Tecnología del Agua)*, Vol. 44, No. 6, págs. 35–46. doi.org/10.2166/wst.2001.0335.
- Coirolo, C. y Rahman, A. 2014. Power and differential climate change vulnerability among extremely poor people in Northwest Bangladesh: Lessons for mainstreaming. *Climate and Development (Clima y Desarrollo)*, Vol. 6, No. 4, págs. 336–344. doi.org/10.1080/17565529.2014.934774.
- Comisión de Desarrollo Nacional y Reforma de China. 2013. *The National Plan for Addressing Climate Change (2013–2020)*.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Londres/Colombo, Earthscan/Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI, por sus siglas en inglés). [www.iwmi.cgiar.org/assessment/files\\_new/synthesis/Summary\\_SynthesisBook.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/synthesis/Summary_SynthesisBook.pdf).
- Conrad, C. C. y Hilchey, K. G. 2011. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 176, págs. 273–291. doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5.
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural. 2014. *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: Nuestra Guatemala 2032 [K'atun National Development Plan: Our Guatemala 2032]*. Guatemala. [www.undp.org/content/dam/guatemala/docs/publications/undp\\_gt\\_PND\\_Katun2032.pdf](http://www.undp.org/content/dam/guatemala/docs/publications/undp_gt_PND_Katun2032.pdf). (en español)
- Consejo Nacional sobre el Cambio Climático. 2016. *Plan de acción nacional de cambio climático. En cumplimiento del Decreto 7-2013 del Congreso de la República [National Climate Change Action Plan. In Accomplishment of Decree 7-2013 of the Congress of the Republic]*. Guatemala. (en español)
- Conway, D., Van Garderen, E. A., Deryng, D., Dorling, S., Krueger, T., Landman, W., Lankgord, B., Lebek, K., Osborn, T., Ringler, C., Thurlow, J., Zhu, T. y Thurlow, J. 2015. Climate and southern Africa's water–energy–food nexus. *Nature Climate Change (Cambio Climático Naturaleza)*, Vol. 5, No. 9, págs. 837–846. doi.org/10.1038/nclimate2735.
- Conway, D., Dalin, C., Landman, W. A. y Osborn, T. J. 2017. Hydropower plans in eastern and southern Africa increase risk of concurrent climate-related electricity supply disruption. *Nature Energy (Naturaleza Energía)*, Vol. 2, No.12, págs. 946–953. doi.org/10.1038/s41560-017-0037-4.
- Cools, J., Innocenti, D. y O'Brien, S. 2016. Lessons from flood early warning systems. *Environmental Science & Policy (Ciencia Ambiental y políticas)*, Vol. 58, págs. 117–122. doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.006.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. y Savelli, H. (eds.). 2010. *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development: A Rapid Response Assessment*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos/GRID-Arendal (PNUMA/ONU Hábitat/GRID-Arendal). [www.grida.no/publications/218](http://www.grida.no/publications/218).
- Corsi, S. 2019. *Conservation Agriculture: Training Guide for Extension Agents and Farmers in Eastern Europe and Central Asia*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [www.fao.org/3/i7154en/i7154en.pdf](http://www.fao.org/3/i7154en/i7154en.pdf).
- Coughlan de Perez, E., Van den Hurk, B., Van Aalst, M. K., Amuron, I., Bamanya, D., Hauser, T., Jongma, B., Lopez, A., Mason, S., De Suarez, J. M., Pappenberger, F., Rueth, A., Stephens, E., Suarez, P., Wagemaker, J. y Zsoter, E. 2016. Action-based flood forecasting for triggering humanitarian action. *Hydrology and Earth System Science (Hidrología y Ciencia del Sistema Terrestre)*, Vol. 20, págs. 3549–3560. doi.org/10.5194/hess-20-3549-2016.

- CPI (Iniciativa de Política Climática, por sus siglas en inglés). 2018. *Global Climate Finance: An Updated View 2018*. CPI. [climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/11/Global-Climate-Finance\\_-An-Updated-View-2018.pdf](http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/11/Global-Climate-Finance_-An-Updated-View-2018.pdf).
- CRED/UNISDR (Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, por sus siglas en inglés/Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, por sus siglas en inglés). 2015. *The Human Cost of Weather Related Disasters 1995-2015*. Ginebra/Brussels, CRED/UNISDR. [www.unisdr.org/we/inform/publications/46796](http://www.unisdr.org/we/inform/publications/46796).
- CRIDF (Fondo de desarrollo de infraestructura resistente al clima, por sus siglas en inglés). 2018. *What Services can CRIDF offer you?* CRIDF brief No. 2. Pretoria, CRIDF. [cridf.net/RC/wp-content/uploads/2018/04/Extlib10.pdf](http://cridf.net/RC/wp-content/uploads/2018/04/Extlib10.pdf).
- CRS (Servicio de Investigación del Congreso, por sus siglas en inglés). 2018. *Freshwater Harmful Algal Blooms: Causes, Challenges, and Policy Considerations*. Informe de CRS preparado para los Miembros y Comités del Congreso de los Estados Unidos de América, R44871. Washington, CRS. [crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44871](http://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44871).
- Crump, J. (ed.). 2017. *Smoke on Water – Countering Global Threats from Peatly. Loss and Degradation. A UNEP (PNUMA) Rapid Response Assessment*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos/GRID-Arendal (PNUMA/ONU Habitat/GRID-Arendal). [www.grida.no/publications/355](http://www.grida.no/publications/355).
- CSAG (Grupo de Análisis de Sistemas Climáticos, por sus siglas en inglés). s.f. *Big Six Monitor*. Universidad de Ciudad del Cabo. [cip.csag.uct.ac.za/monitoring/bigsix.html](http://cip.csag.uct.ac.za/monitoring/bigsix.html).
- Cumiskey, L., Werner, M., Meijer, K., Fakhruddin, S. H. M. y Hassan, A., 2015. Improving the social performance of flash flood early warnings using mobile services. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment (Revista Internacional de Resiliencia de Desastres en el Entorno Construido)*, Vol. 6, No. 1, págs. 57–72. doi.org/10.1108/IJDRBE-08-2014-0062
- Cuthbert, M. O., Taylor, R. G., Favreau, G., Todd, M. C., Shamsudduha, M., Villholth, K. G., MacDonald, A. M., Scanlon, B. R., Kotchoni, D. O. V., Vouillamoz, J.-M., Lawson, F. M. A., Adjomayi, P. A., Kashaigili, J., Seddon, D., Sorensen, J. P. R., Ebrahim, G. Y., Owor, M., Nyenje, P. M., Nazoumou, Y., Goni, I., Ousmane, B. I., Sibanda, T., Ascott, M. J., Macdonald, D. M. J., Agyekum, W., Koussoubé, Y., Wanke, H., Kim, H., Wada, Y., Lo, M.-H., Oki, T. y Kukuric, N. 2019. Observed controls on resilience of groundwater to climate variability in sub-Saharan Africa. *Nature (Naturaleza)*, No. 572, págs. 230–234. doi.org/10.1038/s41586-019-1441-7
- Dam Removal Europe. s.f. *Mapping Dams in European Rivers*. Dam Removal Europe sitio web. [damremoval.eu/dam-removal-map-europe/](http://damremoval.eu/dam-removal-map-europe/).
- Das, M.B. 2017. *The Rising Tide: A New Look at Water and Gender*. Washington, DC, Grupo del Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27949](http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27949).
- Das Gupta, M. 2013. *Population, Poverty, and Climate Change*. Investigación de políticas Documento de Trabajo No. 6631. Washington, DC, Banco Mundial. [documents.worldbank.org/curated/en/116181468163465130/Population-poverty-and-climate-change](http://documents.worldbank.org/curated/en/116181468163465130/Population-poverty-and-climate-change).
- Da Silva, S. R. S., McJeon, H. C., Miralles-Wilhelm, F., Muñoz Castillo, R., Clarke, L., Delgado, A., Edmonds, J. A., Hejazi, M., Horing, J., Horowitz, R., Kyle, P., Link, R., Patel, P. y Turner, S. 2018. *Energy–Water–Land Nexus in Latin America and the Caribbean: A Perspective from the Paris Agreement Climate Mitigation Pledges*. Documento de Trabajo del BID Serie No. BID-WP-00901. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). [publicaciones.iadb.org/en/energy-water-land-nexus-latin-america-and-caribbean-perspective-paris-agreement-climate-mitigation](http://publicaciones.iadb.org/en/energy-water-land-nexus-latin-america-and-caribbean-perspective-paris-agreement-climate-mitigation).
- Davison, H. 2017. *Flood Early Warning Systems Leave Women Vulnerable*. sitio web GlacierHub. [glacierhub.org/2017/02/09/flood-early-warning-systems-leave-women-vulnerable/](http://glacierhub.org/2017/02/09/flood-early-warning-systems-leave-women-vulnerable/).
- Dazé, A.; Price-Kelly, H. y Rass, N. 2016. *Vertical Integration in National Adaptation Plan (NAP) Processes: A Guidance Note for Linking National and Sub-National Adaptation Processes*. Winnipeg, Ontario, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD por sus siglas en inglés). [www.iisd.org/library/vertical-integration-national-adaptation-plan-nap-processes-guidance-note](http://www.iisd.org/library/vertical-integration-national-adaptation-plan-nap-processes-guidance-note).
- Deemer, B. R., Harrison, J. A., Siyue, L., Beaulieu, J. J., DelSontro, T., Barros, N., Bezerra-Neto, J. F., Powers, S. M., Dos Santos, M. A. y Vonk, J. A. 2016. Greenhouse gas emissions from reservoir water surfaces: A new global synthesis. *BioScience (Biociencia)*, Vol. 66, No. 11, págs. 949–964. doi.org/10.1093/biosci/biw117.
- De Fraiture, C., Giordano, M. y Liao, Y. 2008. Biofuels e implicaciones for agricultural water use: Blue impacts of green energy. *Water Policy (Política de agua)*, Vol. 10, No. S1, págs. 67–81. doi.org/10.2166/wp.2008.054.
- De Klein, J. J. M. y Van der Werf, A. K. 2014. Balancing carbon sequestration and IWRM emissions in a constructed wetland. *Ecological Engineering (Ingeniería Ecológica)*, Vol. 66, págs. 36–42. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.060.
- Demir, I., Yildirim, E., Sermet, Y. y Sit, M. A. 2018. FLOODSS: Iowa flood information system as a generalized flood cyberinfrastructure. *International Journal of River Basin Management (Revista Internacional de Gestión de Cuencas Del Río)*, Vol. 16, No. 3, págs. 393–400. doi.org/10.1080/15715124.2017.1411927.
- Departamento de Planificación y Medio Ambiente del Gobierno de Nueva Gales del Sur. 2017. *State Significant Development Assessment, Springvale Water Treatment Project (SSD 7592)*. Departamento de Planificación y Medio Ambiente de Nueva Gales del Sur. [majorprojects.planningportal.nsw.gov.au/prweb/PRRestService/mp/01/getContent?AttachRef=SSD-7592%2120190227T234230.096%20GMT](http://majorprojects.planningportal.nsw.gov.au/prweb/PRRestService/mp/01/getContent?AttachRef=SSD-7592%2120190227T234230.096%20GMT).
- Desbureaux, S. y Rodella, A. S. 2019. Drought in the city: The economic impact of water scarcity in Latin American metropolitan areas. *World Development (Desarrollo Mundial)*, Vol. 114, págs. 13–27. doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.026.
- De Vries, T. T., Anwar, A. A. y Bhatti, M. T. 2017. Canal operations planner. III: Minimizing inequity with delivery performance ratio relaxation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (Revista de Ingeniería de Riego y Drenaje)*, Vol. 143, No. 9. doi.org/10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001218.



- Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, L., Phillips, T. y Purcell, K., 2012. The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and Environment (Fronteras en Ecología y Medio Ambiente)*, Vol. 10, No. 6, págs. 291–297. doi.org/10.1890/110236.
- Dieter, C. A., Maupin, M. A., Caldwell, R. R., Harris, M. A., Ivahnenko, T. I., Lovelace, J. K., Barber, N. L. y Linsey, K. S. 2018. *Estimated Use of Water in the United States in 2015*. United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)(USGS, por sus siglas en inglés) Circular No. 1441. Reston, Va., EE.UU. doi.org/10.3133/cir1441.
- Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Bear, J., Schwarz, J., Wang, W., Fernandez, E., Stefan, C., Pettenati, M., Van der Gun, J., Sprenger, C., Massmann, G., Scanlon, B. R., Xanke, J., Jokela, P., Zheng, Y., Rossetto, R., Shamruk, M., Pavelic, P., Murray, E., Ross, A., Bonilla Valverde, J. P., Palma Nava, A., Ansems, N., Posavec, K., Ha, K., Martin, R. y Sapiano, M. 2018. Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal (Revista de Hidrogeología)*, Vol. 27, págs. 1–30. doi.org/10.1007/s10040-018-1841-z.
- Dodds, W. K., Bouska, W. W., Eitzmann, J. L., Pilger, T. J., Pitts, K. L., Riley, A. J., Schloesser, J. T. y Thornbrugh, D. J. 2009. Eutrophication of US freshwaters: Analysis of potential economic damages. *Environmental Science and Technology (Ciencia y Tecnología Ambiental)*, Vol. 43, No. 1, págs. 12–19. doi.org/10.1021/es801217q.
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y. y Zhang, Y. 2019. The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling (Recursos, Conservación y Reciclaje)*, Vol. 141, págs. 61–75. doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.010.
- Doornbosch, R. y Steenblik, R. 2007. *Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease?* Mesa Redonda sobre el Desarrollo Sostenible, 11–12 de septiembre de 2007, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). www.oecd.org/sd-roundtable/39411732.pdf.
- Drechsel, P., Qadir, M. y Wichelns, D. 2015. *Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World*. Dordrecht, los Países Bajos, Springer.
- Drechsel, P., Danso, G. K. y Qadir, M. 2018. Growing opportunities for Mexico City to tap into the Tula aquifer (Mexico). M. Otoo y P. Drechsel (eds.), *Resource Recovery from Waste: Business Models for Energy, Nutrient and Water Reuse in Low- and Middle-income Countries*. Nueva York, Routledge, págs. 698-709.
- Du Pisani, P., Menge, J., Van der Merwe, B. y Van Rensburg, P. 2018. Documentos presentados en la Conferencia de Reutilización Potable Directa de 50 Años, Windhoek. documents.windhoekcc.org.na/
- Eakin, H. y Luers, A. L. 2006. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources (Revisión Anual del Medio Ambiente y los Recursos)*, Vol. 31, págs. 365–394. doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352.
- Earthwatch Institute. s.f. *Freshwater Watch: Understanding our Precious Water*. sitio web del Instituto de Observación de la Tierra. earthwatch.org.uk/working-with-business/2-uncategorised/54-freshwater-watch.
- EASAC (Consejo Asesor Científico de las Academias Europeas, por sus siglas en inglés). 2018. *Extreme Weather Events in Europe: Preparing for Climate Change Adaptation: An Update on EASAC's 2013 Study*. easac.eu/publications/details/extreme-weather-events-in-europe/.
- ECOSOC (Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, por sus siglas en inglés). 2018. *The UNDS Revamped Regional Approach. SNUD Reposicionamiento – Nota explicativa #11*. Nueva York, ECOSOC. www.un.org/ecosoc/sites/www.un.org/ecosoc/files/files/en/qcpr/11\_%20The%20Regional%20Approach.pdf.
- Eekhout, J. P. C., Hunink, J. E., Terink, W. y De Vente, J. 2018. Why increased extreme precipitation under climate change negatively affects water security. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 22, No. 11, págs. 5935–5946. doi.org/10.5194/hess-22-5935-2018.
- Eekhout, J.P.C. y De Vente, J. 2019. Assessing the effectiveness of Sustainable Land Management for large-scale climate change adaptation. *Science of The Total Environment (Ciencia del Medio Ambiente Total)*, Vol. 654, págs. 85–93. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.350.
- El Din, E. S., Zhang, Y. y Suliman, A. 2017. Mapping concentrations of surface water quality parameters using a novel remote sensing and artificial intelligence framework. *International Journal of Remote Sensing (Revista Internacional de Teledetección)*, Vol. 38, No. 4, págs. 1023–1042. doi.org/10.1080/01431161.2016.1275056.
- 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 of the United States of America (Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América)*, Vol. 111, No. 9, págs. 3239–3244. doi.org/10.1073/pnas.1222474110.
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarto, D., Gutierrez, V., Van Noordwijk, M., Creed, I. F., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D. V., Bargaues Tobella, A., Ilstedt, U., Teuling, A. J., Gebrehiwot, S. G., Sands, D. C., Muys, B., Verbist, B., Springgay, E., Sugandi, Y. y Sullivan, C. A. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change (Cambio Ambiental Global)*, Vol. 43, págs. 51–61. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002.
- Elshamy, M. E., Sayed, M. A.-A. y Badawy, B. 2009. Impacts of climate change on the Nile flows at Dongola using statistical downscaled GCM scenarios. *Nile Basin Water Engineering Scientific Magazine (Revista Científica de Ingeniería del Agua de la Cuenca del Nilo)*, Vol. 2.
- EM-DAT (Emergency Events Database). 2019. The Emergency Events Database. Brussels, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Universidad Católica de Lovaina. www.emdat.be.
- Emmerton, R. E., Stephens, E. M., Pappenberger, F., Pagano, T. C., Weerts, A. H., Wood, A. W., Salamon, P., Brown, J. D., Hjerdt, N., Donnelly, C., Baugh, C. A. y Cloke, H. L. 2016. Continental and global scale flood forecasting systems. *Wiley International Reviews: Water*, Vol. 3, págs. 391-418. doi.org/10.1002/wat2.1137.

- ENVSEC/CEPE/OSCE (Iniciativa del Medio Ambiente y Seguridad, por sus siglas en inglés/Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa/Organización para la Seguridad y Cooperación en Europa, por sus siglas en inglés). 2017. *Implementation Plan for the Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Dniester River*. Ginebra/Kiev/Chisináu/Viena, ENVSEC/CEPE/OSCE. [www.osce.org/secretariat/366721?download=true](http://www.osce.org/secretariat/366721?download=true).
- EPA/NDPC/Ministerio de Finanzas de Ghana (Agencia de Protección Ambiental de Ghana, por sus siglas en inglés /Comisión Nacional para la Planeación del Desarrollo de Ghana, por sus siglas en inglés /Ministerio de Finanzas de Ghana). 2018. *Estatuto del Plan Nacional de Adaptación de Ghana*.
- Eurostat. 2017. *Farmers in the EU – Statistics*. Sistema Estadístico Europeo. [ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Farmers\\_in\\_the\\_EU\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Farmers_in_the_EU_statistics).
- Evers, J. y Pathirana, A. 2018. Adaptation to climate change in the Mekong River Basin: Introduction to the special issue. *Climatic Change (Cambio climático)*, Vol. 149, No. 1, págs. 1–11.
- EWEA (La Asociación Europea de Energía Eólica, por sus siglas en inglés). 2014. *Saving Water with Wind Energy*. EWEA. [windeurope.org/about-wind/reports/saving-water-wind-energy/](http://windeurope.org/about-wind/reports/saving-water-wind-energy/)
- Falkenmark, M., Lundqvist, J. y Widstrand, C. L. 1989. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Foro de Recursos Naturales*, Vol. 13, No. 4, págs. 258–267. doi.org/10.1111/j.1477-8947.1989.tb00348.x.
- Famiglietti, J. S. 2014. The global groundwater crisis. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualaleza)*, Vol. 4, págs. 945–948. doi.org/10.1038/nclimate2425.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés). 2002. *The State of Food and Agriculture 2002*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/y6000e/y6000e00.htm](http://www.fao.org/3/y6000e/y6000e00.htm).
- \_\_\_\_\_. 2010. *The Wealth of Waste: The Economics of Wastewater Use in Agriculture*. Informes sobre el agua de la FAO No. 35. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i1629e/i1629e.pdf](http://www.fao.org/3/i1629e/i1629e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2011a. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems of Risk*. Londres/Roma, Earthscan/FAO. [www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/](http://www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/).
- \_\_\_\_\_. 2011b. *Climate Change, Water and Food security*. Informes sobre el agua de la FAO No. 36. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i2096e/i2096e.pdf](http://www.fao.org/3/i2096e/i2096e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2013a. *Coping with Water Scarcity: An Action Framework for Agriculture and Food Security*. Informes sobre el agua de la FAO s No. 38. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i3015e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3015e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2013b. *Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources: Summary Report*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf](http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2014. *Walking the Nexus Talk: Assessing the Water-Energy-Food Nexus in the Context of the Sustainable Energy for All Initiative*. Gestión del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Documento de Trabajo No. 58. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i3959e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3959e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2015a. *Climate Change and Food Systems: Global Assessments and Implications for Food Security and Trade*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i4332e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4332e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2015b. *The Economic Lives of Smallholder Farmers: An Analysis Based on Household Data from Nine Countries*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i5251e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i5251e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2016a. *Global Forest Resources Assessment 2015 – How are the World's Forests Changing?* Segunda edición. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i4793e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2016b. *The State of Food and Agriculture: Climate Change, Agriculture and Food Security*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i6030e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017a. *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/a-i6583e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017b. *What is Climate-Smart Agriculture?* Infografía. FAO. [www.fao.org/3/a-i7926e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7926e.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017c. *Does Improved Irrigation Technology Save Water? A Review of the Evidence*. Documento de debate sobre el riego y la gestión sostenible de los recursos hídricos en el Cercano Oriente y el Norte de África. Cairo, FAO. [www.fao.org/3/i7090EN/i7090en.pdf](http://www.fao.org/3/i7090EN/i7090en.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018a. *The State of Food and Agriculture 2018: Migration, Agriculture and Rural Development*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i9549EN/i9549en.pdf](http://www.fao.org/3/i9549EN/i9549en.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018b. *2017: The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security*. Roma; FAO. [www.fao.org/3/i8656EN/i8656en.pdf](http://www.fao.org/3/i8656EN/i8656en.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018c. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Roma, FAO. [www.fao.org/documents/card/en/c/i9540EN/](http://www.fao.org/documents/card/en/c/i9540EN/).
- \_\_\_\_\_. 2018d. *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO No. 627. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf](http://www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018e. *The State of the World's Forests 2018: Forest Pathways to Sustainable Development*. Roma, FAO. [www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/1144279/](http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/1144279/).
- \_\_\_\_\_. 2019. *FAO Framework on Rural Extreme Poverty: Towards Reaching Target 1.1 of the Sustainable Development Goals*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/ca4811en/ca4811en.pdf](http://www.fao.org/3/ca4811en/ca4811en.pdf).

- \_\_\_\_\_. s.f.a. *Climate-Smart Agriculture*. sitio web de la FAO. [www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/](http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/).
- \_\_\_\_\_. s.f.b. *Conservation Agriculture*. Sitio web de la FAO. [www.fao.org/conservation-agriculture/en/](http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/).
- FAO-AQUASTAT/Universidad de Bonn. 2013. *Global Map of Irrigation Areas (GMAI)*. FAO. [www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm).
- FAO/GIZ (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)(Corporación Alemana para la Cooperación Internacional). 2018. *The Benefits and Risks of Solar-Powered Irrigation: A Global Overview*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i9047en/i9047EN.pdf](http://www.fao.org/3/i9047en/i9047EN.pdf).
- FAO/GIZ/ACSAD (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (Corporación Alemana para la Cooperación Internacional) /Centro Árabe para el Estudio de las Zonas y las Tierras Áridas, por sus siglas en inglés). 2017. *Climate Change and Adaptation Solutions for the Green Sectors in the Arab Region*. FAO/GIZ/ACSAD.
- FAO/FIDA/UNICEF/PMA/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia/Programa Mundial para Alimentos/Organización Mundial de la Salud). 2018. *The State of Food Security and Nutrition in the World: Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition*. Roma, FAO. [www.fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf](http://www.fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf).
- FAO/IWMI (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ Instituto Internacional de Gestión del Agua). 2018. *More People, More Food, Worse Water? A Global Review of Water Pollution from Agriculture*. Roma/Colombo, FAO/IWMI. [www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf](http://www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)/Grupo del Banco Mundial. 2018. *Water Management in Fragile Systems: Building Resilience to Shocks and Protracted Crises in the Middle East and North Africa*. Cairo. Roma/Washington, DC, FAO/Grupo del Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30307](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30307).
- FAOSTAT. s.f. *Datos de Alimentos y Agricultura*. FAO. [www.fao.org/faostat/en/#home](http://www.fao.org/faostat/en/#home).
- Fiebrich, C. A. 2009. History of surface weather observations in the United States. *Earth-Science Reviews*, Vol. 93, No. 3–4, págs. 77–84. doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.01.001.
- Finger, M. y Allouche, J. 2002. *Water Privatisation: Trans-National Corporations and the Re-Regulation of the Water Industry*. Londres, Spon Press.
- Fitzgerald, S. H. 2018. The role of constructed wetlands in creating water sensitive cities. N. Nagabhatla y C. D. Metcalfe (eds.), *Multifunctional Wetlands: 2018 Pollution Abatement and Other Ecological Services from Natural and Constructed Wetlands*. Publicaciones de Springer. Springer International Publishing (Publicaciones Internacionales de Springer).
- Förke, M., Schneider, C. y McDonald, R. I. 2018. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability (Sostenibilidad de la naturaleza)*, Vol. 1, No. 1, págs. 51–58. doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8.
- FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). s.f. Cambio climático. sitio web del FMAM. [www.thegef.org/topics/climate-change](http://www.thegef.org/topics/climate-change).
- Fonseca, C. y Pories, L. 2017. *Financing WASH: How to Increase Funds for the Sector while Reducing Inequalities*. Documento de postura para la Reunión de Saneamiento y Agua para Todos los Ministros de Finanzas. Nota informativa. La Haya, Países Bajos, IRC/water.org/Ministerio de Foreign Affairs/Simavi. [www.ircwash.org/resources/financing-wash-how-increase-funds-sector-while-reducing-inequalities-position-paper](http://www.ircwash.org/resources/financing-wash-how-increase-funds-sector-while-reducing-inequalities-position-paper).
- FMI (Fondo Monetario Internacional). 2019. *Grenada Climate Change Policy Assessment*. IMF Country Report No 19/193. Washington, DC, FMI. [www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2019/07/01/Grenada-Climate-Change-Policy-Assessment-47062](http://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2019/07/01/Grenada-Climate-Change-Policy-Assessment-47062).
- Fondo Verde para el Clima. 2018. *Project FP016*. sitio web del Fondo Verde para el Clima. [www.greenclimate.fund/projects/fp016](http://www.greenclimate.fund/projects/fp016).
- \_\_\_\_\_. s.f. sitio web del Fondo Verde para el Clima. [www.greenclimate.fund](http://www.greenclimate.fund).
- Foresight. 2011. *Migration and Global Environmental Change: Future Challenges and Opportunities*. Final Project Report. Londres, the Government Office for Science. [assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf).
- Franks, T. y Cleaver, F. 2007. Water governance and poverty: A framework for analysis. *Progress in Development Studies (Avances en Estudios de Desarrollo)*, Vol. 7, No. 4, págs. 291–306. doi.org/10.1177/146499340700700402.
- Freyberg, T. 2016. Denmark kick-starts energy-positive wastewater treatment project. *Revista WaterWorld*, Vol. 32, No. 2. [www.waterworld.com/international/utilities/article/16202924/denmark-kickstarts-energypositive-wastewater-treatment-project](http://www.waterworld.com/international/utilities/article/16202924/denmark-kickstarts-energypositive-wastewater-treatment-project).
- Friedrich, K., Grossman, R. L., Huntington, J., Blanken, P. D., Lenters, J., Holman, K. D., Gochis, D., Livneh, B., Prairie, J., Skeie, E., Healey, N. C., Dahm, K., Pearson, C., Finnessey, T., Hook, S. J. y Kowalski, T. 2018. Reservoir evaporation in the western United States: Current science, challenges, and future needs. *Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense*, Vol. 99, págs. 167–187. doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00224.1.
- Funk, C., Davenport, F., Harrison, L., Magadzire, T., Galu, G., Artan, G. A., Shukla, S., Korecha, D., Indeje, M., Pomposi, C., Macharia, D., Husak, G. y Nsadsa, F. D. 2018. Anthropogenic enhancement of moderate-to-strong El Niño events likely contributed to drought y poor harvests in southern Africa during 2016. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 99, No. 1, págs. S91–S95. doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0112.1
- Gasché-Djissou-Tossou, A., Avellán, T. y Schütze, N. 2018. Potential of deficit and supplemental irrigation under climate variability in northern Togo, West Africa. *Water (Agua)*, Vol. 10, No. 12, págs. 1–23. doi.org/10.3390/w10121803.

- Gallego-Sala, A. V., Charman, D. J., Brewer, S., Page, S. E., Prentice, I. C., Friedlingstein, P., Moreton, S., Amesbury, M. J., Beilman, D. W., Björck, S., Blyakharchuk, T., Bochicchio, C., Booth, R. K., Bunbury, J., Camill, P., Carless, D., Chimner, R. A., Clifford, M., Cressey, E., Courtney-Mustaphi, C., De Vleeschouwer, F., De Jong, R., Fialkiewicz-Koziel, B., Finkelstein, S. A., Gameau, M., Githumbi, E., Hribljan, J., Holmquist, J., Hughes, P. D. M., Jones, C., Jones, M. C., Karofeld, E., Klein, E. S., Kokfelt, U., Korhola, A., Lacourse, T., Le Roux, G., Lamentowicz, M., Large, D., Lavoie, M., Loisel, J., Mackay, H., MacDonald, J. M., Makila, M., Magnan, G., Marchant, R., Marcisz, K., Martínez Cortizas, A., Massa, C., Mathijssen, P., Mauquoy, D., Mighall, T., Mitchell, F. J. G., Moss, P., Nichols, J., Oksanen, P. O., Orme, L., Packalen, M. S., Robinson, S., Roland, T. P., Sanderson, N. K., Sannel, A. B. K., Silva-Sánchez, N., Steinberg, N., Swindles, G. T., Turner, T. E., Uglow, J., Väliranta, M., Van Bellen, S., Van der Linden, M., Van Geel, B., Wang, G., Yu, Z., Zaragoza-Castells, J. y Zhao, Y. 2018. Latitudinal limits to the predicted increase of the peatly carbon sink with warming. *Nature Climate Change* Vol. 8, No. 10, págs. 907–913. doi.org/10.1038/s41558-018-0271-1.
- Gan, T. Y., Ito, M., Hülsmann, S., Qin, X., Lu, X. X., Liong, S. Y., Rutschman, P., Disse, M. y Koivusalo, H. 2016. Possible climate change/variability and human impacts, vulnerability of drought-prone regions, water resources y capacity building for Africa. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 61, No. 7, págs. 1209–1226. doi.org/10.1080/02626667.2015.1057143.
- Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B. y Li, Z. 2019. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment (Ciencia del Medio Ambiente Total)*, Vol. 651, Part 1, págs. 484–492. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.105.
- García, L. E., Matthews, J. H., Rodriguez, D. J., Wijnen, M., DiFrancesco, K. N. y Ray, P. 2014. *Beyond Downscaling: A Bottom-Up Approach to Climate Adaptation for Water Resources Management*. Washington, DC, Grupo del Banco Mundial. openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21066 IGO.
- Gariano, S. L. y Guzzetti, F. 2016. Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews (Reseñas de la Ciencia Terrestre)*. Vol. 162, págs. 227–252. doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011.
- Garrick, D. E., Hall, J. W., Dobson, A., Damania, R., Grafton, R. Q., Hope, R., Hepburn, C., Bark, R., Boltz, F., De Stefano, L., O'Donnell, E., Matthews, N. y Money, A. 2017. Valuing water for sustainable development. *Science*, Vol. 358, No. 6366, págs. 1003–1005. doi.org/10.1126/science.aao4942.
- Gato, S., Jayasuriya, N. y Roberts, P. 2007. Temperature and rainfall thresholds for base use urban water demand modelling. *Journal of Hydrology (Revista de Hidrología)*, Vol. 337, No. 3–4, págs. 364–376. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.014.
- GCA (Global Commission on Adaptation, por sus siglas en inglés). 2019. *Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience*. Rotterdam/Washington, DC, Países Bajos/USA, Global Center on Adaptation/Instituto Mundial de Recursos (GCA/WRI, por sus siglas en inglés). cdn.gca.org/assets/2019-09/GlobalCommission\_Report\_FINAL.pdf.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. 2013. *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). www.fao.org/3/a-i3437e.pdf.
- Gersonius, B., Van Buuren, A., Zethof, M. y Kelder, E. 2016. Resilient flood risk strategies: institutional preconditions for implementation. *Ecology and Society (Ecología y Sociedad)*, Vol. 21, No. 4, pág. 28. doi.org/10.5751/ES-08752-210428.
- GIZ/adelphi/PIK (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH/adelphi/Potsdam Institute for Climate Impact Research). Próximamente. *Stop Floating, Start Swimming: Water and Climate Change – Interlinkages and Prospects for Future Action*.
- Gheuens, J., Nagabhatla, J. y Perera, E. D. P. 2019. Disaster-risk, water security challenges and strategies in Small Island Developing States (SIDS). *Water*, Vol. 11, No. 4, pág. 637. doi.org/10.3390/w11040637.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F. P. y Van Beek, L. P. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature (Naturaleza)*, Vol. 9, No. 488, págs. 197–200. doi.org/10.1038/nature11295.
- Golding, B. W. 2009. Long lead time flood warnings: Reality or fantasy? *Meteorological Applications*, Vol. 16, págs. 3–12. doi.org/10.1002/met.123.
- Görger, K., Beersma, J., Brahmer, G., Buiteveld, H., Carambia, M., De Keizer, O., Krahe, P., Nilson, E., Lammersen, R., Perrin, C. y Volken, D. 2010. *Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project*. Informe de la CHR, I-23. Lelystad, Países Bajos, Comisión Internacional para la Hidrología de la Cuenca del Rin. www.chr-khr.org/en/publication/assessment-climate-change-impacts-discharge-river-rhine-basin-results-rheinblick2050.
- Gosling, S. N. y Arnell, N. W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change (Cambio climático)*, Vol. 134, No. 3, págs. 371–385. doi.org/10.1007/s10584-013-0853-x.
- Gobierno de Granada. 2014. *Grenada's Growth and Poverty Reduction Strategy (GPRS), 2014-2018*. www.gov.gd/egov/docs/other/ggprs-2014-2018-final.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2017. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNAD) para Granada, Carriacou y Petite Martinique 2017-2021* Ministerio de Resiliencia Climática, Medio Ambiente, Silvicultura, Pesca, Gestión de Desastres e Información de San Jorge. www.gov.gd/egov/docs/other/Grenada-National-Adaptation-Plan-2017.pdf.
- Gobierno de la Unión de la República de India/República Popular de Bangladés. 1996. *Treaty between the Government of the Republic of India and the Government of the People's Republic of Bangladesh on Sharing of the Ganga/Ganges Waters at Farakka*.
- Grafton, R. Q. y Wheeler, S. A. 2018. Economics of water recovery in the Murray-Darling Basin, Australia. *Revisión Anual de la Economía de Recursos*, Vol. 10, No. 1, págs. 487–510. doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023039.
- Grangier, C., Qadir, M. y Singh, M. 2012. Health implications for children in wastewater-irrigated peri-urban Aleppo, Syria. *Calidad del agua, exposición y salud*, Vol. 4, págs. 187–195. doi.org/10.1007/s12403-012-0078-7.
- Grant, G. E. y Lewis, S. L. 2015. The remains of the dam: What have we learned from 15 years of US dam removals? G. Lollino, M. Arattano y



M. Rinaldi (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory: River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources*. Suiza, Springer International Publishing.

Green Bank Network (Red de Bancos Verdes). 2018. *Green Banks around the Globe: 2018 Year in Review*. Green Bank Network. [greenbanknetwork.org/portfolio/2018-year-in-review/](http://greenbanknetwork.org/portfolio/2018-year-in-review/).

Green, T., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J. J., Hiscock, K., Allen, D., Treidel, H. y Aurelia, A. 2011. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. *Journal of Hydrology*, Vol. 405, págs. 532–560. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.002.

GRIPP (Iniciativa de Soluciones de Aguas Subterráneas para Políticas y Prácticas). s.f. *Infraestructura natural basada en aguas subterráneas (GBNI)*. sitio web de GRIPP. [gripp.iwmi.org/natural-infrastructure/](http://gripp.iwmi.org/natural-infrastructure/).

Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., Schlesinger, W. H., Shoch, D., Siikamäki, J. V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R. T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M. R., Herrero, M., Kiesecker, J., Landis, E., Laestadius, L., Leavitt, S. M., Minnemeyer, S., Polasky, S., Potapov, P., Putz, F. E., Sanderman, J., Silvius, M., Wollenberg, E. y Fargione, J. 2017. Natural climate solutions. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 114, No. 44, págs. 11645–11650. doi.org/10.1073/pnas.1710465114.

Grupo Independiente de Científicos designados por el Secretario General. 2019. *The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development: Global Sustainable Development Report 2019*. Nueva York, Naciones Unidas. [sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR\\_report\\_2019.pdf](http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf).

Guo, J., Ma, F., Qu, Y., Li, A. y Wang, L. 2012. Systematical strategies for wastewater treatment and the generated wastes and greenhouse gases in China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering (Fronteras de la Ciencia ambiental y la ingeniería)*, Vol. 6, No. 2, págs. 271–279. doi.org/10.1007/s11783-011-0328-0.

GWP (Asociación Mundial para el Agua, por sus siglas en inglés). 2018a. *Climate Insurance and Water-Related Disaster Risk Management – Unlikely Partners in Promoting Development?* Documento de perspectiva. Estocolmo, GWP. [www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/11\\_climate\\_insurance\\_perspectives\\_paper.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/11_climate_insurance_perspectives_paper.pdf).

\_\_\_\_\_. 2018b. *Preparing to Adapt: The Untold Story of Water in Climate Change Adaptation Processes*. Estocolmo, GWP. [www.gwp.org/globalassets/global/events/cop24/gwp-ndc-report.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/events/cop24/gwp-ndc-report.pdf).

\_\_\_\_\_. 2019a. *Sharing Water: The Role of Robust Water-Sharing Arrangements in Integrated Water Resources Management*. Documento de perspectiva. Estocolmo, GWP. [www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/gwp-sharing-water.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/gwp-sharing-water.pdf).

\_\_\_\_\_. 2019b. *Addressing Water in National Adaptation Plans: Water Supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines*. Segunda Edición. Estocolmo, GWP. [www.gwp.org/globalassets/global/gwp\\_nap\\_water\\_supplement.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp_nap_water_supplement.pdf).

GWP-Caribbean/CCCC (Asociación Mundial para el Agua-Caribe /Centro de Cambio Climático de la Comunidad del Caribe, por sus siglas en inglés). 2014. *Achieving Development Resilient to Climate Change: A Sourcebook for the Caribbean Water Sector*. Reporte Informativo No. 4. GWP-Caribbean, Trinidad and Tobago. [cdkn.org/wp-content/uploads/2017/01/Information-Brief-4-WV.pdf](http://cdkn.org/wp-content/uploads/2017/01/Information-Brief-4-WV.pdf).

Haasnoot, M., Schellekens, J., Beersma, J., Middelkoop, H. y Kwadijk, J. C. J. 2015. Transient scenarios for robust climate change adaptation illustrated for water management in the Netherlands. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 10, No. 10, págs. 1–17. doi.org/10.1088/1748-9326/10/10/105008.

Hadjerious, B., Wei, Y. y Kao, S.-C. 2012. *An Assessment of Energy Potential at Non-Powered Dams in the United States*. Programa de Energía eólica y hídrica, Departamento de Energía de EUA. [www1.eere.energy.gov/water/pdfs/npd\\_report.pdf](http://www1.eere.energy.gov/water/pdfs/npd_report.pdf).

Hall, J. W., Grey, D., Garrick, D., Fung, F., Brown, C., Dadson, S. J. y Sadoff, C. W. 2014. Coping with the curse of freshwater variability: Institutions, infrastructure, and information for adaptation. *Science (Ciencia)*, Vol. 346, No. 6208, págs. 429–430. doi.org/10.1126/science.1257890.

Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., Rozenberg, J., Treguer, D. y Vogt-Schilb, A. 2016. *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22787](http://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22787).

Hamill, A. y Price-Kelly, H. 2017. *Expert Perspective for the NDC Partnership: Using NDCs, NAPs and the SDGs to Advance Climate-Resilient Development*. Asociación de CDN. [ndcpartnership.org/sites/default/files/NDCP\\_Expert\\_Perspectives\\_NDC\\_NAP-SDG\\_full.pdf](http://ndcpartnership.org/sites/default/files/NDCP_Expert_Perspectives_NDC_NAP-SDG_full.pdf).

Hanak, E., Lund, J., Dinar, A., Gray, B., Howitt, R., Mount, J., Moyer, P. y Thompson, B. 2011. *Managing California's Water, From Conflict to Reconciliation*. San Francisco, Calif., EE.UU., Instituto de Políticas Públicas de California.

Hanaki K. y Portugal-Pereira, J. 2018. The effect of biofuel production on greenhouse gas emission reductions. K. Takeuchi, H. Shiroyama, O. Saito y M. Matsuura (eds.), *Biofuels and Sustainability: Science for Sustainable Societies*. Tokio, Springer.

Haque, M., Rahman, A., Goonetilleke, A., Hagare, D. y Kibria, G. 2015. Impact of climate change on urban water demand in future decades: An Australian case study. *Advances in Environmental Research (Avances en Investigación Ambiental)*, Vol. 43, págs. 57–70.

Hattermann, F. F., Vetter, T., Breuer, L., Su, B., Daggupati, P., Donnelly, C., Fekete, B., Flörke, F., Gosling, S. N., Hoffmann, P., Liersch, L., Masaki, Y., Motovilov, Y., Müller, C., Samaniego, L., Stacke, T., Wada, Y., Yang, T. y Krysanova, V. 2018. Sources of uncertainty in hydrological climate impact assessment: A cross-scale study. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 13, No. 1, 015006. doi.org/10.1088/1748-9326/aa9938.

Havens, K. E. y Paerl, H. W. 2015. Climate change at a crossroad for control of harmful algal blooms. *Environmental Science and Technology*, Vol. 49, No. 21, págs. 12605–12606. doi.org/10.1021/acs.est.5b03990.

Haynes, K. y Tanner, T. M. 2015. Empowering young people and strengthening resilience: Youth-centred participatory video as a tool for climate

- change adaptation and disaster risk reduction. *Children's Geographies*, Vol. 13, No. 3, págs. 357–371. doi.org/10.1080/14733285.2013.848599.
- Hedger, M. 2018a. *Water, National Determined Contributions (NDCs) and Paris Agreement Implementation*. Informe preparado para la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés). Sin publicar.
- \_\_\_\_\_. 2018b. *Climate Change and Water: Finance Needs to Flood not Drip*. Londres, Instituto de Desarrollo de Ultramar (ODI, por sus siglas en inglés). www.odi.org/publications/11220-climate-change-and-water-finance-needs-flood-not-drip.
- Hedger, M. y Nakhooda, S. 2015. *Finance and Intended Nationally Determined Contributions (INDCs): Enabling Implementation*. Documento de Trabajo No. 425. Londres, Instituto de Desarrollo de Ultramar (ODI, por sus siglas en inglés). www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10001.pdf.
- Hejazian, M., Gurdak, J. J., Swarzenski, P., Odigie, K. y Storlazzi, C. 2017. Effects of land-use change and managed aquifer recharge on hydrogeochemistry of two contracting atoll Islands aquifers, Roi-Namur, República de las Islas Marshall. *Applied Geochemistry (Geoquímica Aplicada)*, Vol. 80, págs. 58–71. dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.03.006.
- Hermann, A., Koferl, P. y Mairhofer, J. P. 2016. *Climate Risk Insurance: New Approaches and Schemes*. Documento de Trabajo. Múnich, Alemania, Allianz. www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz\_com/migration/media/economic\_research/publications/working\_papers/en/ClimateRisk.pdf.
- Hettiarachchi, H. y Ardakanian, R. 2016. *Safe Use of Wastewater in Agriculture: Good Practice Examples*. Dresde, Alemania, Universidad de las Naciones Unidas Instituto para la Gestión Integrada de Flujos de Materiales y de Recursos (UNU-FLORES). collections.unu.edu/view/UNU:5764.
- Hiç, C., Pradhan, P., Rybski, D. y Kropp, J. P. 2016. Food surplus and its climate burdens. *Environmental Science and Technology (Ciencia y Tecnología Ambiental)*, Vol. 50, No. 8, págs. 4269–4277. doi.org/10.1021/acs.est.5b05088.
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H. y Kanae, S. 2013. Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 3, No. 9, págs. 816–821. doi.org/10.1038/nclimate1911.
- HLPE (Panel de Alto Nivel de Expertos, por sus siglas en inglés). 2015. *Water for Food Security and Nutrition: A Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*, Roma, HLPE. www.fao.org/3/a-av045e.pdf.
- HLPF (Foro Político de Alto Nivel sobre el desarrollo sostenible, por sus siglas en inglés). 2018. *President's Summary of the 2018 High-Level Political Forum on Sustainable Development*. Plataforma de Conocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. sustainabledevelopment.un.org/content/documents/205432018\_HLPF\_Presidents\_summary\_FINAL.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2019. *Political Declaration of the High-Level Political Forum on Sustainable Development convened under the Auspices of the General Assembly*. A/HLPF/2019/L.1. Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU AG). undocs.org/en/A/HLPF/2019/L.1.
- HLPW (Panel de Alto Nivel del Agua, por sus siglas en inglés) 2018a. *Making Every Drop Count: An Agenda for Water Action*. reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/17825HLPW\_Outcome.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2018b. *Value Water*. sustainabledevelopment.un.org/content/documents/hlpwater/07-ValueWater.pdf.
- Ho, M., Lal, U., Allaire, M., Devineni, M., Kwon, H. H., Pal, I., Raff, D. y Wegner, D. 2017. The future role of dams in the United States of America. *Water Resources Research (Investigación en Recursos Hídricos)*, Vol. 53, No. 2, págs. 982–988. doi.org/10.1002/2016WR019905.
- Hofer, T. y Messerli, B. 2006. *Floods in Bangladesh: History, Dynamics and Rethinking the Role of the Himalayas*. Tokio, Comunicado de Prensa de la UNU/FAO.
- Hofstra, N., Vermeulen, L. C., Derx, J., Flörke, M., Mateo-Sagasta, J., Rose, J. y Medema G. 2019. Priorities for developing a modelling and scenario analysis framework for waterborne pathogen concentrations in rivers worldwide and consequent burden of disease. *Opinión actual sobre sostenibilidad ambiental*, Vol. 36, págs. 28–38. doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.002.
- Hogeboom, R. J., Knook, L. y Hoekstra, A. Y. 2018. The blue water footprint of the world's artificial reservoirs for hydroelectricity, irrigation, residential and industrial water supply, flood protection, fishing y recreation. *Avances en recursos hídricos*, Vol. 113, págs. 285–294. doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.01.028.
- Holling, C. S. (ed.). 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. International Series on Applied Systems Analysis. Chichester, UK, John Wiley & Sons. Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados.
- Honer T. 2019. *Windhoek – 50 Years Direct Potable Water Reuse History, Current Situation and Future*. Documento presentado en el Simposio de Reclamación y Reutilización de Agua. Instituto del Agua del Sur de Africa, Johannesburgo, SurAfrica. documents.windhoekcc.org.na/Content/Documents/CoW50yrDPR/Day%201%20-%20PDF/1.%20DPR%2050%20Year%20History%20-%20PvR.pdf.
- Hoogeveen, J., Faurès, J. M., Peiser, L., Burke, J. y Van de Giesen, N. 2015. GlobWat – A global water balance model to assess water use in irrigated agriculture. *Hydrology and Earth System Sciences (Hidrología y Ciencias del Sistema De la Tierra)*, Vol. 19, No. 9, págs. 3829–3844. doi.org/10.5194/hess-19-3829-2015.
- HRC (Human Rights Council, por sus siglas en inglés). 2011. *Guiding Principles on Business and Human Rights: Implementing the United Nations "Protect, Respect and Remedy" Framework*. Report of the Special Representative of the Secretary General on the issue of human rights and transnational corporations and other business enterprises, John Ruggie. Decimoséptima sesión, 21 de marzo de 2011, A/HRC/17/31. www.ohchr.org/Documents/Issues/Business/A-HRC-17-31\_AEV.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2018. *Resolution adopted by the Human Rights Council on 5 de julio de 2018. Derechos Humanos y Cambio Climático*. Trigésimo octavo período de sesiones. A/HRC/RES/38/4. Naciones Unidas.

- Huang, J., Li, Y., Fu, C., Chen, F., Fu, Q., Dai, A., Shinoda, M., Ma, Z., Guo, W., Li, Z., Zhang, L., Liu, Y., Yu, H., He, Y., Xie, Y., Guan, X., Ji, M., Lin, L., Wang, S., Yan, H. y Wang, G. 2017. Dryly climate change: Recent progress y challenges. *Reviews of Geophysics*, Vol. 55, No. 3, págs. 719–778. doi.org/10.1002/2016RG000550.
- Huggel, C., Wallimann-Helmer, I., Stone, D. y Cramer, W. 2016. Reconciling justice y attribution research to advance climate policy. *Nature Climate Change (Cambio Climático Naturaleza)*, Vol. 6, No. 10, págs. 901–908. doi.org/10.1038/nclimate3104.
- Hülsmann, S., Harby A., Taylor, R. 2015. *The Need for Water as Energy Storage for Better Integration of Renewables*. Policy Brief No. 01/2015. Dresde, Alemania, Universidad de las Naciones Unidas Instituto para la Gestión Integrada de Flujos de Materiales y de Recursos(UNU-FLORES). collections.unu.edu/view/UNU:3143.
- Humpenöder, F., Popp, A., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Biewald, A., Lotze-Campen, H., Dietrich, J. P., Klein, D., Kreidenweis, U., Müller C., Rolinski, S. y Stevanovic, M. 2018. Large-scale bioenergy production: How to resolve sustainability trade-offs? *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 13, No. 2, 024011. doi.org/10.1088/1748-9326/aa9e3b.
- Huss, M., Bookhagen, B., Huggel, C., Jacobsen, D., Bradley, R. S., Clague, J. J., Vuille, M., Buytaert, W., Cayan, D. R., Greenwood, G., Marck, B. G., Milner, A. M., Weingartner, R. y Winder, M. 2017. Toward mountains without permanent snow and ice. *El futuro de la Tierra*, Vol. 5, págs. 418–435. doi.org/10.1002/2016EF000514.
- Hutton, G. y Varughese, M. 2016. *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene*. Washington, DC, Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo/Programa de Agua y Saneamiento (WSP, por sus siglas en inglés). www.worldbank.org/en/topic/water/publication/the-costs-of-meeting-the-2030-sustainable-development-goal-targets-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene
- IAH (Asociación Internacional de Hidrogeólogos, por sus siglas en inglés). 2019. *Climate-Change Adaptation & Groundwater*. Serie Resúmenes Estratégicos del IAH Strategic Overview Series. iah.org/wp-content/uploads/2019/07/IAH\_Climate-ChangeAdaptationGdwtr.pdf.
- ICMM (Consejo Internacional de Minería y Metales, por sus siglas en inglés). 2013. *Adapting to a Changing Climate: Implications for the Mining and Metals Industry*. Londres, ICMM. www.icmm.com/en-gb/publications/climate-change/adapting-to-a-changing-climate-implications-for-the-mining-and-metals-industry.
- ICPDR (Comisión Internacional para la Protección del Río Danubio, por sus siglas en inglés). 2019. *Climate Change Adaptation Strategy*. Vienna, ICPDR. www.icpdr.org/main/activities-projects/climate-change-adaptation.
- IDFC (Club Internacional de Finanzas para el Desarrollo, por sus siglas en inglés). 2018. *IDFC Green Finance Mapping Report 2018*. IDFC. www.idfc.org/wp-content/uploads/2018/12/idfc-green-finance-mapping-2017.pdf.
- IDMC (Centro de vigilancia de Desplazamiento Interno, por sus siglas en inglés). 2018. *Global Report on Internal Displacement (GRID) 2018*. Ginebra, IDMC. www.internal-displacement.org/global-report/grid2018/.
- Ikeuchi, K. 2012. *Flood Management in Japan*. River Planning Division, Water and Disaster Management Bureau, Ministerio de Tierras, Infraestructura y Turismo de Japón (MLIT, por sus siglas en inglés). www.mlit.go.jp/river/basic\_info/english/pdf/conf\_01-0.pdf.
- Immerzeel, W. W., Van Beek, L. P. H. y Bierkens, M. F. P. 2010. Climate change will affect the Asian water towers. *Science (Ciencia)*, Vol. 328, No. 5984, págs. 1382–1385. doi.org/10.1126/science.1183188.
- Immerzeel, W. W., Lutz, A. F., Andrade, M., Bahl, A., Biemans, H., Bolch, T., Hyde, S., Brumby, S., Davies, B. J., Elmore, A. C., Emmer, A., Feng, M., Fernández, A., Haritashya, U., Kargel, J. S., Koppes, M., Kraaijenbrink, P. D. A., Kulkarni, A. V., Mayewski, P., Nepal, S., Pacheco, P., Painter, T. H., Pellacciotti, F., Rajaram, H., Rupper, S., Sinisalo, A., Shrestha, A. B., Viviroli, D., Wada, Y., Xiao, X., Yao, T. y Baillie, J. E. M. 2019. Importance and vulnerability of the world's water towers. *Nature (Naturaleza)*, Vol. 577, págs. 364–369. doi:10.1038/s41586-019-1822-y.
- IPBES (La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas, por sus siglas en inglés). 2018. *Assessment Report on Land Degradation and Restoration. Summary for Policy Makers*. Bonn, Alemania, IPBES Secretariat. www.ipbes.net/assessment-reports/ldr.
- \_\_\_\_\_. 2019. *Report of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on the Work of its Seventh Session. Addendum: 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, IPBES Secretariat.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático, por sus siglas en inglés). 2012. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. Nueva York, Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/.
- \_\_\_\_\_. 2014a. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. Cambridge/Nueva York, United Kingdom/USA, Cambridge University Press. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA\_FINAL.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2014b. Annex II: Glossary [K. J. Mach, S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. Ginebra, IPCC. págs. 117–130. www.ipcc.ch/report/ar5/syr/.
- \_\_\_\_\_. 2014c. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. Ginebra, IPCC. www.ipcc.ch/report/ar5/syr/.
- \_\_\_\_\_. 2014d. *Summary for Policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático. Cambridge/Nueva York, UK/USA: Cambridge University Press. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\_wgii\_spm\_en.pdf.

- \_\_\_\_\_. 2018a. *Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, y efforts to eradicate poverty. Ginebra, IPCC. [www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/](http://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/).
- \_\_\_\_\_. 2018b. *Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. IPCC. [www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/07/SR15\\_Full\\_Report\\_Low\\_Res.pdf](http://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/07/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2019a. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Ginebra, IPCC. [www.ipcc.ch/srocc/](http://www.ipcc.ch/srocc/).
- \_\_\_\_\_. 2019b. *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. IPCC. [www.ipcc.ch/srcccl-report-download-page/](http://www.ipcc.ch/srcccl-report-download-page/).
- \_\_\_\_\_. 2019c. *Summary for Policymakers. Climate Change and Land*. Informe Especial del IPCC. [www.ipcc.ch/report/srcccl/](http://www.ipcc.ch/report/srcccl/).
- IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables, por sus siglas en inglés). 2015. *Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus*. Abu Dhabi, IRENA. [www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_water\\_energy\\_food\\_nexus\\_2015.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_water_energy_food_nexus_2015.pdf).
- ISO (Organización Internacional de Normalización). 2019. *ISO/DIS 14007: Environmental Management: Guidelines for Determining Environmental Costs and Benefits*. [www.iso.org/standard/70139.html](http://www.iso.org/standard/70139.html).
- Iza, A. y Stein, R. (eds). 2009. *RULE – Reforming Water Governance*. Gland, Suiza, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN). [portals.iucn.org/library/efiles/documents/2009-002.pdf](http://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2009-002.pdf)
- Jiménez, A. y Pérez-Foguet, A. 2010. Building the role of local government authorities towards the achievement of the human right to water in rural Tanzania. *Foro de Recursos Naturales*, Vol. 34, No. 2, págs. 93–105. [doi.org/10.1111/j.1477-8947.2010.01296.x](https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2010.01296.x).
- Jollymore, A., Haines, M. J., Satterfield, T. y Johnson, M. S. 2017. Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives. *Revista de Gestión Ambiental*, Vol. 200, págs. 456–467. [doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.083](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.083).
- Jones, E., Qadir, M., Van Vliet, M. T. N., Smakhtin, V. y Kang, S. 2019. The state of desalination y brine production: A global outlook. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, Vol. 657, págs. 1343–1356. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076).
- Jouravlev, A. 2018. *Water, Energy and Food Nexus in America Latina and the Caribbean: Impacts. Presentación para la 2a Reunión del Comité Ejecutivo del Programa de Diálogos Nexus y reunión de socios*, 1–2 de marzo de 2018, Brussels. United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (CEPAL). [www.cepal.org/sites/default/files/news/files/brussels\\_01\\_03\\_2018\\_aj.pdf](http://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/brussels_01_03_2018_aj.pdf).
- Kabat, P. y Van Schaik, H. (eds.). 2003. *Climate Changes the Water Rules: How Water Managers can Cope with Today's Climate Variability and Tomorrow's Climate Change*. Delft/Wageningen, Países Bajos, Diálogo sobre el agua y el clima.
- Kalra, A., Piechota, T. C., Davies, R. y Tootle, G. A. 2008. Changes in U.S. streamflow and Western U.S. snowpack. *Revista de Ingeniería Hidrológica*, Vol. 13, No. 3, págs. 156–163. [dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2008\)13:3\(156\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2008)13:3(156)).
- Kampschreur, M. J., Temmink, H., Kleerebezen, R., Jetten, M. S. M. y Van Loosdrecht, M. C. M. 2009. Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Investigación del agua*, Vol. 43, No. 17, págs. 4093–4103. [doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.001](https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.001).
- Kang, S., y Eltahir, E. A. B. 2018. North China Plain threatened by deadly heatwaves due to climate change and irrigation. *Comunicaciones de la Naturaleza*, Vol. 9, No. 2894. [doi.org/10.1038/s41467-018-05252-y](https://doi.org/10.1038/s41467-018-05252-y).
- Keddy, P. A. 2010. *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Segunda Edición. Nueva York, Cambridge University Press.
- Kelles-Viitanen, A. 2018. *Custodians of Culture and Biodiversity: Indigenous Peoples take Charge of their Challenges and Opportunities*. Iniciativa de Integración de la Innovación del Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA)/Gobierno de Finlandia. [www.ifad.org/documents/38714170/40861543/custodians\\_biodiversity.pdf/002993bc-6139-44cf-86a6-07acce712a0d](http://www.ifad.org/documents/38714170/40861543/custodians_biodiversity.pdf/002993bc-6139-44cf-86a6-07acce712a0d).
- Keys, P. W. y Falkenmark, M. 2018. Green water and African sustainability. *Food Security*, Vol. 10, No. 3, págs. 537–548. [doi.org/10.1007/s12571-018-0790-7](https://doi.org/10.1007/s12571-018-0790-7).
- Kibret, S., Lautze, J., McCartney, M., Glenn Wilson, G. y Nhamo, L. 2015. Malaria impact of large dams in sub-Saharan Africa: Maps, estimates and predictions. *Revista de Malaria*, Vol. 14, No. 339. [doi.org/10.1186/s12936-015-0873-2](https://doi.org/10.1186/s12936-015-0873-2).
- Kibret, S., Lautze, J., McCartney, M., Nhamo, L. y Wilson, G. G. 2016. Malaria and large dams in sub-Saharan Africa: Future impacts in a changing climate. *Malaria Journal (Revista de Malaria)*, Vol. 15, No. 448. [doi.org/10.1186/s12936-016-1498-9](https://doi.org/10.1186/s12936-016-1498-9).
- Kim, J., Kirschke, S. y Avellán, T. 2018. *Well-Designed Citizen Science Projects can Help Monitor SDG 6*. SDG Knowledge Hub, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD, por sus siglas en inglés). [sdg.iisd.org/commentary/guest-articles/well-designed-citizen-science-projects-can-help-monitor-sdg-6/](http://sdg.iisd.org/commentary/guest-articles/well-designed-citizen-science-projects-can-help-monitor-sdg-6/).
- Kirschke, S. y Newig, J. 2017. Addressing complexity in environmental management and governance. *Sostenibilidad*, Vol. 9, No. 6, Art. 983. [doi.org/10.3390/su9060983](https://doi.org/10.3390/su9060983).
- Kjellén, M. 2006. *From Public Pipes to Private Hands: Water Access and Distribution in Dar es Salaam, Tanzania*. Tesis doctoral. Estocolmo, Departamento de Geografía Humana. Universidad de Estocolmo.
- \_\_\_\_\_. 2019. *Climate Change Reveals Underlying Threats to Urban Water*. PNUD sitio web. [www.undp.org/content/undp/en/home/blog/2019/climate-change-reveals-underlying-threats-to-urban-water.html](http://www.undp.org/content/undp/en/home/blog/2019/climate-change-reveals-underlying-threats-to-urban-water.html).



- Klapper, H. 2003. Technologies for lake restoration. *Journal of Limnology (Diario de Limnología)*, Vol. 62, No 1s, págs. 73–90. doi.org/10.4081/jlimnol.2003.s1.73.
- Klemm, O., Schemenauer, R.S., Lummerich, A., Cereceda, P., Marzol, V., Corell, D., Van Heerden, J., Reinhard, D., Gherezghiher, T., Olivier, J., Osses, P., Sarsour, J., Frost, E., Estrela, M. J., Valiente, J. A. y Fessehaye, G.M. 2012. Fog as a fresh-water resource: Overview and perspectives. *Ambio*, Vol. 41, págs. 221–234. doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8.
- Koch, I. C., Vogel, C. y Patel, Z. 2006. Institutional dynamics and climate change adaptation in South Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 12, No. 8, págs. 1323–1339. doi.org/10.1007/s11027-006-9054-5
- Koeh, R. y Langat, P. 2018. Improving irrigation water use efficiency: A review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. *Agua*, Vol. 10, No. 12, Art. 1771. doi.org/10.3390/w10121771.
- Köbel, J., Strong, C., Noe, C. y Reig, P. 2018. *Mapping Public Water Management by Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information*. Nota Técnica. Instituto Mundial de Investigación (WRI, por sus siglas en inglés). www.wri.org/publication/mapping-public-water.
- Konecny, K., Ballhorn, U., Navratil, P., Jubanski, J., Page, S. E., Tansey, K., Hooijer, A., Vernimmen, R. y Siegfert, F. 2016. Variable carbon losses from recurrent fires in drained tropical peatlands. *Global Change Biology (Biología del Cambio Global)*, Vol. 22, No. 4, págs. 1469–1480. doi.org/10.1111/gcb.13186.
- Koohafkan, P., Salman, M. y Casarotto, C. 2011. *Investments in Land and Water*. Estado de los recursos de la tierra y el agua (SOLAW, por sus siglas en inglés) Background Thematic Report No. 17. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\_reports/TR\_17\_web.pdf.
- Kressig, A., Byers, L., Friedrich, J., Luo, T. y McCormick, C. 2018. *Water Stress Threatens Nearly Half the World's Thermal Power Plant Capacity*. sitio web de WRI. www.wri.org/blog/2018/04/water-stress-threatens-nearly-half-world-s-thermal-power-plant-capacity.
- Kundzewicz, Z. W. y Schellnhuber, H. J. 2004. Floods in the IPCC TAR Perspective. *Peligros naturales*, Vol. 31, No. 1, págs. 111–128. doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000020257.09228.7b
- Lahnsteiner, J. y Lempert, G. 2007. Water Management in Windhoek, Namibia. *Ciencia y Tecnología del Agua*, Vol. 55, No. 1-2, págs. 441–448. doi.org/10.2166/wst.2007.022.
- Laugier, M. C., Means III, E. G., Daw, J. A. y Hurley, M. 2010. Climate change and adaptation in southern California. C. Howe, J. B. Smith y J. Henderson (eds.), *Climate Change and Water: International Perspectives on Mitigation and Adaptation*. Asociación Americana de Obras Hídricas (AWWA, por sus siglas en inglés)/publicaciones la IWA.
- Law, Y., Ye, L., Pan Y. y Yuan, Z. 2012. Nitrous oxide emissions from wastewater treatment processes. *Transacciones filosóficas de la Royal Society B*, Vol. 367, No. 1593, págs. 1265–1277 doi.org/10.1098/rstb.2011.0317.
- Law, I., Menge, J. y Cunliffe, D. 2015. Validation of the Goreangab reclamation plant in Windhoek, Namibia against the 2008 Directrices Australianas para el reciclaje de agua. *Journal of Water Reuse and Desalination*, Vol. 5, No. 1, págs. 64–71 doi.org/10.2166/wrd.2014.138.
- Leach, B. 2019. *School Strike for Climate #FridaysForFuture*. sitio web del Museo del Clima Reino Unido. climatemuseumuk.org/2019/07/10/school-strike-for-climate-fridaysforfuture/.
- Lebel, L., Manuta, J. B. y Garden, P. 2011. Institutional traps and vulnerability to changes in climate and flood regimes in Thailand. *Cambio Ambiental Regional*, Vol. 11, No. 1, págs. 45–58. doi.org/10.1007/s10113-010-0118-4.
- Leonard, G. S., Johnston, D. M., Paton, D., Christianson, A., Becker, J. y Keys, H. 2007. Developing effective warning systems: Ongoing research at Ruapehu volcano, Nueva Zelanda. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*, Vol. 172, No. 3–4, págs. 199–215. doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.008.
- Li, W. W., Yu, H. Q. y Rittmann, B. E. 2015. Reuse water pollutants. *Noticias sobre la naturaleza*, Vol. 528, No. 7580, págs. 29–31. doi.org/10.1038/528029a.
- Li, Y., Kinzelbach, W., Hou, J., Wang, H., Yu, L., Wang, L., Chen, F., Yang, Y., Li, N., Li, Y., He, P., Jäger, D., Henze, J., Li, H., Li, W. y Hagmann, A. 2018. *Strategic Rehabilitation of Overexploited Aquifers through the Application of Smart Water Management: Handan Pilot Project in China*. Deajeon, República de Corea, K-water. www.iwra.org/wp-content/uploads/2018/11/5-SWM-China-final.pdf.
- Lin, P., He, Z., Gong, Z. y Wu, J., 2018. Coastal Reservoirs in China. *HydroLink*, No. 2018-1, págs. 6–9.
- Liu, J., Xiang, C., Shao, W. y Luan, Y. 2016. Sponge city construction in Xiamen, China. *HydroLink*, No. 2016-4. doi.org/10.3390/w9090594.
- Lopez-Gunn, E., Zorrilla, P., Prieto, F. y Llamas, M. R. 2012. Lost in translation? Water efficiency in Spanish agriculture. *Gestión del Agua Agrícola*, Vol. 108, págs. 83–95. doi.org/10.1016/j.agwat.2012.01.005.
- Lovgren, S. 2019. *Mekong River at its Lowest in 100 Years, Threatening Food Supply*. sitio web de National Geographic. www.nationalgeographic.com/environment/2019/07/mekong-river-lowest-levels-100-years-food-shortages/.
- Lyons, S. 2015. The Jakarta floods of Early 2014: Rising risks in one of the world's fastest sinking cities. OIM (Organización Internacional para las Migraciones), *The State of Environmental Migration 2015 – A Review of 2014*. OIM. publications.iom.int/fr/books/state-environmental-migration-2015-review-2014
- Maktabifard, M., Zaborowska, E. y Makinia, J. 2018. Achieving energy neutrality in wastewater treatment plants through energy savings and enhancing renewable energy production. *Reseñas en Ciencias Ambientales y Bio/Tecnología*, Vol. 17, págs. 655–689. doi.org/10.1007/s11157-018-9478-x.

- Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Madrigal, V. P., Mallinis, G., Dor, E. B., Helman, D., Estes, L., Ciraolo, G., Müllerová, J., Tauro, F., De Lima, M. I., De Lima, J. L. M. P., Maltese, P., Francs, F., Cayon, K., Kohv, M., Perks, M., Ruiz-Pérez, G., Su, Z., Vico, G. y Toth, B. 2018. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Teledetección*, Vol. 10, No. 4, Art. 641. doi.org/10.3390/rs10040641.
- March, H., Morote, Á. F., Rico, A.-M. y Saurí, D. 2017. Household smart water metering in Spain: Insights from the experience of remote meter reading in Alicante. *Sostenibilidad*, Vol. 9, No. 4. doi.org/10.3390/su9040582.
- Marence, M., Tesgera, S. L. y Franca, M. J. 2018. Towards the circularization of the energy cycle by implementation of hydroelectricity production in existing hydraulic systems. S. Barchiesi, C. Carmona-Moreno, C. Dondeynaz y M. Biedler (eds.), *Proceedings of the Workshop on Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) Nexus and Sustainable Development Goals (SDGs)*. Informes de Conferencias y Talleres del JRC. Bruselas, Comisión Europea(EC), págs. 25–31.
- Matthews, J. H., Timboe, I., Amani, A., Bhaduri, A., Dalton, J., Dominique, K., Fletcher, M., Gaillard-Picher, D., Holmgren, T., Leflaive, X., McClune, K., Mishra, A., Koeppel, S., Kerres, M., Krahl, D., Kranefeld, R., Panella, T., Rodriguez, D., Singh, A., Tol, S., White, M., Van de Guchte, C., Van Weert, F., Vlaanderen, N. y Yokota, T. 2018. *Mastering Disaster in a Changing Climate: Reducing disaster through resilient water management*. sitio web del Foro Mundial del Agua. globalwaterforum.org/2018/12/02/mastering-disaster-in-a-changing-climate-reducing-disaster-risk-through-resilient-water-management/.
- McDonald, R. y Shemie, D. 2014. *Urban Water Blueprint: Mapping Conservation Solutions to the Global Water Challenge*. The Nature Conservancy/ C40 Cities Grupo de Liderazgo Climático/Asociación Internacional del Agua. www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/Urban-Water-Blueprint-Report.pdf.
- McGill, B. M., Altchenko, Y., Hamilton, S. K., Kenabatho, P. K., Sylvester, S. R. y Villholth, K. G. 2019. Complex interactions between climate change, sanitation, and groundwater quality: A case study from Ramotswa, Botswana. *Revista de Hidrogeología*, Vol. 27, No. 3, págs. 997–1015. doi.org/10.1007/s10040-018-1901-4.
- McGranahan, G., Lewin, S., Fransen, T., Hunt, C., Kjellén, M., Pretty, J., Stephens, C. y Virgin, I. 1999. *Environmental Change and Human Health in Countries of Africa, the Caribbean and the Pacific*. Estocolmo, Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo (SEI, por sus siglas en inglés). mediamanager.sei.org/documents/Publications/Risk-livelihoods/environmental\_change\_human\_health\_africa.pdf.
- McGranahan, G., Balk, D. y Anderson, B. 2007. The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Medio ambiente y urbanización*, Vol. 19, No. 1. doi.org/10.1177/0956247807076960.
- McGray, H., Hammill, A. y Bradley, R. 2007. *Weathering the Storm: Options for Framing Adaptation and Development*. Washington, DC, Instituto Mundial de Recursos. pdf.wri.org/weathering\_the\_storm.pdf.
- McKinsey & Company. 2018. *Decarbonization of Industrial Sectors: The Next Frontier*. McKinsey & Company. www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/How%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/Decarbonization-of-industrial-sectors-The-next-frontier.ashx.
- McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Le Sueur, D., Schlesinger, M. y Andronova, N. 2004. Global climate change. M. Ezzati, A. D. Lopez, A. Rodgers y C. J. L. Murray (eds.), *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud (OMS), págs. 1543–1650. apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42792/9241580348\_eng\_Volume1.pdf;jsessionid=50DC4781DE24E85BD82C9F800690877F?sequence=1.
- Meera, P., McLain, M. L., Bijlani, K., Jayakrishnan, R. y Rao, B. R. 2016. Serious game on flood risk management. N. R. Shetty, L. M. Patnaik, N. H. Prasad y N. Nalini (eds.) *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications*. Nueva Delhi, Springer.
- Mekonnen, M. M. y Hoekstra, A. Y. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosistemas*, Vol. 15, No. 3, págs. 401–415. doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8.
- \_\_\_\_\_. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, Vol. 2, No. 2. doi.org/10.1126/sciadv.1500323.
- Mendoza, G., Jeuken, A., Matthews, J. H., Stakhiv, E., Kucharski, J. y Gilroy, K. 2018. *Análisis de decisiones informadas sobre el riesgo climático (CRIDA, por sus siglas en inglés): Collaborative Water Resources Planning for an Uncertain Future*. París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265895.
- Metzger, E., Owens, B., Reig, P., Wen, W. H. y Young, R. 2016. *Water-Energy Nexus: Business Risks and Rewards*. Washington, DC, Instituto Mundial de Recursos. www.wri.org/publication/water-energy-nexus.
- Mgbemene, C. A., Nnaji, C. C. y Nwozor, C. 2016. Industrialization and its backlash: Focus on climate change and its consequences. *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 9, No. 4, págs. 301–316. doi.org/10.3923/jest.2016.301.316.
- Miletto, M., Caretta, M. A., Burchi, F. M. y Zanlucchi, G. 2017. *Migration and its Interdependencies with Water Scarcity, Gender and Youth Employment*. Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). unesdoc.unesco.org/images/0025/002589/258968E.pdf.
- Miletto, M., Pangare, V. y Thuy, L. 2019. *Tool 1 – Gender-Responsive Indicators for Water Assessment, Monitoring and Reporting*. Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) Toolkit on Sex-Disaggregated Water Data. París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367971.
- Miller, D. y Hutchins, M. 2017. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. *Revista de Hidrología: Estudios Regionales*, Vol. 12, págs. 345–362. doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006.

- Milly, P. C. D., Dunne, K. A. y Vecchia, A. V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, Vol. 438, No. 7066, págs. 347–350. doi.org/10.1038/nature04312.
- Milly, P. C. D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R. M., Kundzewicz, Z. W., Lettenmaier, D. P. y Stouffer, R. J. 2008. Stationarity is dead: Whither water management? *Ciencia*, Vol. 319, No. 5863, págs. 573–574. doi.org/10.1126/science.1151915.
- Min, S. K., Zhang, X., Zwiers, F. W. y Hegerl, G. C. 2011. Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, Vol. 470, No. 7334, págs. 378–381. doi.org/10.1038/nature09763.
- Ministerio de Asuntos Locales y Medio Ambiente de Túnez/FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)/PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2019. *Tercera Comunicación Nacional de Túnez como Parte de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas*. unfccc.int/sites/default/files/resource/Synth%C3%A8se%20Ang%20Finalis%C3%A9.pdf.
- Ministerio de Ecología y Recursos Naturales de Ucrania. 2013. *National Communication* (NC): NC 6. unfccc.int/documents/198421.
- Ministerio de Economía y Finanzas de Mauritania. 2017. *SCAPP 2016-2030 : Stratégie de Croissance Accélérée et de Prospérité Partagée, Volume 2 : Orientations Stratégiques & Plan d'actions 2016-2020* [SCAPP 2016-2030: Strategy for Accelerated Growth and Shared Prosperity, Volume 2: Strategic Orientations and Action Plans 2016-2020]. República Islámica de Mauritania. www.economie.gov.mr/IMG/pdf/scapp\_volume\_2\_-fr\_16-11-2017.pdf. (en francés.).
- Ministerio de Energía de la República de Kazajstán /PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) en Kazajstán /FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). 2017. *Seventh National Communication and Third Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change*. Astana, Ministerio de Energía de la República de Kazajstán. unfccc.int/sites/default/files/resource/20963851-Kazakhstan-NC7-BR3-1-ENG-Saulet\_Report\_12-2017\_ENG.pdf.
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile. 2014. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático* [National Plan for Climate Change Adaptation]. Government of Chile. www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/Chile%20NAP%20including%20sectoral%20plans%20Spanish.pdf.
- Ministerio del Medio Ambiente de la República de Kenia. 2013. *The National Water Master Plan 2030*. República de Kenia. wasreb.go.ke/national-water-master-plan-2030/.
- Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Física de la República de Macedonia. 2014. *Third National Communication on Climate Change*. Skopje.
- Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Física. unfccc.org.mk/content/Documents/TNP\_ANG\_FINAL.web.pdf.
- Ministerio del Medio Ambiente y Forestal de la República Popular de Bangladés. 2009. *Bangladesh Climate Change Strategy and Action Plan 2009*. Dhaka, Ministerio del Medio Ambiente y Forestal de la República Popular de Bangladés.
- Moazamnia, M., Hassanzadeh, Y., Nadiri, A. A., Khatibi, R., Sadeghfam, S. 2019. Formulating a strategy to combine artificial intelligence models using Bayesian model averaging to study a distressed aquifer with sparse data availability. *Journal of Hydrology*, Vol. 571, págs. 765-781. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.011.
- Mobjörk, M., Gustafsson, M.-T., Sonnsjö, H., Van Baalen, S., Dellmuth, L. M. y Bremberg, N. 2016. *Climate-Related Security Risks. Towards an Integrated Approach*. Solna/Stockhol, Suecia, Estocolmo International Peace Research Institute (SIPRI)/Universidad de Estocolmo. www.sipri.org/publications/2016/climate-related-security-risks.
- Mohammed, H., Longva, A. y Seidu, R. 2018. Predictive analysis of microbial water quality using machine-learning algorithms. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management (Revista de Investigación, Ingeniería y Gestión Ambiental)*, Vol. 74, No. 1, págs. 7–20. doi.org/10.5755/j01.arem.74.1.20083.
- Molle, F. y Tanouti, O. 2017. Squaring the circle: Agricultural intensification vs. water conservation in Morocco. *Agricultural Water Management*, Vol. 192, págs. 170–179. doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.009.
- Molle, F. y Wester, P. (eds). 2009. *River Basin Trajectories: Societies, Environments and Development*. Wallingford, Reino Unido, org Centro internacional de agricultura y biociencia. www.iwmi.cgiar/Publications/CABI\_Publications/CA\_CABI\_Series/River\_Basin\_Trajectories/9781845935382.pdf.
- Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Natali, S. M., Perry, J. E., Roulet, N. y Sutton-Grier, A. E. 2018. Wetlands in a changing climate: Science, policy and management. *Humedales*, Vol. 38, No. 2, págs. 183–205. doi.org/10.1007/s13157-018-1023-8.
- Moran, E. F., Lopez, M. C., Moore, N., Müller, N. y Hyndman, D. W. 2018. Sustainable hydropower in the 21st century. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 115, No. 47, págs. 11891–11898. doi.org/10.1073/pnas.1809426115.
- MRC (Comisión del Río Mekong, por sus siglas en inglés). 2016. *Integrated Water Resources Management-Based Basin Development Strategy 2016–2020 for the Lower Mekong Basin*. Vientián, MRC. www.mrcmekong.org/assets/Publications/strategies-workprog/MRC-BDP-strategy-complete-final-02.16.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2018. *Mekong Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan*. Vientián MRC. www.mrcmekong.org/assets/Publications/MASAP-book-28-Aug18.pdf.
- Mukherji, A., Chowdhury, D. R., Fishman, R., Lamichane, N., Khadgi, V. y Bajracharya, S. 2017. *Sustainable Financial Solutions for the Adoption of Solar Powered Irrigation Pumps in Nepal's Terai*. Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas (ICIMOD, por sus siglas en inglés) Aspecto destacado de la investigación. Katmandú, ICIMOD. lib.icimod.org/record/32565/files/icimodWLE2.pdf.

- MunichRE, NatCatSERVICE. 2019. *NatCatService*. Estadísticas de catástrofes naturales en línea. sitio web de MunichRE. [www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html](http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html).
- Muthuwatta, L., Amarasinghe, U. A., Sood, A. y Surinaidu, L. 2017. Reviving the “Ganges Water Machine”: Where y how much? *Hydrology and Earth System Science*, Vol. 21, págs. 2545–2557. doi.org/10.5194/hess-21-2545-2017
- Naciones Unidas, 2018a. *Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation*. Nueva York, Naciones Unidas. [www.unwater.org/publication\\_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/](http://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/).
- \_\_\_\_\_, 2018b. *United Nations Secretary-General's Plan: Water Action Decade 2018-2028*. Nueva York, Naciones Unidas. [wateractiondecade.org/wp-content/uploads/2018/03/UN-SG-Action-Plan-Water-Action-Decade-web.pdf](http://wateractiondecade.org/wp-content/uploads/2018/03/UN-SG-Action-Plan-Water-Action-Decade-web.pdf).
- \_\_\_\_\_, 2019. *The Sustainable Development Goals Report 2019*. Nueva York, Naciones Unidas. [unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf](http://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf).
- NAS (Academia Nacional de Ciencias, por sus siglas en inglés). 2016. *Attribution of Extreme Weather Events in the Context of Climate Change*. Washington, DC, The National Academies Press. doi.org/10.17226/21852.
- NERC (Consejo de Investigación sobre el Medio Ambiente Natural, por sus siglas en inglés). 2019. *Citizen Scientists Needed to Unearth Historic Weather Records to Help Predict Future Climate*. sitio web de NERC. [nerc.ukri.org/press/releases/2019/11-citizen/](http://nerc.ukri.org/press/releases/2019/11-citizen/).
- Newborne, P., y Dalton, J. 2016. *Water Management and Stewardship: Taking Stock of Corporate Water Behaviour*. Gland/Londres, Suiza/Reino Unido, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza/Instituto de Desarrollo de Ultramar (UICN/ODI, por sus siglas en inglés). [portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-069.pdf](http://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-069.pdf).
- New Climate Economy. 2018. *Unlocking the Inclusive Growth Story of the 21st Century: Accelerating Climate Action in Urgent Times*. Washington, DC, Nueva economía climática. [www.newclimateeconomy.report](http://www.newclimateeconomy.report).
- Newman, J. P., Maier, H. R., Riddell, G. A., Zecchin, A. C., Daniell, J. E., Schaefer, A. M., Van Delden, H., Khazai, B., O'Flaherty, M. J. y Newland, C. P. 2017. Review of literature on decision support systems for natural hazard risk reduction: Current status and future research directions. *Modelado y Software Ambiental*, Vol. 96, págs. 378–409. doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.042.
- Niasse, M. 2017. *Coordinating Land and Water Governance for Food Security and Gender Equality*. Technical Committee (TEC) Background Papers No. 24. Estocolmo, Asociación Mundial para el Agua (GWP). [www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp-tec-no-24\\_web.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp-tec-no-24_web.pdf).
- Northrop, E., Biru, H., Lima, S., Bouye, M. y Song, R. 2016. *Examining the Alignment between the Intended Nationally Determined Contributions and Sustainable Development Goals*. Documento de Trabajo. Washington, DC, Instituto Mundial de Recursos (WRI). [www.wri.org/publication/examining-alignment-between-intended-nationally-determined-contributions-and-sustainable](http://www.wri.org/publication/examining-alignment-between-intended-nationally-determined-contributions-and-sustainable).
- NRDC (Natural Resources Defense Council). 2017. *National Development Banks and Green Investment Banks: Mobilizing Finance in Latin America and the Caribbean toward the Implementation of Nationally Determined Contributions*. NRDC. [www.nrdc.org/sites/default/files/national-development-banks.pdf](http://www.nrdc.org/sites/default/files/national-development-banks.pdf).
- Noticias ONU. 2019. *Four Things the UN Chief wants World Leaders to Know, at Key COP24 Climate Conference Opening*. Naciones Unidas. [news.un.org/en/story/2018/12/1027321.co](http://news.un.org/en/story/2018/12/1027321.co)
- Oates, N., Ross, I., Calow, R., Carter, R. y Doczi, J. 2014. *Adaptation to Climate Change in Water, Sanitation and Hygiene – Assessing Risks, Appraising Options in Africa*. Londres, Instituto de Desarrollo de Ultramar (ODI). [www.odi.org/publications/8154-adaptation-climate-change-water-sanitation-and-hygiene-assessing-risks-appraising-options-africa](http://www.odi.org/publications/8154-adaptation-climate-change-water-sanitation-and-hygiene-assessing-risks-appraising-options-africa).
- OCCLAR (Centro de Impactos Climáticos y Recursos de Adaptación de Ontario, por sus siglas en inglés). 2015. *Climate Change Impacts & Adaptation in Ontario: Industry*. OCCLAR. [www.climateontario.ca/doc/RACII/National\\_Assessment\\_Syntheses/SummarySheets/Chapter5-Industry.pdf](http://www.climateontario.ca/doc/RACII/National_Assessment_Syntheses/SummarySheets/Chapter5-Industry.pdf).
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2008. *Gender and Sustainable Development: Maximising the Economic, Social and Environmental Role of Women*. París Publicaciones de la OCDE. doi.org/10.1787/9789264049901-en.
- \_\_\_\_\_. 2012. *OCDE Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. París Publicaciones de la OCDE. [www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D4DB78962941DAA08F2B58D805](http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D4DB78962941DAA08F2B58D805).
- \_\_\_\_\_. 2015. *OCDE Principles on Water Governance*. Adopted by the OCDE Regional Development Policy Committee on 11 de mayo de 2015. Welcomed by Ministers at the OECD (OCDE) Reunión del Consejo Ministerial del 4 de junio de 2015. [www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governance.pdf](http://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governance.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018. *Climate Finance from Developed to Developing Countries: Public Flows in 2013-17*. París Publicaciones de la OCDE. [www.oecd.org/environment/cc/Climate-finance-from-developed-to-developing-countries-Public-flows-in-2013-17.pdf](http://www.oecd.org/environment/cc/Climate-finance-from-developed-to-developing-countries-Public-flows-in-2013-17.pdf).
- OCDE/FAO (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. *OCDE-FAO Agricultural Outlook 2018–2027*. París/Roma, Publicaciones de la OCDE/FAO. doi.org/10.1787/agr\_outlook-2018-en.
- \_\_\_\_\_. 2019. *OCDE-FAO Agricultural Outlook 2019–2028*. París Publicaciones de la OCDE. doi.org/10.1787/agr\_outlook-2019-en.
- ODI/ECDPM/GDI (Instituto de Desarrollo de Ultramar, por sus siglas en inglés /Centro Europeo para la Gestión de políticas de desarrollo, por sus siglas en inglés /Instituto Alemán de Desarrollo, por sus siglas en inglés). 2012. *The 2011/2012 European Report on Development – Confronting Scarcity: Managing Water, Energy and Land for Inclusive and Sustainable Growth*. Unión Europea (UE).



- OIT (Organización Internacional de las Naciones Unidas). 2016. *WASH@Work: A Self-Training Handbook*. Ginebra, OIT. [www.ilo.org/global/docs/WCMS\\_535058/lang-en/index.htm](http://www.ilo.org/global/docs/WCMS_535058/lang-en/index.htm).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Indigenous Peoples and Climate Change: From Victims to Change Agents through Decent Work*. Ginebra, OIT. [www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-dgreports/-gender/documents/publication/wcms\\_551189.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-dgreports/-gender/documents/publication/wcms_551189.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Job Creation for Syrian Refugees and Jordanian Host Communities through Green Works in Agriculture and Forestry*. Programa de Inversiones Intensivas en Empleo (PIIE). Ginebra, OIT. [www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed\\_emp/documents/publication/wcms\\_661972.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed_emp/documents/publication/wcms_661972.pdf).
- Ohara, M., Nagumo, N., Shrestha, B. B. y Sawano, H. 2018. Evidence-based contingency planning to enhance local resilience to flood disasters. J. Abbot y A. Hammond (eds.), *Recent Advances in Flood Risk Management*. IntechOpen. [www.intechopen.com/books/recent-advances-in-flood-risk-management/evidence-based-contingency-planning-to-enhance-local-resilience-to-flood-disasters](http://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-flood-risk-management/evidence-based-contingency-planning-to-enhance-local-resilience-to-flood-disasters).
- Okaka, F. O. y Odhiambo, B. D. O. 2018. Relationship between flooding and out break of infectious diseases in Kenya: A review of the literature. *Revista de Salud Ambiental y Pública*. [doi.org/10.1155/2018/5452938](https://doi.org/10.1155/2018/5452938).
- Oliveira, J. A. P. 2009. The implementation of climate change related policies at the subnational level: An analysis of three countries. *Habitat International*, Vol. 33, No. 3, págs. 253–259. [doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.10.006](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.10.006).
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2015a. *Seamless Prediction of the Earth Systems: From Minutes to Months*. Ginebra, OMM. [public.wmo.int/en/resources/library/seamless-prediction-of-earth-system-from-minutes-months](http://public.wmo.int/en/resources/library/seamless-prediction-of-earth-system-from-minutes-months).
- \_\_\_\_\_. 2015b. *WMO Guidelines on Multi-Hazard Impact-based Forecast and Warning Services*. Ginebra, OMM. [library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=17257#.XfkjgEF7ncs](http://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=17257#.XfkjgEF7ncs).
- \_\_\_\_\_. 2016. *Use of Climate Predictions to Manage Risks*. Ginebra, OMM y Organización Mundial de la Salud (OMS). [library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3310](http://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3310).
- \_\_\_\_\_. 2019. *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018*. Ginebra, OMM. [library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5789](http://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789).
- OMM/GWP (Organización Meteorológica Mundial/Asociación Mundial para el Agua, por sus siglas en inglés). 2016. *Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda y B. A. Fuchs). Programa de Gestión Integrada de Sequías (IDMP, por sus siglas en inglés), Herramientas Integradas de Manejo de Sequías y Serie de Directrices No. 2. Ginebra, OMM/GWP. [www.droughtmanagement.info/literature/GWP\\_Handbook\\_of\\_Drought\\_Indicators\\_and\\_Indices\\_2016.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf).
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006 *Guideline for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater in Agriculture and Aquaculture*. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824\\_eng.pdf;jsessionid=1572CFBF92C0231F2700A0EEF7F4ECE8?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824_eng.pdf;jsessionid=1572CFBF92C0231F2700A0EEF7F4ECE8?sequence=1).
- \_\_\_\_\_. 2011. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4a edición. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1).
- \_\_\_\_\_. 2012. *Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach the MDG Target and Universal Coverage*. Ginebra, OMS. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2012/globalcosts.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/globalcosts.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2014. *Preventing Diarrhoea through Better Water, Sanitation and Hygiene: Exposures and Impacts in Low- and Middle-Income Countries*. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/150112/9789241564823\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/150112/9789241564823_eng.pdf?sequence=1).
- \_\_\_\_\_. 2015a. *Sanitation Safety Planning: Manual for Safe Use and Disposal of Wastewater, Greywater and Excreta*. Ginebra, OMS. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/ssp-manual/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssp-manual/en/).
- \_\_\_\_\_. 2015b. *OMS CMNUCC Climate and Health Country Profiles – 2015: A Global Overview*. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/208855/OMS\\_FWC\\_PHE\\_EPE\\_15.01\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/208855/OMS_FWC_PHE_EPE_15.01_eng.pdf?sequence=1).
- \_\_\_\_\_. 2015c. *Operational Framework for Building Climate Resilient Health Systems*. Ginebra, OMS. [www.who.int/globalchange/publications/building-climate-resilient-health-systems/en/](http://www.who.int/globalchange/publications/building-climate-resilient-health-systems/en/).
- \_\_\_\_\_. 2016. *Sanitation Safety Planning: Manual for Safe Use and Disposal of Wastewater, Greywater and Excreta*. Ginebra, OMS. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/ssp-manual/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssp-manual/en/).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Climate-Resilient Water Safety Plans: Managing Health Risk Associated with Climate Variability and Change*. Ginebra, OMS. [www.who.int/globalchange/publications/climate-resilient-water-safety-plans/en/](http://www.who.int/globalchange/publications/climate-resilient-water-safety-plans/en/).
- \_\_\_\_\_. 2018a. *Guidelines on Sanitation and Health*. Ginebra, OMS. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/).
- \_\_\_\_\_. 2018b. *COP24 Special Report (Reporte Especial de la 24ª Conferencia de las Partes para la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas): Salud y cambio climático*. Ginebra, OMS. [www.who.int/globalchange/publications/COP24-report-health-climate-change/en/](http://www.who.int/globalchange/publications/COP24-report-health-climate-change/en/).
- \_\_\_\_\_. 2019a. *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435_eng.pdf?sequence=1).
- \_\_\_\_\_. 2019b. *Climate, Sanitation and Health*. Documento de debate. Ginebra, OMS. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/sanitation-waste/sanitation/sanitation-and-climate-change20190813.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/sanitation/sanitation-and-climate-change20190813.pdf?ua=1).

- \_\_\_\_\_. s.f. *Universal Health Coverage*. OMS Observatorio Mundial de la Salud (GHO, por sus siglas en inglés). [apps.who.int/gho/portal/uhc-overview.jsp](https://apps.who.int/gho/portal/uhc-overview.jsp).
- OMS/DFID (Organización Mundial de la Salud/Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido, por sus siglas en inglés). 2009. *Summary and Policy Implications Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change*. Ginebra, OMS. [apps.who.int/iris/handle/10665/44172](https://apps.who.int/iris/handle/10665/44172).
- OMS/UNICEF (Organización Mundial de la Salud/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2015. *Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment*. Ginebra/Nueva York, OMS/UNICEF. [www.unicef.org/publications/index\\_82419.html](http://www.unicef.org/publications/index_82419.html).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines*. Ginebra/Nueva York, OMS/UNICEF. [www.unicef.org/publications/index\\_96611.html](http://www.unicef.org/publications/index_96611.html).
- \_\_\_\_\_. 2018. *JMP Methodology: 2017 Updates and SDG Baselines*. [washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2018-04/JMP-2017-update-methodology.pdf](https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2018-04/JMP-2017-update-methodology.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2017. Especial atención a las desigualdades*. Nueva York, UNICEF/OMS. [data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/](https://data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/).
- ONU AG (United Nations General Assembly). 1966. *International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights*. Asamblea General de las Naciones Unidas resolution 2200A (XXI), 16 de Diciembre de 1966. Series de Tratados, vol. 993. Naciones Unidas. [treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg\\_no=IV-3&chapter=4&clang=en](https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=IV-3&chapter=4&clang=en).
- \_\_\_\_\_. 1992. *Rio Declaration on Environment and Development*. Rio de Janeiro, 3–14 de junio de 1992, Naciones Unidas. [sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1709riodeclarationeng.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1709riodeclarationeng.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2015. Resolución adoptada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. Transformando nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Septuagésimo período de sesiones. [www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A\\_RES\\_70\\_1\\_E.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf).
- ONU-Agua. 2013. *What is Water Security?* Infographic. UN-Water sitio web. [www.unwater.org/publications/water-security-infographic/](http://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/).
- \_\_\_\_\_. 2014. *International Decade for Action, Water for Life 2005–2015* sitio web. [www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml](http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Climate Change and Water*. Un-Water Policy Brief. Ginebra, ONU-Agua. [www.unwater.org/publications/un-water-policy-brief-on-climate-change-and-water/](http://www.unwater.org/publications/un-water-policy-brief-on-climate-change-and-water/).
- ONU Medio Ambiente. 2017. *Country Questionnaire for Indicator 6.5.1. Degree of Integrated Water Resources Management Implementation: Bangladesh*. ONU Medio Ambiente. [iwrmdataportal.unepdhi.org/IWRMDataJsonService/Service1.svc/getNationalSubmissionFile/Bangladesh](https://iwrmdataportal.unepdhi.org/IWRMDataJsonService/Service1.svc/getNationalSubmissionFile/Bangladesh).
- \_\_\_\_\_. 2018. *Progress on integrated water resources management. Global baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: degree of IWRM implementation*. Nairobi, ONU Medio Ambiente. [www.unwater.org/publications/progress-on-integrated-water-resources-management-651/](http://www.unwater.org/publications/progress-on-integrated-water-resources-management-651/).
- ONU Medio Ambiente/ONU-Agua. 2018. *Progress on Water-Related Ecosystems – Piloting the Monitoring Methodology and Initial Findings for SDG Indicator 6.6.1*. ONU Medio Ambiente. [www.unwater.org/publications/progress-on-water-related-ecosystems-661/](http://www.unwater.org/publications/progress-on-water-related-ecosystems-661/).
- ONU Secretario General. 2019. Observaciones de apertura en el Encuentro de Prensa en la Sede de las Naciones Unidas. sitio web Naciones Unidas. [www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2019-08-01/remarks-press-encounter-un-headquarters](http://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2019-08-01/remarks-press-encounter-un-headquarters).
- ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial). 2017a. *Accelerating Clean Energy through Industry 4.0: Manufacturing the Next Revolution*. Nagasawa, T., Pillay, C., Beier, G., Fritzsche, K., Pougel, F., Takama, T., K., Bobashev, I. Vienna, ONUDI. [www.unido.org/sites/default/files/2017-08/REPORT\\_Accelerating\\_clean\\_energy\\_through\\_Industry\\_4.0.Final\\_0.pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/2017-08/REPORT_Accelerating_clean_energy_through_Industry_4.0.Final_0.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017b. *Implementation Handbook for Eco-Industrial Parks*. Vienna, ONUDI. [www.unido.org/sites/default/files/files/2018-05/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook\\_English.pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-05/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook_English.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Eco-Industrial Parks: Achievements and Key Insights From The Global RECP Programme 2012 – 2018*. Vienna, ONUDI. [www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/UNIDO\\_EIP\\_Achievements\\_Publication\\_Final.pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/UNIDO_EIP_Achievements_Publication_Final.pdf).
- \_\_\_\_\_. s.f.a. *Circular Economy*. [www.unido.org/sites/default/files/2017-07/Circular\\_Economy\\_UNIDO\\_0.pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/2017-07/Circular_Economy_UNIDO_0.pdf).
- \_\_\_\_\_. s.f.b. *Green Industry Initiative*. ONUDI sitio web. [www.unido.org/our-focus/cross-cutting-services/green-industry/green-industry-initiative](http://www.unido.org/our-focus/cross-cutting-services/green-industry/green-industry-initiative).
- ONUDI/Grupo del Banco Mundial/GIZ (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial /Grupo del Banco Mundial/Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH) (Corporación Alemana para la Cooperación Internacional). 2017. *An International Framework for Eco-Industrial Parks*. Washington, DC, Banco Mundial. [openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29110](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29110).
- OPCC (Observatorio de Cambio Climático Pirenaico) s.f. *Citizen Science*. OPCC sitio web. [www.opcc-ctp.org/en/contenido/citizen-science](http://www.opcc-ctp.org/en/contenido/citizen-science).
- Otoo, M., Lefore, N., Schmitter, P., Barron, J. y Gebregziabher, G. 2018. *Business Model Scenarios and Suitability: Smallholder Solar Pump-Based Irrigation in Ethiopia. Agricultural Water Management – Making a Business Case for Smallholders*. Research Report No. 172. Colombo, Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI, por sus siglas en inglés). [doi.org/10.5337/2018.207](https://doi.org/10.5337/2018.207).
- Owain, E. L. y Maslin, M. A. 2018. Assessing the relative contribution of economic, political and environmental factors on past conflict and the displacement of people in East Africa. *Comunicaciones Palgrave*, Vol. 4, Art. 47. [doi.org/10.1057/s41599-018-0096-6](https://doi.org/10.1057/s41599-018-0096-6).
- Oxfam International. s.f. *Empowering Women Farmers to End Hunger and Poverty*. sitio web de Oxfam International. [oxfam.org/2zibDck](http://oxfam.org/2zibDck).

- Oxford Business Group. 2014. *The Report: Qatar 2014*. Oxford Business Group. [oxfordbusinessgroup.com/qatar-2014-0](http://oxfordbusinessgroup.com/qatar-2014-0)
- Pahl-Wostl, C., Kabat, P. y Moltgen, J. (eds). 2010. *Adaptive and Integrated Water Management: Coping with Complexity and Uncertainty*. Berlin/ Nueva York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Pappenberger, F., Hannah, C., Dennis, P., Fredrik, W., David, R. y Jutta, T. 2015. The monetary benefit of early flood warnings in Europe. *Ciencia y Políticas Ambientales*, Vol. 51, págs. 278–291. [doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.016](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.016).
- Parker, D. J. y Priest, S. J. 2012. The fallibility of flood warning chains: Can Europe's flood warnings be effective? *Water Resources Management*, Vol. 26, No. 10, págs. 2927–2950. [doi.org/10.1007/s11269-012-0057-6](https://doi.org/10.1007/s11269-012-0057-6).
- Paul, L. y Pütz, K. 2008. Suspended matter elimination in a pre-dam with discharge dependent storage level regulation. *Limnológica*, Vol. 38, No. 3–4, págs. 388–99. [doi.org/10.1016/j.limno.2008.07.001](https://doi.org/10.1016/j.limno.2008.07.001).
- PBL Agencia de Evaluación Ambiental de los países bajos. 2014. *Towards a World of Cities in 2050: An Outlook on Water-Related Challenges*. Informe de antecedentes del Informe Global ONU-Hábitat. La Haya, Países Bajos, Agencia de Evaluación Ambiental de los países bajos PBL. [www.pbl.nl/en/publications/towards-a-world-of-cities-in-2050-an-outlook-on-water-related-challenges](http://www.pbl.nl/en/publications/towards-a-world-of-cities-in-2050-an-outlook-on-water-related-challenges).
- \_\_\_\_\_. 2018. *The Geography of Future Water Challenges*. La Haya, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. [www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-the-geography-of-future-water-challenges-2920\\_2.pdf](http://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-the-geography-of-future-water-challenges-2920_2.pdf).
- Pelto, M. 2016. Alpine glaciers and ice sheets. J. Blunden y D. S. Arndt (eds.), *State of the Climate in 2015. Suplemento Especial al Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense*, Vol. 97, No. 8, págs. S23–S24. [doi.org/10.1175/2016BAMSStateoftheClimate.1](https://doi.org/10.1175/2016BAMSStateoftheClimate.1).
- Pepin, N., Bradley, R. S., Diaz, H. F., Baraer, M., Caceres, E. B., Forsythe, N., Fowler, H., Greenwood, G., Hashmi, M. Z., Liu, X. D., Miller, J. R., Ning, L., Ohmura, A., Palazzi, E., Rangwala, I., Schöner, W., Severskiy, I., Shahgedanova, M., Wang, M. B., Williamson, S. N. y Yang, D. Q. 2015. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 5, No. 5, págs. 424–430. [doi.org/10.1038/nclimate2563](https://doi.org/10.1038/nclimate2563).
- Perera, D., Seidou, O., Agnihotri, J., Rasmy, M., Smakhtin, V., Coulibaly, P. y Mehmood, H. 2019. *Flood Early Warning Systems: A Review of Benefits, Challenges and Prospects*. UNU-INWEH Report Series No. 08. Hamilton, Ont., Universidad de las Naciones Unidas Instituto para el Agua, Medio ambiente y Salud (UNU-INWEH). [inweh.unu.edu/flood-early-warning-systems-a-review-of-benefits-challenges-and-prospects/](http://inweh.unu.edu/flood-early-warning-systems-a-review-of-benefits-challenges-and-prospects/).
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R. G. y Burt, C. M. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Gestión del Agua Agrícola*, Vol. 96, No. 11, págs. 1517–1524. [doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.005](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.005).
- Person, M., Wilson, J. L., Morrow, N. y Post, C. E. A. 2017. Continental-shelf freshwater water resources and improved oil recovery by low-salinity waterflooding. *Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (AAPG, por sus siglas en inglés) Bulletin*, Vol. 101, No. 1, págs. 1–18. [doi.org/10.1306/05241615143](https://doi.org/10.1306/05241615143).
- Phuntsho, S., Dorji, U. y Smith, K. J. 2019. *Coming to Grips with Water: How Bhutan is Overcoming Water Challenges Magnified by the Onset of Climate Change*. Historia de la exposición. Adaptación al clima. sitio web de PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). [undp-adaptation.exposure.co/coming-to-grips-with-water](http://undp-adaptation.exposure.co/coming-to-grips-with-water).
- Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., Shen, Z., Peng, S., Li, J., Zhou, L., Liu, H., Ma, Y., Ding, Y., Friedlingstein, P., Liu, C., Tan, K., Yu, Y., Zhang, T. y Fang, J. 2010. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature*, Vol. 467, págs. 43–51. [doi.org/10.1038/nature09364](https://doi.org/10.1038/nature09364).
- Picek, T., Čížková, H. y Dušek, J. 2007. Greenhouse gas emissions from a constructed wetland—Plants as important sources of carbon. *Ecological Engineering*, Vol. 31, No. 2, págs. 98–106. [doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.008](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.008).
- Pischke, F. y Stefanski, R. 2018. Integrated drought management initiatives. D. Wilhite y R. Pulwarty, *Drought and Water Crises: Integrating Science, Management and Policy*, Segunda Edición. Boca Raton, Calif., EE.UU./Londres/Nueva York, Prensa de CRC.
- Pitcock, J. y Hartmann, J. 2011. Taking a second look: Climate change, periodic relicensing and improved management of dams. *Marine and Freshwater Research*, Vol. 62, págs. 312–320. [doi.org/10.1071/MF09302](https://doi.org/10.1071/MF09302).
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2011. *Paving the Way for Climate-Resilient Infrastructure: Guidance for Practitioners and Planners*. Nueva York, PNUD. [www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/undp\\_paving\\_the\\_way.pdf](http://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/undp_paving_the_way.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2013. *Gender and Disaster Risk Reduction*. Gender and Climate Change – Asia and the Pacific Policy Brief No. 3. Nueva York, PNUD. [www.undp.org/content/dam/undp/library/gender/Gender%20and%20Environment/PB3-AP-Gender-and-disaster-risk-reduction.pdf](http://www.undp.org/content/dam/undp/library/gender/Gender%20and%20Environment/PB3-AP-Gender-and-disaster-risk-reduction.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2015. *Making the Case for Ecosystem-Based Adaptation: The Global Mountain EBA Programme in Nepal, Perú and Uganda*. Nueva York, PNUD. [www.adaptation-undp.org/resources/assessments-and-background-documents/making-case-ecosystem-based-adaptation-global](http://www.adaptation-undp.org/resources/assessments-and-background-documents/making-case-ecosystem-based-adaptation-global).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Human Development Report 2019 – Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century*. Nueva York, PNUD. [hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2019.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2019.pdf).
- PNUD/CMNUCC (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas). 2019. *The Heat is On: Taking Stock of Global Climate Ambition*. NDC Global Outlook Report 2019. Nueva York/Bonn, Alemania, PNUD/CMNUCC. [www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/climate\\_change/ndc-global-outlook-report-2019.html](http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/climate_change/ndc-global-outlook-report-2019.html).
- PNUD-SIWI WGF (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, por sus siglas en inglés Fondo para Gobernanza del Agua). 2015. *Water Governance in Perspective Water Governance Facility 10 Years, 2005–2015*. Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (PNUD/SIWI).

- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2016. *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment*. Nairobi, PNUMA. [www.wwqa-documentation.info/assets/unesp\\_wwqa\\_report\\_web.pdf](http://www.wwqa-documentation.info/assets/unesp_wwqa_report_web.pdf).
- PNUMA/CEPE (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa). 2015. *The Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Neman River Basin*. PNUMA. [www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/wat/04Apr\\_6-7\\_Workshop/Strategy\\_of\\_Adaptation\\_to\\_Climate\\_Change\\_ENG\\_for\\_print.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/wat/04Apr_6-7_Workshop/Strategy_of_Adaptation_to_Climate_Change_ENG_for_print.pdf).
- PNUMA/PNUMA-DHI Partnership/UICN/TNC/WRI (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Asociación PNUMA-DHI /Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales/The Nature Conservancy, por sus siglas en inglés/Instituto Mundial de Recursos, por sus siglas en inglés). 2014. *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*. PNUMA. [www.unepdhi.org/-/media/microsite\\_unepdhi/publications/documents/unesp/web-unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en-20140814.pdf](http://www.unepdhi.org/-/media/microsite_unepdhi/publications/documents/unesp/web-unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en-20140814.pdf).
- Poff, N. L., Brinson, M. M. y Day Jr, J. W. 2002. *Aquatic Ecosystems and Global Climate Change: Potential Impacts on Inly Freshwater and Coastal Wetland Ecosystems in the United States*. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change. [www.pewtrusts.org/-/media/legacy/uploadedfiles/wwwpewtrustsorg/reports/protecting\\_ocean\\_life/envclimateaquaticecosystemspdf.pdf](http://www.pewtrusts.org/-/media/legacy/uploadedfiles/wwwpewtrustsorg/reports/protecting_ocean_life/envclimateaquaticecosystemspdf.pdf)
- Polade, S. D., Pierce, D. W., Cayan, D. R., Gershunov, A. y Dettinger, M. D. 2014. The key role of dry days in changing regional climate and precipitation regimes. *Scientific Reports*, Vol. 4, Art. 4364, págs. 1–8. doi.org/10.1038/srep04364.
- Pories, L. 2016. Income-enabling, not consumptive: Association of household socio-economic conditions with safe water and sanitation. *Aquatic Procedia*, Vol. 6, págs. 74–86. doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.06.009.
- Post, V., Groen, J., Kooi, H., Person, M. y Ge, S. 2013. Offshore fresh groundwater reserves as a global phenomenon. *Nature*, Vol. 504, págs. 71–78. doi.org/10.1038/nature12858.
- PPIC Centro de Políticas del agua. 2018. *Storing Water*. California's Water Briefing Series. Instituto de Políticas Públicas de California (PPIC, por sus siglas en inglés) Centro de Políticas del agua. [www.ppic.org/wp-content/uploads/californias-water-storing-water-november-2018.pdf](http://www.ppic.org/wp-content/uploads/californias-water-storing-water-november-2018.pdf).
- Pritchard, H. D. 2019. Asia's shrinking glaciers protect large populations from drought stress. *Naturaleza*, Vol. 569, No. 7758, págs. 649–654. doi.org/10.1038/s41586-019-1240-1.
- Pugh, T. A. M., Lindeskog, M., Smith, B., Poulter, B., Arneeth, A., Haverd, V. y Calle, L. 2019. The role of forest regrowth in global carbon sink dynamics. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 116, No. 10, págs. 4382–4387. doi.org/10.1073/pnas.1810512116
- Qadir, M. 2018. Addressing trade-offs to promote safely managed wastewater in developing countries. *Economía y Política del Agua*, Vol. 4, No. 2, págs. 1–10. doi.org/10.1142/S2382624X18710029.
- Qadir, M., Jiménez, G., Farnum, R. L., Dodson, L. L. y Smakhtin, V. 2018. Fog water collection: Challenges beyond technology. *Agua*, Vol. 10, pág. 372. doi.org/10.3390/w10040372.
- Qadir, M., Sharma, B. R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R. y Karajeh, F. 2007. Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Gestión del Agua Agrícola*, Vol. 87, No. 1, págs. 2–22. doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.018.
- Qadir, M. y Smakhtin, V. 2018. Where the water is. *Project Syndicate* (17 de mayo de 2018). [www.project-syndicate.org/commentary/tapping-unconventional-freshwater-sources-by-manzoor-qadir-and-vladimir-smakhtin-2018-05?barrier=accesspaylog](http://www.project-syndicate.org/commentary/tapping-unconventional-freshwater-sources-by-manzoor-qadir-and-vladimir-smakhtin-2018-05?barrier=accesspaylog)
- R20 para el cambio climático. 2018. *Up to USD 1.4 Billion to Finance Clean Infrastructure Projects in Africa*. sitio web de R20. [regions20.org/2018/09/28/usd-1-4-billion-finance-clean-infrastructure-projects-africa/](http://regions20.org/2018/09/28/usd-1-4-billion-finance-clean-infrastructure-projects-africa/).
- Rafico, R. 2014. Iceberg media. *Revista Internacional de Comunicación*, Vol. 8, págs. 2525–2530.
- Rajagopalan, P., Santamouris, M. y Andamo, M. M. 2017. Public engagement in urban microclimate research: An overview of a citizen science project. M. A. Schnabel (ed.), *Back to the Future: The Next 50 Years*. Wellington, Asociación de Ciencias Arquitectónicas.
- Ramsar Convention on Wetlands. 2018. *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People 2018*. Gland, Suiza, Ramsar Convention Secretariat. [www.global-wetland-outlook.ramsar.org/outlook](http://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/outlook).
- Räsänen, T. A., Varis, O., Scherer, L. y Kumm, M. 2018. Greenhouse gas emissions of hydropower in the Mekong River Basin. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 13, No. 3, 034030. doi.org/10.1088/1748-9326/aaa817.
- Rasheed, K. B. S. 2008. *Bangladesh: Resource and Environmental Profile*. Dhaka, A H Development Publishing House.
- Rasmussen, P., Sonnenborg, T. O., Goncear, G. y Hinsby, K. 2013. Assessing impacts of climate change, sea level rise, and drainage canals on saltwater intrusion to coastal aquifer. *Hidrología y Ciencia del Sistema Terrestre*, Vol. 17, págs. 421–443. doi.org/10.5194/hess-17-421-2013.
- Ray, D. K., Gerber, J. S., MacDonald, G. K. y West, P. C. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, Vol. 6, Art. 5989, págs. 1–9. doi.org/10.1038/ncomms6989.
- Reinmar, S., Dietrich, K., Schweizer, S., Bawa, K. S., Chopde, S., Zaman, F., Sharma, A., Bhattacharya, S., Devkota, L. P. y Khaling, S. 2018. Progress on integrating climate change adaptation and disaster risk reduction for sustainable development pathways in South Asia: Evidence from six research projects. *Revista Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres*, Vol. 31, págs. 92–101. doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.04.023.



- República de Camerún. 2009a. *Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE): Cadre de référence de l'action gouvernementale pour la période 2010–2020* [Documento Estratégico para el Crecimiento y Empleo: Marco de Referencia Para Acciones Gubernamentales durante el Período 2010–2020]. República de Camerún. [www.undp.org/content/dam/cameroon/docs-one-un-cameroun/2017/dsce.pdf](http://www.undp.org/content/dam/cameroon/docs-one-un-cameroun/2017/dsce.pdf). (en francés.)
- República de Camerún. 2009b. *Cameroun Vision 2035* [Visión de Camerún 2035]. República de Camerún. [extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cmr145894.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cmr145894.pdf). (en francés.)
- República de Camerún. 2015. *Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Cameroun* [Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Camerún]. República de Camerún. [www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/PNACC\\_Cameroun\\_VF\\_Valid%C3%A9\\_24062015%20-%20FINAL.pdf](http://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/PNACC_Cameroun_VF_Valid%C3%A9_24062015%20-%20FINAL.pdf). (en francés.)
- República de Indonesia. 2014a. *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015–2019* [National Medium Term Development Plan 2015–2019]. [extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ins183392.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ins183392.pdf). (en indonesio)
- República de Indonesia. 2014b. *Plan de Acción Nacional sobre el Cambio Climático*.
- República de Kazajstán. 2012. *Strategy "Kazakhstan-2050": New Political Course of the Established State*. Discurso del Presidente de la República de Kazajstán, Líder de la Nación, N. Nazarbayev. [www.akorda.kz/en/addresses/addresses\\_of\\_president/address-by-the-president-of-the-republic-of-kazakhstan-leader-of-the-nation-nazarbayev-strategy-kazakhstan-2050-new-political-course-of-the-established-state](http://www.akorda.kz/en/addresses/addresses_of_president/address-by-the-president-of-the-republic-of-kazakhstan-leader-of-the-nation-nazarbayev-strategy-kazakhstan-2050-new-political-course-of-the-established-state).
- República de Kenia. 2018. *Third Medium Term Plan 2018–2022. Transforming Lives: Advancing Socio-Economic Development through the "Big Four"*. Nairobi, Gobierno de la República de Kenia. [planning.go.ke/wp-content/uploads/2018/12/THIRD-MEDIUM-TERM-PLAN-2018-2022.pdf](http://planning.go.ke/wp-content/uploads/2018/12/THIRD-MEDIUM-TERM-PLAN-2018-2022.pdf).
- República de Túnez. 2016. *Transcripción de Título Original* [Plan de Desarrollo 2016–2020]. [www.mdici.gov.tn/wp-content/uploads/2017/06/Volume\\_Global.pdf](http://www.mdici.gov.tn/wp-content/uploads/2017/06/Volume_Global.pdf). (en árabe).
- República Islámica de Mauritania. 2004. *Programa Nacional de Acciones para la Adaptación al Cambio Climático* (PANA-RIM). Nouakchott, Ministerio de Desarrollo Rural y de Medio ambiente, República Islámica de Mauritania. [www4.unfccc.int/sites/NAPC/Country%20Documents/Parties/mau01e.pdf](http://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Country%20Documents/Parties/mau01e.pdf).
- República Popular de Bangladés. 2015. *Seventh Five-Year Plan FY2016–FY2020: Accelerating Growth, Empowering Citizens*. Dhaka, División General de Economía (GED, por sus siglas en inglés) de la Comisión de Planificación de Bangladesh. [www.unicef.org/bangladesh/sites/unicef.org/bangladesh/files/2018-10/7th\\_FYP\\_18\\_02\\_2016.pdf](http://www.unicef.org/bangladesh/sites/unicef.org/bangladesh/files/2018-10/7th_FYP_18_02_2016.pdf).
- Richey, A. S., Thomas, B. F., Lo, M.-H., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Voss, K., Swenson, S. y Rodell, M. 2015. Quantifying renewable groundwater stress with GRACE. *Water Resources Research (Investigación en Recursos Hídricos)*, Vol. 51, págs. 5217–5238. [doi.org/10.1002/2015WR017349](https://doi.org/10.1002/2015WR017349).
- Ringler, C., Choufani, J., Chase, C., McCartney, M., Mateo-Sagasta, J., Mekonnen, D. y Dickens, C. 2018. *Meeting the Nutrition and Water Targets of the Sustainable Development Goals: Achieving Progress through Linked Interventions*. WLE (Agua, Tierra y Ecosistemas) Investigación para el Desarrollo (R4D) Serie de Aprendizaje No. 7. Colombo/Washington, DC, Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI) CGIAR Programa de Investigación sobre Agua, Tierra y Ecosistemas (WLE)/El Banco Mundial. [doi.org/10.5337/2018.221](https://doi.org/10.5337/2018.221).
- Rodell, M., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., Reager, J. T., Beaudoin, H. K., Landerer, F. W. y Lo, M. H. 2018. Emerging trends in global freshwater availability. *Naturaleza*, Vol. 557, No. 7707, págs. 651–659. [doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1).
- Roidt, M. y Avellán, T. 2019. Learning from Integrated Management Approaches to implement the Nexus. *Journal of Environmental Management*, Vol. 237, págs. 609–616. [doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.106](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.106).
- Rojas, M., Lambert, F., Ramirez-Villegas, J. y Challinor, A. J. 2019. Emergence of robust precipitation changes across crop production areas in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Vol. 116, No. 14, págs. 6673–6678. [doi.org/10.1073/pnas.1811463116](https://doi.org/10.1073/pnas.1811463116).
- Rothausen, S. G. y Conway, D. 2011. Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector. *Nature Climate Change (Cambio Climático Naturaleza)*, Vol. 1, No. 4, págs. 210–219. [doi.org/10.1038/nclimate1147](https://doi.org/10.1038/nclimate1147).
- Ruiz, R. 2015. Media environments: Icebergs/screens/history. *Revista de Estudios del Norte*, Vol. 9, No. 1, págs. 33–50.
- Rulli, M. C., Bellomi, D., Cazzoli, A., De Carolis, G. y D'Odorico, P. 2016. The water-land-food nexus of first-generation biofuels. *Informes Científicos*, Vol. 6, Art. 22521. [doi.org/10.1038/srep22521](https://doi.org/10.1038/srep22521).
- Ryan, S. F., Adamson, N. L., Aktipis, A., Andersen, L. K., Austin, R., Barnes, L., Beasley, M. R., Bedell, K. D., Briggs, S., Chapman, B., Cooper, C. B., Corn, J. O., Creamer, N. G., Delborne, J. A., Domenico, P., Driscoll, E., Goodwin, J., Hjarling, A., Hulbert, J. M., Isard, S., Just, M. G., Kar Gupta, K., López-Urbe, M. M., O'Sullivan, J., Landis, E. A., Madden, A. A., McKenney, E. A., Nichols, L. M., Reading, B. J., Russell, S., Sengupta, N.,
- Shapiro, L. R., Shell, L. K., Sheard, J. K., Shoemaker, D. D., Sorger, D. M., Starling, C., Thakur, S., Vatsavai, R. R., Weinstein, M., Winfrey, P. y Dunn, R. R. 2018. The role of citizen science in addressing grand challenges in food and agriculture research. *Actas de la Royal Society B: Ciencias Biológicas*, Vol. 285, No. 1981. [doi.org/10.1098/rspb.2018.1977](https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1977).
- Sadoff, C. y Muller, M. 2009. *Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses*. Asociación Mundial para el Agua. Comité Técnico (GWP TEC) Documentos de antecedentes No. 14. Estocolmo, GWP. [www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/14-water-management-water-security-and-climate-change-adaptation-early-impacts-and-essential-responses-2009-english.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/14-water-management-water-security-and-climate-change-adaptation-early-impacts-and-essential-responses-2009-english.pdf).
- San Francisco Water Power Sewer (Agua, Energía, Alcantarillado de San Francisco). s.f. *Water Meter Plumbing Leak Check*. Agua, Energía, Alcantarillado de San Francisco sitio web. [sfwater.org/index.aspx?page=527](http://sfwater.org/index.aspx?page=527).

- Saravanan, V. S., McDonald, G. T. y Mollinga, P. P. 2009. Critical review of Integrated Water Resources Management: Moving beyond polarised discourse. *Natural Resources Forum (Foro de Recursos Naturales)*, Vol. 33, No. 1, págs. 76–86. doi.org/10.1111/j.1477-8947.2009.01210.x.
- Saravi, S., Kalawsky, R., Joannou, D., Casado, M. R., Fu, G. y Meng, F. 2019. Use of artificial intelligence to improve resilience and preparedness against adverse flood events. *Water (Agua)*, Vol. 11, No. 5, Art. 973. doi.org/10.3390/w11050973.
- Sarkar, A. y Pandey, P. 2015. River water quality modelling using artificial neural network technique. *Aquatic Procedia*, Vol. 4, págs. 1070–1077. doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.135.
- Scanlon, B. R. y Smakhtin, V. 2016. Focus on water storage for managing climate extremes and change. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 11, 120208. doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/120208.
- Schaar, J. 2018. *The Relationship between Climate Change and Violent Conflict*. Green Tool Box/Peace y Security Tool Box (Herramientas Verdes/Herramientas Paz y Seguridad: Documento de Trabajo 2017. Estocolmo, Agencia para la Cooperación para el Desarrollo Internacional de Suecia (SIDA, por sus siglas en inglés). www.sida.se/contentassets/c571800e01e448ac9dce2d097ba125a1/working-paper-climate-change-and-conflict.pdf.
- 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. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 111, No. 9, págs. 3245–3250. doi.org/10.1073/pnas.1222460110.
- Schmitter, P., Kibret, K. S., Lefore, N., Barron, J. 2018. Suitability mapping framework for solar photovoltaic pumps for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *Applied Geography (Geografía aplicada)*, Vol. 94, págs. 41–57. doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.008.
- Schoeman, J., Allan, C. y Finlayson, C. M. 2014. A new paradigm for water? A comparative review of integrated, adaptive and ecosystem-based water management in the Anthropocene. *International Journal of Water Resources Development (Revista Internacional de Desarrollo de Recursos Hídricos)*, Vol. 30, No. 3, págs. 377–390. doi.org/10.1080/07900627.2014.907087.
- Schreiber, L. 2019. *Keeping the Taps Running: How Cape Town Averted 'Day Zero' 2017–2018*. Innovations for Successful Societies (Innovaciones para sociedades exitosas). Universidad de Princeton. successfulsocieties.princeton.edu/publications/keeping-taps-running-how-cape-town-averted-day-zero-2017-2018.
- Schulte, P. 2018. *The Types of Water Risk: The Many Ways Water Challenges Can Affect Your Business*. sitio web de CEO Water Mandate.
- Schwärzel, K., Zhang, L., Strecker, A. y Podlasly, C. 2018. Improved water consumption estimates of black locust plantations in China's loess plateau. *Forests (Bosques)*, Vol. 9, No. 4, págs. 1–21. doi.org/10.3390/f9040201.
- Scott, C. A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F. y Varela-Ortega, C. 2014. Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology and Earth Systems Science (Hidrología y Ciencia de Sistemas de la Tierra)*, Vol. 18, págs. 1339–1348. doi.org/10.5194/hess-18-1339-2014.
- Scott, M. 2019. *Cities Are On The Front Line Of Tackling Climate Change – And They Need To Do More*. sitio web de Forbes. www.forbes.com/sites/mikescott/2019/06/05/cities-are-on-the-front-line-of-tackling-climate-change-and-they-need-to-do-more/#39626d8738fb.
- Scott, M. y Lindsey, R. 2018. 2017 *State of the Climate: Global Drought*. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA, por sus siglas en inglés) sitio web. www.climate.gov/news-features/featured-images/2017-state-climate-global-drought.
- Seckler, D., Barker, R. y Amarasinghe, U. 1999. Water scarcity in the twenty-first century. *International Journal of Water Resources Development (Revista Internacional de Desarrollo de Recursos Hídricos)*, Vol. 15, No. 1–2, págs. 29–42.
- See, L. 2019. A review of citizen science and crowdsourcing in applications of pluvial flooding. *Frontiers in Earth Science (Fronteras en la Ciencia de la Tierra)*. doi.org/10.3389/feart.2019.00044.
- See, L., Fritz, S., Dias, E., Hendriks, E., Mijling, B., Snik, F., Stames, P., Vescovi, F. D., Zeug, G., Mathieu, P.-P., Desnos, Y.-L. y Rast, M. 2016. Supporting earth-observation calibration and validation: A new generation of tools for crowdsourcing y citizen science. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine (Revista de Geociencia y Teledetección)*, Vol. 4, No. 3, págs. 38–50. doi.org/10.1109/MGRS.2015.2498840.
- Senogur, B., Koklu, R. y Ates, A. 2015. Water quality assessment using artificial intelligence techniques: SOM and ANN—A case study of Melen River Turkey. *Water Quality, Exposure and Health (Calidad del agua, Exposición y Salud)*, Vol. 7, No. 4, págs. 469–490. doi.org/10.1007/s12403-015-0163-9.
- Sermet, Y. y Demir, I. 2018. An intelligent system on knowledge generation and communication about flooding. *Modelado y Software Ambiental*, Vol. 108, págs. 51–60. doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.06.003.
- SERVIR-Mekong. s.f. *Historical Flood Analysis Tool*. United States Agency for International Development/National Aeronautics and Space Administration/ el Centro Asiático de Preparación para Casos de Desastre (USAID/NASA/ADPC). servir.adpc.net/tools/historical-flood-analysis-tool.
- Shah T. 2005. Groundwater y human development: Challenges and opportunities in livelihoods and environment. *Water, Science & Technology (Agua, Ciencia y Tecnología)*, Vol. 51, No. 8, págs. 27–37.
- \_\_\_\_\_. 2009. *Taming the Anarchy: Groundwater Governance in South Asia*. Washington, DC/Colombo, Recursos del Futuro/Instituto Internacional de la Gestión del Agua (IWMI). cgspace.cgiar.org/handle/10568/36566.
- \_\_\_\_\_. 2016. *Increasing Water Security: The Key to Implementing the Sustainable Development Goals*. Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP TEC) Documentos de antecedentes No. 22. Estocolmo, GWP. cgspace.cgiar.org/handle/10568/78624.

- 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 (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 13, No. 11. doi.org/10.1088/1748-9326/aae53f.
- Shao, J., Jiang, Y., Wang, Z., Peng, L., Luo, S., Gu, J. y Li, R. 2014. Interactions between algicidal bacteria and the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*: Landtic characteristics and physiological responses in the cyanobacteria. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental*, Vol. 11, No. 2, págs. 469–476. doi.org/10.1007/s13762-013-0205-4.
- Shrestha, M. S., Goodrich, C. G., Udas, P., Rai, D. M., Gurung, M. B. y Khadgi, V. 2016. *Flood Early Warning Systems in Bhutan: A Gendered Perspective*. ICIMOD Documento de Trabajo No. 2016/13. Katmandú, Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas (ICIMOD, por sus siglas en inglés). lib.icimod.org/record/32377/files/icimodEWS-WP01613.pdf.
- Sieber H. U., Socher, M. 2010. Adaption of Operation of Saxon Dams to Changing Developments. 15o Simposio Alemán de Presas. *Wasserwirtschaft*, Vol. 100, No. 4, págs. 29–31.
- Siebert, S., Henrich, V., Frenken, K. y Burke, J. 2013. *Update of the Global Map of Irrigation Areas to Version 5*. Informe del proyecto. -/Bonn, Alemania, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Instituto de Ciencia de Cultivos y Conservación de Recursos Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität. doi.org/10.13140/2.1.2660.6728.
- Siebert, S., Kumm, M., Porkka, M., Döll, P., Ramankutty, N. y Scanlon, B. R. 2015. Conjunto de datos de riego histórico (HID, por sus siglas en inglés). *Hydrology and Earth System Sciences*, (Hidrología y Ciencias del Sistema De la Tierra) Vol. 19, págs. 1521–1545. doi.org/10.13019/M20599.
- Sit, M. A., Koçlu, C. y Demir, I. 2019. Identifying disaster-related tweets and their semantic, spatial and temporal context using deep learning, natural language processing and spatial analysis: A case study of Hurricane Irma. *International Journal of Digital Earth (Revista Internacional de La Tierra Digital)*, pp.1–25. doi.org/10.1080/17538947.2018.1563219.
- Sitharam, T. G. 2018. Envisaging a freshwater reservoir in the Arabian Sea to impound the flood waters of Netravati River. *HydroLink*, No. 2018-1, págs. 18–20.
- SIWI (Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, por sus siglas en inglés). 2018. *How Landscapes and Water Mitigate Climate Change*. Reporte de Políticas. Estocolmo, SIWI.
- SIWI (Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, por sus siglas en inglés) s.f. *Mensajes clave. SIWI at COP24*. sitio web del SIWI.
- Skoularikis, C., Filali-Meknassi, Y., Aureli, A., Amani, A. y Jimenez-Cisneros, B. 2018. Information-communication technologies as an Integrated Water Resources Management (GIRH) tool for sustainable development. D. Komatina, *Achievements and Challenges of Integrated River Basin Management*. IntechOpen. doi.org/10.5772/intechopen.74700.
- Smith, M. y Jønch Clausen, T. 2018. *Revitalising IWRM for the 2030 Agenda*. Documento del Consejo Mundial del Agua sobre Desafíos para el Panel de Alto Nivel en el GIRH en el 8o Foro Mundial del Agua, Brasilia, Brasil. Marsella, Francia, Consejo Mundial del Agua (WWC, por sus siglas en inglés). www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/Forum\_docs/WWC\_IWRM-Challenge\_Paper.pdf.
- \_\_\_\_\_. s.f. *Integrated Water Resource Management: A New Way Forward*. A Discussion Paper of the World Water Council Task Force on IWRM. Marsella, Francia, Consejo Mundial del Agua (WWC, por sus siglas en inglés). www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/Initiatives/IWRM/Integrated\_Water\_Resource\_Management-A\_new\_way\_forward%20.pdf.
- Smith, P. J., Brown, S. y Dugar, S. 2017. Community-based early warning systems for flood risk mitigation in Nepal. *Peligros Naturales y Ciencias del Sistema Terrestre*, Vol. 17, No. 3, págs. 423–437. doi.org/10.5194/nhess-17-423-2017.
- Sood, A. y Smakhtin, V. 2014. Can desalination and clean energy combined help to alleviate global water scarcity? *Journal of American Water Resource Association*, Vol. 50, No. 5, págs. 1111–1123. doi.org/10.1111/jawr.12174.
- Soriano, E., De Resende Londe, L., Torres di Gregorio, L., Pellegrini Coutinho, M. y Bacellar Lima Santos, L. 2016. Water crisis in São Paulo evaluated under the disaster's point of view. *Ambiente & Sociedade [Environment & Society]*, Vol. 19, No.1. doi.org/10.1590/1809-4422asoc150120r1v1912016.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., De Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson, K. M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L. J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Rockström, J. y Willett, W. 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Naturaleza*, Vol. 562, págs. 519–525. doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0.
- Srivasta, S., Vaddadi, S. y Sadistap, S. 2018. Smartphone-based system for water quality analysis. *Applied Water Science*, Vol. 8, Art. 130. doi.org/10.1007/s13201-018-0780-0.
- Steffens, G. 2018. *Changing Climate Forces Desperate Guatemalans to Migrate*. sitio web de National Geographic. www.nationalgeographic.com/environment/2018/10/drought-climate-change-force-guatemalans-migrate-to-us/.
- Stone, D., Auffhammer, M., Carey, M., Hansen, G., Huggel, C., Cramer, W., Lobell, D., Molau, U., Solow, A., Tibig, L. y Yohe, G. 2013. The challenge to detect and attribute effects of climate change on human y natural systems. *Cambio climático*, Vol. 121, No. 2, págs. 381–395. doi.org/10.1007/s10584-013-0873-6.
- Stuchtey, M. 2015. *Rethinking the Water Cycle*. McKinsey & Company sitio web. www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/rethinking-the-water-cycle?reload.
- Su, L., Miao, C., Kong, D., Duan, Q., Lei, X., Hou, Q. y Li, H. 2018. Long-term trends in global river flow and the causal relationships between river flow and ocean signals. *Revista de Hidrología*, Vol. 563, págs. 818–833. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.058.

- Sugden, F., Maskey, N., Clement, F., Ramesh, V., Philip, A., y Rai, A. 2015. Agrarian stress and climate change in the eastern Gangetic plains: Gendered vulnerability in a stratified social formation. *Cambio Ambiental Global*, Vol. 29, págs. 258–269. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.008.
- Suriyagoda, N. 2017. *PPIAF Climate Change Strategy and Business Proposal for FY18-FY22 (English)*. Washington, D.C, Grupo del Banco Mundial. documents.worldbank.org/curated/en/730391496765836681/PPIAF-climate-change-strategy-and-business-proposal-for-FY18-FY22.
- Sweden. 2018. *Implementation Brief to HLPF on SDG 6 on Clean Water and Sanitation*. Estocolmo, Suecia. www.government.se/49f47b/contentassets/3bef47b49ed64a75bcd56ff053ccaea/6—clean-water-and-sanitation.pdf
- Tall, A. y Brandon, C. J. 2019. *The Grupo del Banco Mundial's Action Plan on Climate Change Adaptation and Resilience: Managing Risks for a More Resilient Future (English)*. Washington, DC, Grupo del Banco Mundial. documents.worldbank.org/curated/en/519821547481031999/The-World-Bank-Groups-Action-Plan-on-Climate-Change-Adaptation-and-Resilience-Managing-Risks-for-a-More-Resilient-Future.
- Tan, A., Adam, J. C. y Lettenmaier, D. P. 2011. Change in spring snowmelt timing in Eurasian Arctic rivers. *Diario de Investigación geofísica: Atmósferas*, Vol. 116, No. 3D, págs. 1–12. doi.org/10.1029/2010JD014337.
- Tao, W. 2015. Comparative analysis of greenhouse gas emission from three types of constructed wetlands. *Investigación forestal*, Vol. 4, No. 2, e116. doi.org/10.4172/2168-9776.1000e116.
- Tapley, B. D., Watkins, M., Flechtner, F., Reigber, C., Bettadpur, S., Rodell, M., Sasgen, I., Famiglietti, J., Landerer, F., Chambers, D., Reager, J., Gardner, A., Save, H., Ivins, E., Swenson, S., Boening, C., Dahle, C., Wiese, D., Dobslaw, H., Tamisiea, M. y Velicogna, I. 2019. Contributions of GRACE to understanding climate change. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 9, págs. 358–369. doi.org/10.1038/s41558-019-0456-2.
- Tauro, F., Selker, J., Van de Giesen, N., Abrate, T., Uijlenhoet, R., Porfiri, M., Manfreda, S., Caylor, K., Moramarco, T., Benveniste, J., Ciraolo, G., Estes, L., Domeneghetti, A., Perks, M. T., Corbari, C., Rabiei, E., Ravazzani, G., Bogena, H., Harfouche, A., Brocca, L., Maltese, A., Wickert, A., Tarpanelli, A., Good, S., Lopez Alcalá, J. M., Petroselli, A., Cudennec, C., Blume, T., Hut, R. y Grimaldi, S. 2018. Measurements y observations in the XXI century (MOXXI): Innovation and multi-disciplinarity to sense the hydrological cycle. *Revista de Ciencias Hidrológicas*, Vol. 63, No. 2, págs. 169–196. doi.org/10.1080/02626667.2017.1420191.
- Tavakol-Davani, H., Goharian, E., Hansen, C. H., Tavakol-Davani, H., Apul, D. y Burian, S. J. 2016. How does climate change affect combined sewer overflow in a system benefiting from rainwater harvesting systems? *Ciudades y sociedad sostenibles*, Vol. 27, págs. 430–438. dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.003.
- Taylor, R., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., LeBlanc, M., Famiglietti, J., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T. R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M. F. P., MacDonald, A., Fan, Y., Maxwell, R. M., Yechieli, Y., Gurdak, J. J., Allen, D., Shamsudduha, M., Hiscock, K., Yeh, P. J.-F., Holman, I. y Treidel, H. 2012. Ground water y climate change. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*. Vol. 3, págs. 322–329. doi.org/10.1038/nclimate1744.
- Taylor, R. 2009. Rethinking Water Scarcity: The Role of Storage. *EoS*, Vol. 90, No. 28. doi.org/10.1029/2009EO280001.
- Taylor, R. G., Koussis, A. D. y Tindimugaya, C. 2009. Groundwater and climate in Africa—A review. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 54, No. 4, págs. 655–664. doi.org/10.1623/hysj.54.4.655.
- Thebo, A. L., Drechsel, P., Lambin, E. F. y Nelson, K. L. 2017. A global, spatially-explicit assessment of irrigated croplands influenced by urban wastewater flows. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 12, No. 7. doi.org/10.1088/1748-9326/aa75d1.
- Thomas-Blate, J. 2018. *Dam Good Year for Dam Removal in 2017*. American Rivers sitio web. www.americanrivers.org/2018/02/dam-removal-in-2017/.
- Thunberg, G. 2019. If world leaders choose to fail us, my generation will never forgive them. *The Guardian* (23 de septiembre de 2019). www.theguardian.com/commentisfree/2019/sep/23/world-leaders-generation-climate-breakdown-greta-thunberg.
- Timmerman, J. G., Matthews, J., Koepfel, S., Valensuela, D., Vlaanderen, N. 2017. Improving governance in transboundary cooperation in water and climate change adaptation. *Política de agua*, Vol. 19, No. 6, págs. 1014–1029. doi.org/10.2166/wp.2017.156.
- Tiwari, V. M., Wahr, J. y Swenson, S. 2009. Dwindling groundwater resources in northern India, from satellite gravity observations. *Geophysical Research Letters*, Vol. 36, L18401. doi.org/10.1029/2009GL039401.
- Tompkins, E. L. y Adger, N. 2005. Defining response capacity to enhance climate change policy. *Environmental Science and Policy*, Vol. 8, No. 6, págs. 562–571. doi.org/10.1016/j.envsci.2005.06.012.
- Tovar, C., Arnillas, C. A., Cuesta, F. y Buytaert, W. 2013. Diverging responses of Tropical Andean biomes under future climate conditions. *PLOS One*, Vol. 8, e63634. doi.org/10.1371/journal.pone.0063634.
- Trenberth, K. E., Dai, A., Van der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R. y Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 4, págs. 17–22. doi.org/10.1038/nclimate2067.
- Trevino-Garrison, I., DeMent, J., Ahmed, F. S., Haines-Lieber, P., Langer, T., Ménager, H., Neff, J., Van der Merwe, D. y Carney, E. 2015. Human illnesses and animal deaths associated with freshwater harmful algal blooms—Kansas. *Toxins*, Vol. 7, No. 2, págs. 353–366. doi.org/10.3390/toxins7020353.
- Trommsdorf, C. 2015. *Can the Water Sector Deliver on Carbon Reduction?* Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés) sitio web. iwa-network.org/can-the-water-sector-deliver-on-carbon-reduction/.



- Tubiello, F. N. y Van der Velde, M. 2011. *Land and Water Use Options for Climate Change Adaptation and Mitigation in Agriculture*. Estado de los recursos de tierras y agua para la alimentación y la agricultura (SOLAW, por sus siglas en inglés) Informe temático de antecedentes- TR04A. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_04a\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_04a_web.pdf).
- UCCRN (Red de Investigación sobre el Cambio Climático Urbano, por sus siglas en inglés). 2018. *The Future We Don't Want*. Reporte Técnico. Nueva York, UCCRN. [uccrn.org/the-future-we-dont-want/](http://uccrn.org/the-future-we-dont-want/).
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales). 2017. *Ecosystem-Based Adaptation*. Reporte de Asuntos de UICN. Gland, Suiza, UICN. [www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/ecosystem-based\\_adaptation\\_issues\\_brief\\_final.pdf](http://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/ecosystem-based_adaptation_issues_brief_final.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2018. *Drylands and Climate Change*. Reporte sobre asuntos. sitio web de UICN. [www.iucn.org/resources/issues-briefs/drylands-and-climate-change](http://www.iucn.org/resources/issues-briefs/drylands-and-climate-change).
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, por sus siglas en inglés) 2016. *Development and Globalization: Facts and Figures 2016*. Ginebra, UNCTAD. [stats.unctad.org/Dgff2016/DGFF2016.pdf](http://stats.unctad.org/Dgff2016/DGFF2016.pdf).
- UNDESA (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas – División de Población, por sus siglas en inglés). 2018. *The World's Cities in 2018*. Folleto de datos. Nueva York, Naciones Unidas. [www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2018\\_data\\_booklet.pdf](http://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. ST/ESA/SER.A/420. Nueva York, Naciones Unidas. [population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf](http://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf).
- UNDRR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, por sus siglas en inglés). 2015a. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Ginebra, Naciones Unidas. [www.preventionweb.net/files/43291\\_sendaiframeworkfordren.pdf](http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordren.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2015b. *Call for Good Practices: Integrating Gender in Early Warning Systems*. UNDRR. [eird.org/call-integrating-gender/convocatoria-caribe-centroamerica-eng.pdf](http://eird.org/call-integrating-gender/convocatoria-caribe-centroamerica-eng.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Words into Action Guidelines. National Disaster Risk Assessment: Governance System, Methodologies, and Use of Results*. Ginebra, UNISDR. [www.unisdr.org/files/52828\\_nationaldisasterriskassessmentwiagu.pdf](http://www.unisdr.org/files/52828_nationaldisasterriskassessmentwiagu.pdf).
- \_\_\_\_\_. s.f. Terminology. UNDRR sitio web. [www.unisdr.org/we/inform/terminology](http://www.unisdr.org/we/inform/terminology).
- UNDRR/CMNUCC/ONU Oficina Regional de Medio Ambiente para Asia y el Pacífico (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres/Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas/Oficina Regional del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para Asia y el Pacífico). 2019. *SDG Goal Profile: 13, Climate Action: Take Urgent Action to Combat Climate Change and its Impacts*. [www.unescap.org/apfsd/6/document/sdgpfiles/SDG13Profile.pdf](http://www.unescap.org/apfsd/6/document/sdgpfiles/SDG13Profile.pdf).
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2017. *Sandwatch: Adapting to Climate Change and Educating for Sustainable Development*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260715](http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260715).
- UNESCO-PHI (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Programa Hidrológico Intergubernamental). 2015a. *GRAPHIC Groundwater and Climate Change: Mitigating the Global Groundwater Crisis and Adapting to Climate Change; Position Paper and Call to Action*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235713](http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235713).
- \_\_\_\_\_. 2015b. *GRAPHIC: Groundwater and climate change; Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID)*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242861](http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242861).
- \_\_\_\_\_. 2018. *The UNESCO-PHI IIWQ World Water Quality Portal – Whitepaper*. UNESCO-PHI/Iniciativa nacional sobre la calidad del agua (IIWQ) in partnership with EOMap. [www.worldwaterquality.org](http://www.worldwaterquality.org).
- UNESCO-PHI/PNUMA (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Programa Hidrológico Intergubernamental/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2016. *Transboundary Aquifers and Groundwater Systems of Small Island Developing States: Status and Trends*. Nairobi, PNUMA. [www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/TWAP%20Volume%201%20Transboundary%20Aquifers%20and%20Groundwater%20Systems%20of%20Small%20Island%20Developing%20States.pdf](http://www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/TWAP%20Volume%201%20Transboundary%20Aquifers%20and%20Groundwater%20Systems%20of%20Small%20Island%20Developing%20States.pdf).
- UNGC (Pacto Mundial de la ONU)/Goldman Sachs. 2009. *Change is Coming: A Framework for Climate Change – A Defining Issue of the 21st Century*. Nueva York, UNGC. [www.unglobalcompact.org/library/126](http://www.unglobalcompact.org/library/126).
- UNGC/PNUMA (Pacto Mundial de la ONU/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2012. *Business and Climate Change Adaptation: Toward Resilient Companies and Communities*. Nueva York, UNGC. [www.unglobalcompact.org/library/115](http://www.unglobalcompact.org/library/115).
- UNGC/PNUMA/Oxfam/WRI (Pacto Mundial de la ONU, por sus siglas en inglés/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Oxfam/Instituto Mundial de Recursos). 2011. *Adapting for a Green Economy: Companies, Communities and Climate Change*. Nueva York, UNGC. [www.unglobalcompact.org/library/116](http://www.unglobalcompact.org/library/116).
- UNU-INWEH (Universidad de las Naciones Unidas Instituto para el Agua, Medio Ambiente y Salud). 2017. *Climate Change Impacts on Health in the Arab Region: A Case Study on Neglected Tropical Diseases*. Iniciativa Regional para Evaluar el Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y la Vulnerabilidad Socioeconómica en la región árabe (RICCAR, por sus siglas en inglés) Reporte Técnico, Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.1. [digitalibrary.un.org/record/1324395](http://digitalibrary.un.org/record/1324395).
- UNU-INWEH/CESPAP (Universidad de las Naciones Unidas-Instituto para el Agua, por sus siglas en inglés, Medio Ambiente y Salud/Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico). 2013. *Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief*. Hamilton, Ont.,

Canada, Universidad de las Naciones Unidas (UN, por sus siglas en inglés). [collections.unu.edu/eserv/UNU:2651/Water-Security-and-the-Global-Water-Agenda.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2651/Water-Security-and-the-Global-Water-Agenda.pdf).

USAID (Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional, por sus siglas en inglés). 2014. *A Review of Downscaling Methods for Climate Change Projections: African and Latin American Resilience to Climate Change (ARCC)*. USAID. [www.ciesin.org/documents/Downscaling\\_CLEARED\\_000.pdf](http://www.ciesin.org/documents/Downscaling_CLEARED_000.pdf).

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América). 2019. *Farm Labor*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. [www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/farm-labor/](http://www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/farm-labor/).

US EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés). 2012. *Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990 - 2030*. Revised December 2012. Washington, DC, US EPA. [www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases/global-non-co2-ghg-emissions-1990-2030](http://www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases/global-non-co2-ghg-emissions-1990-2030).

\_\_\_\_\_. s.f. *Understanding Global Warming Potentials*. sitio web de US EPA. [www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials](http://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials)

Valentine, H. 2017. *Global Potential for Towing Icebergs*. El Ejecutivo Marítimo. [www.maritime-executive.com/editorials/global-potential-for-towing-icebergs](http://www.maritime-executive.com/editorials/global-potential-for-towing-icebergs).

Van der Hoek, J. P., Duijff, R. y Reinstra, O. 2018. Nitrogen recovery from wastewater: Possibilities, competition with other resources, and adaptation pathways. *Sostenibilidad*, Vol. 10, No. 12, 4605. [doi.org/10.3390/su10124605](https://doi.org/10.3390/su10124605).

Van Etten, J., De Sousa, K., Aguilar, A., Barrios, M., Coto, A., Dell'Acqua, M., Fadda, C., Gebrehawaryat, Y., Van de Gevel, J., Gupta, A., Kiros, A. Y., Madriz, B., Mathur, P., Mengistu, D. K., Mercado, L., Nurhisen Mohammed, J., Paliwal, A., Pè, M. E., Quirós, C. F., Rosas, J. C., Sharma, N., Singh, S. S., Solanki, I. S. y Steinke, J. 2019. Crop variety management for climate adaptation supported by citizen science. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 116, No. 10, págs. 4194–4199. [doi.org/10.1073/pnas.1813720116](https://doi.org/10.1073/pnas.1813720116).

Van Herk, S., Zevenbergen, C., Gersonius, B., Waals, H. y Kelder, E. 2013. Process design and management for integrated flood risk management: Exploring the multi-layer safety approach for Dordrecht, Países Bajos. *Revista de Agua y Cambio Climático*, Vol. 5, No. 1, págs. 100–115. [doi.org/10.2166/wcc.2013.171](https://doi.org/10.2166/wcc.2013.171).

Van Loon, A. F., Gleeson, T., Clark, J., Van Dijk, A. I. J. M., Stahl, K., Hannaford, J., Di Baldassarre, G., Teuling, A. J., Tallaksen, L. M., Uijlenhoet, R., Hannah, D. M., Sheffield, J., Svoboda, M., Verbeiren, B., Wagener, T., Rangecroft, S., Wanders, N. y Van Lanen, H. A. J. 2016. Drought in the Anthropocene. *Geociencia de la naturaleza*, Vol. 9, No. 2, págs. 89–91. [doi.org/10.1038/ngeo2646](https://doi.org/10.1038/ngeo2646).

Van Vliet, M., Wiberg, D., Leduc, S. y Riahi, K. 2016. Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. *Cambio Climático natural (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 6, págs. 375–380. [doi.org/10.1038/nclimate2903](https://doi.org/10.1038/nclimate2903).

Veolia. 2014. *China's Largest Steelmaker Chooses Veolia for its Industrial Wastewater Treatment Facilities in Tangshan, for 390 Million Euros*. Comunicado de Prensa, 21 de octubre de 2014. sitio web Veolia. [www.veolia.com/en/veolia-group/media/press-releases/china-s-largest-steelmaker-chooses-veolia-its-industrial-wastewater-treatment-facilities-tangshan-390-million-euros](http://www.veolia.com/en/veolia-group/media/press-releases/china-s-largest-steelmaker-chooses-veolia-its-industrial-wastewater-treatment-facilities-tangshan-390-million-euros).

Verma, S., Kashyap, D., Shah, T., Crettaz, M. y Sikka, A. 2018. *Solar Irrigation for Agriculture Resilience (SoLAR). A New SDC-IWMI Regional Partnership*. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (SDC) y Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI) Discussion Paper No. 3. Colombo, IWMI. [www.iwmi.cgiar.org/iwmi-tata/PDFs/iwmi-tata\\_water\\_policy\\_discussion\\_paper\\_issue\\_03\\_2018.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/iwmi-tata/PDFs/iwmi-tata_water_policy_discussion_paper_issue_03_2018.pdf).

Vermeulen, S. J., Challinor, A. J., Thornton, P. K., Campbell, B. M., Eriyagama, N., Vervoort, J. M., Kinyangi, J., Jarvis, A., Läderach, P., Ramirez-Villegas, J., Nicklin, K. J., Hawkins, E. y Smith, D. R. 2013. Addressing uncertainty in adaptation planning for agriculture. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 110, No. 21, págs. 8357–8362. [doi.org/10.1073/pnas.1219441110](https://doi.org/10.1073/pnas.1219441110).

Von Korff, Y., D'Aquino, P., Daniell, K. A. y Bijlsma, R. M. 2010. Designing participation processes for water management and beyond. Synthesis, part of a special feature on implementing participatory water management: recent advances in theory, practice and evaluation. *Ecología y Sociedad*, Vol. 15, No. 3, págs. 1. [doi.org/10.5751/ES-03329-150301](https://doi.org/10.5751/ES-03329-150301)

WaCCliM (Empresas de Agua y Saneamiento para la Mitigación del Cambio Climático, por sus siglas en inglés). 2017a. *Our Approach (Nuestro Enfoque)*. sitio web de WaCCliM. [wacclim.org/our-approach/](http://wacclim.org/our-approach/).

\_\_\_\_\_. 2017b. *Our Impact (Nuestro Impacto)*. sitio web de WaCCliM. [wacclim.org/our-impact/](http://wacclim.org/our-impact/).

Wada, Y. y Bierkens, M. F. P. 2014. Sustainability of global water use: Past reconstruction and future projections. *Environmental Research Letters (Cartas sobre la Investigación Ambiental)*, Vol. 9, No. 10, 104003. [doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003](https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003).

Wada, Y., Van Beek, L. P. H., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W. T. M., Vasak, S. y Bierkens, M. F. P. 2010. Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters (Cartas sobre la Investigación Geofísica)*, Vol. 37, No. 20, L20402. [doi.org/10.1029/2010GL044571](https://doi.org/10.1029/2010GL044571).

Wallis, P. J., Ward, M. B., Pittock, J., Hussey, K., Bamsey, H., Denis, A., Kenway, S. J., King, C. W., Mushtaq, S., Retamal, M. L. y Spies, B. R. 2014. The water impacts of climate change mitigation measures. *Climatic Change (Cambio Climático)*, Vol. 125, No. 2, págs. 209–220. [doi.org/10.1007/s10584-014-1156-6](https://doi.org/10.1007/s10584-014-1156-6).

Wang, A., Lettenmaier, D. P. y Sheffield, J. 2011. Soil moisture drought in China, 1950–2006. *Journal of Climate (Diario del Clima)*, Vol. 24, No. 13, págs. 3257–3271. [doi.org/10.1175/2011JCLI3733.1](https://doi.org/10.1175/2011JCLI3733.1).

Wang, J., Schleifer, L. y Zhong, L. 2017. *No Water, No Power*. Washington, DC, WRI. [www.wri.org/blog/2017/06/no-water-no-power](http://www.wri.org/blog/2017/06/no-water-no-power).

Wang, X., Daigger, G., Lee, D. J., Liu, J., Ren, N. Q., Qu, J., Liu, G. y Butler, D. 2018a. Evolving wastewater infrastructure paradigm to enhance harmony with nature. *Science Advances (Avances científicos)*, Vol. 4, No. 8, eaaq0210. [doi.org/10.1126/sciadv.aaq0210](https://doi.org/10.1126/sciadv.aaq0210).

- Wang, R. Q., Mao, H., Wang, Y., Rae, C. y Shaw, W. 2018b. Hyper-resolution monitoring of urban flooding with social media and crowdsourcing data. *Computers & Geosciences (Computadoras y Geociencias)*, Vol. 111, págs. 139–147. doi.org/10.1016/j.cageo.2017.11.008.
- Water Reuse Europe. 2018. *Water Reuse Europe: Review 2018*. www.water-reuse-europe.org/news-events/wre-activities/water-reuse-europe-review-2018/.
- Water UK (Agua Reino Unido). 2011. *Sustainability Indicators (Indicadores de sostenibilidad) 2010-2011*. Londres.
- \_\_\_\_\_. 2016. *Water Resources Long Term Planning Framework (2015–2065)*. Reporte Técnico. Water UK (Agua Reino Unido). www.water.org.uk/publication/water-resources-long-term-planning/.
- Watts, N., Adger, W. N., Ayeb-Karlsson, S., Bai, Y., Byass, P., Campbell-Lendrum, D., Colbourn, T., Cox, P., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., Flahault, A., Grace, D., Graham, H., Haines, A., Hamilton, I., Johnson, A., Kelman, I., Kovats, S., Liang, L., Lott, M., Lowe, R., Luo, Y., Mace, G., Maslin, M., Morrissey, K., Murray, K., Neville, T., Nilsson, M., Oreszczyn, T., Parthemore, C., Pencheon, D., Robinson, E., Schütte, S., Shumake-Guillemot, J., Vineis, P., Wilkinson, P., Wheeler, N., Xu, B., Yang, J., Yin, Y., Yu, C., Gong, P., Montgomery, H. y Costello, A. 2018. The 2018 report of the *Lancet Countdown* on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, Vol. 392, No. 10163, págs. 2479–2514. doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9.
- WBCSD (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, por sus siglas en inglés). 2009. *Water, Energy and Climate Change: A Contribution from the Business Community*. Ginebra, WBCSD. www.wbcsd.org/Programs/Food-Land-Water/Water/Resources/A-contribution-from-the-business-community.
- \_\_\_\_\_. 2017. *Business Guide to Circular Water Management: Spotlight on Reduce, Reuse and Recycle*. Ginebra, WBCSD. www.wbcsd.org/Programs/Food-Land-Water/Water/Resources/spotlight-on-reduce-reuse-and-recycle.
- WEF (Foro Económico Mundial, por sus siglas en inglés). 2019. *The Global Risks Report 2019*. 14a Edición. Ginebra, WEF. www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019.
- Wendland, C., Yadav, M., Stock, A. y Seager, J. 2017. Gender, women and sanitation. J. B. Rose y B. Jiménez-Cisneros (eds.), *Global Water Pathogen Project. Part 1 The Health Hazards of Excreta: Theory and Control*. Lansing del Este, Michigan, EE.UU./París, Universidad Estatal de Michigan /UNESCO. doi.org/10.14321/waterpathogens.4.
- White, M. 2018. *Watering the Paris Agreement at COP24*. Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (SIWI, por sus siglas en inglés) blog. www.siwi.org/latest/watering-the-paris-agreement-at-cop24/.
- Wiggins, E. B., Czimczik, C. I., Santos, G. M., Chen, Y., Xu, X., Holden, S. R., Randerson, J. T., Harvey, C. F., Kai, F. M. y Yu, L. E. 2018. Smoke radiocarbon measurements from Indonesian fires provide evidence for burning of millennia-aged peat. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, Vol. 115, No. 49, págs. 12419–12424. doi.org/10.1073/pnas.1806003115.
- Wilby, R. L. 2011. Adaptation: Wells of wisdom. *Nature Climate Change (Cambio Climático Natualeza)*, Vol. 1, No. 6, págs. 302–303. doi.org/10.1038/nclimate1203.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S. E., Reddy, K. S., Narain, S., Nishtar, S. y Murray, C. J. L. 2019. Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, Vol. 393, No. 10170, págs. 447–492. doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4.
- Winn, P. 2011. *Tech World Still Shudders after Thai Floods*. Radio Pública Internacional (PRI, por sus siglas en inglés) (16 de diciembre de 2011). www.pri.org/stories/2011-12-16/tech-world-still-shudders-after-thai-floods.
- Winsemius, H. C., Jongman, B., Veldkamp, T., Hallegatte, S., Bangalore, M. y Ward, P. 2015. *Disaster Risk, Climate Change, and Poverty: Assessing the Global Exposure of Poor People to Floods and Droughts*. Banco Mundial Documento de Trabajo sobre Investigación de políticas No. 7480. Washington, DC, Banco Mundial. documents.worldbank.org/curated/en/965831468189531165/pdf/WPS7480.pdf.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. y Davis, I. 2003. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Segunda Edición. Londres, Routledge.
- Wolf, J., Johnston, R., Hunter, P. H., Gordon, B., Medlicott, K. y Prüss-Ustün, A. 2019. A Faecal Contamination Index for interpreting heterogeneous diarrhea impacts of water, sanitation and hygiene interventions y overall, regional y country estimates of community sanitation coverage with a focus on low and middle-income countries. *Revista Internacional de Higiene y Salud Ambiental*, Vol. 222, No. 2, págs. 270–282. doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.11.005.
- Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlík, P., Obersteiner, M., Tubiello, F. N., Herold, M., Gerber, P., Carter, S., Reisinger, A., Van Vuuren, D. P., Dickie, A., Neufeldt, H., Sander, B. O., Wassmann, R., Sommer, R., Amonette, J. E., Falcucci, F., Herrero, M., Opio, C., Roman-Cuesta, R. M., Stehfest, E., Westhoek, H., Ortiz-Monastero, I., Sapkota, T., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Verchot, L., West, P. C., Soussana, J.-F., Baedeker, T., Sandler, M., Vermeulen, S. y Campbell, B. M. 2016. Reducing emissions from agriculture to meet the 2°C target. *Biología del Cambio Global*, Vol. 22, No. 12, págs. 3859–3864. doi.org/10.1111/gcb.13340.
- WRI (Instituto Mundial de Recursos, por sus siglas en inglés). 2019. sitio web WRI Aqueduct. www.wri.org/aqueduct.
- WWAP (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2012. *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*. París, UNESCO. www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/WWDR4%20Volume%201-Managing%20Water%20under%20Uncertainty%20and%20Risk.pdf.
- \_\_\_\_\_. 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014. Water and Energy*. París, UNESCO. www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2014-water-and-energy/.

- \_\_\_\_\_. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015. Water for a Sustainable World*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf](https://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf).
- \_\_\_\_\_. 2016. *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: agua y empleo*. París, UNESCO. [www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2016-water-and-jobs/](http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2016-water-and-jobs/).
- \_\_\_\_\_. 2017. *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017. Aguas residuales: el recurso no explotado*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153).
- \_\_\_\_\_. 2019. *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás*. París, UNESCO. [en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019](http://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019).
- WWAP/ONU-Agua (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos, /ONU-Agua). 2018. *El Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Mundial del Agua 2018. Soluciones basadas en la naturaleza para el agua*. París, UNESCO. [unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf](https://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf).
- WWC (Consejo Mundial del Agua, por sus siglas en inglés). 2009. *Vulnerability of Arid and Semi-Arid Regions to Climate Change: Impacts and Adaptive Strategies. Perspectivas sobre la adaptación al agua y al cambio climático*.
- \_\_\_\_\_. 2018. *Ten Actions for Financing Water Infrastructure*. Marsella, Francia WWC. [www.worldwatercouncil.org/en/publications/ten-actions-financing-water-infrastructure](http://www.worldwatercouncil.org/en/publications/ten-actions-financing-water-infrastructure).
- WWC/GWP (Consejo Mundial del Agua, por sus siglas en inglés /Asociación Mundial para el Agua, por sus siglas en inglés). 2018. *Water Infrastructure for Climate Adaptation: The Opportunity to Scale Up Funding and Financing*. Marsella, Francia WWC. [www.worldwatercouncil.org/en/publications/water-infrastructure-climate-adaptation-opportunity-scale-funding-and-financing](http://www.worldwatercouncil.org/en/publications/water-infrastructure-climate-adaptation-opportunity-scale-funding-and-financing).
- WWC/OCDE (Consejo Mundial del Agua, por sus siglas en inglés/Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo). 2015. *Water: Fit to Finance? Catalyzing National Growth through Investment in Water Security*. Informe del Grupo de Alto Nivel sobre La Financiación de la Infraestructura para un Mundo Seguro del Agua. WWC/OCDE. [www.worldwatercouncil.org/en/publications/water-fit-finance](http://www.worldwatercouncil.org/en/publications/water-fit-finance).
- WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza, por sus siglas en inglés). 2018. *Living Planet Report 2018: Aiming Higher*. Gland, Suiza, WWF. [www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2018](http://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2018)
- Yang, S. y Ferguson, S. 2010. Coastal reservoirs can harness stormwater. *Water Engineering Australia (Ingeniería del Agua Australia)*, Vol. 8, págs. 25–27.
- Yeleliere, E., Cobbina, S. J. y Duwieujuah, A. B. 2018. Review of Ghana's water resources: The quality and management with particular focus on freshwater resources. *Applied Water Science (Ciencia aplicada del agua)*, Vol. 8, Art. 93. [doi.org/10.1007/s13201-018-0736-4](https://doi.org/10.1007/s13201-018-0736-4).
- Yuan, X., Wang, L. y Wood, E. F. 2018. Anthropogenic intensification of southern Africa flash droughts as exemplified by the 2015/16 season. *Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense*, Vol. 99, No. 1, págs. S86–S90. [doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0077](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0077).
- Zandaryaa, S. y Mateo-Sagasta, J. 2018. Organic matter, pathogens and emerging pollutants. J. Mateo-Sagasta, S. Marjani Zadeh y H. Turrall (eds.), *More People, More Food, Worse Water? A Global Review of Water Pollution from Agriculture*. Roma/Colombo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Instituto Internacional de Gestión del Agua (FAO, por sus siglas en inglés /IWMI, por sus siglas en inglés), págs. 125–138. [www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf](http://www.fao.org/3/ca0146en/CA0146EN.pdf).
- Zarfl, C., Lumsdon, A. E., Berlekamp, J., Tydecks, L., y Tockner, K. 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Ciencias Acuáticas*, Vol. 77, No. 1, págs. 161–170. [doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0](https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0).
- Zgheib, N. 2018. *EBRD and EU to Support Expansion of As Samra Wastewater Treatment Plant in Jordan*. Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD) sitio web article. [www.ebrd.com/news/2018/ebrd-and-eu-to-support-expansion-of-as-samra-wastewater-treatment-plant-in-jordan.html](http://www.ebrd.com/news/2018/ebrd-and-eu-to-support-expansion-of-as-samra-wastewater-treatment-plant-in-jordan.html).
- Zou, X., Li, Y., Li, K., Cremades, R., Gao, Q., Wan, Y. y Qin, X. 2013. Greenhouse gas emissions from agricultural irrigation in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (Estrategias de mitigación y adaptación para el cambio global)*, Vol. 20, No. 2, págs. 295–315. [doi.org/10.1007/s11027-013-9492-9](https://doi.org/10.1007/s11027-013-9492-9)

---

**Y**


---

**Z**



# Abreviaturas y acrónimos

<b>AFOLU</b>	Agricultura, Silvicultura y otros usos de la Tierra
<b>AG</b>	Asamblea General
<b>AVAD</b>	Años de vida ajustados en función de la discapacidad
<b>ARC</b>	Capacidad Africana para la Gestión de Riesgos
<b>BAFWAC</b>	Alianza Empresarial para el Agua y Clima
<b>CCA</b>	Adaptación al cambio climático
<b>CCPA</b>	Evaluación de las políticas sobre el Cambio Climático
<b>CDN</b>	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
<b>CDP</b>	El Proyecto para la Divulgación del Carbono
<b>CEPA</b>	Comisión Económica para África
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>CEPE</b>	Comisión Económica para Europa
<b>CER</b>	Comisiones Económicas Regionales
<b>CESPAO</b>	Comisión Económica y Social para Asia occidental
<b>CESPAP</b>	Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico
<b>CMIP</b>	Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>COP</b>	Conferencia de las Partes
<b>CPI</b>	Iniciativa de Política Climática
<b>CR4D</b>	Investigación sobre el Clima para el Desarrollo
<b>CREM</b>	Cooperación Regional en el sector del agua en el Magreb
<b>CRIDA</b>	Análisis de Decisión Informada sobre Riesgo Climático
<b>CRIDF</b>	Mecanismo de Desarrollo de Infraestructura Resiliente al Clima
<b>CSA</b>	Agricultura Climáticamente Inteligente
<b>DRR</b>	Reducción del Riesgo de Desastre
<b>EbA</b>	Adaptación basada en los Ecosistemas
<b>EE.UU.</b>	Estados Unidos de América
<b>EIP</b>	Parque Eco-Industrial
<b>ENOA</b>	El Niño-Oscilación Austral
<b>ETP</b>	Evapotranspiración potencial
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FMAM</b>	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
<b>FMI</b>	Fondo Monetario Internacional
<b>FOSS</b>	Software Libre y de Código Abierto
<b>GCA</b>	Comisión Global de Adaptación
<b>GEI</b>	Gas de Efecto invernadero
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
<b>GIZ</b>	Corporación Alemana para la Cooperación Internacional
<b>GRACE</b>	Experimento de Recuperación Gravitatoria y Clima
<b>GWP</b>	Global Water Partnership
<b>HAB</b>	Floraciones de Algas Nocivas
<b>HELP</b>	Panel de Expertos y Líderes de alto nivel sobre Agua y Desastres
<b>HLPF</b>	Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible
<b>HRBA</b>	Enfoque basado en los derechos humanos
<b>IA</b>	Inteligencia Artificial
<b>ICPDR</b>	Comisión Internacional para la Protección del Río Danubio
<b>IEA</b>	Agencia Internacional de la Energía
<b>INDC</b>	Contribución prevista determinada a nivel nacional
<b>IoT</b>	Internet de las Cosas
<b>IPBES</b>	Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

<b>KJWA</b>	Labor conjunta de Koronivia sobre la agricultura
<b>MAR</b>	Gestionado Recarga de Acuíferos
<b>MCC</b>	Millennium Challenge Corporation
<b>MCG</b>	Modelo de Circulación General
<b>MPGCA</b>	Alianza de Marrakech para la Acción Mundial sobre el Clima.
<b>MRSP</b>	Área Metropolitana de São Paulo
<b>NASA</b>	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (de EE.UU.)
<b>OCDE</b>	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
<b>ODM</b>	Objetivos de Desarrollo del Milenio
<b>ODS</b>	Objetivos de desarrollo Sostenible
<b>OIT</b>	Organización Internacional del Trabajo
<b>OMVS</b>	Organización para el Desarrollo del Río Senegal
<b>ONU</b>	Naciones Unidas
<b>OPCC</b>	El Observatorio Pirenaico del Cambio Climático
<b>OSCE</b>	Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa
<b>OST</b>	Ordenación sostenible de las tierras
<b>PANA</b>	Programa Nacional de Adaptación
<b>PEID</b>	Pequeños Estados Insulares en Desarrollo
<b>PHI</b>	Programa Hidrológico Intergubernamental
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PMA</b>	Países Menos Adelantados
<b>PMA</b>	Programa Mundial de Alimentos
<b>PNAD</b>	Programa de Acción Nacional
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PPIAF</b>	Fondo de Asesoría en Infraestructura Público-Privada
<b>PV</b>	Fotovoltaico
<b>RCP</b>	Trayectorias de Concentración Representativas
<b>RDC</b>	Riego Deficitario Controlado
<b>RICCAR</b>	Iniciativa Regional para Evaluar el Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y la Vulnerabilidad Socioeconómica en la Región Árabe
<b>RPJMN</b>	Plan a mediano plazo de desarrollo (Indonesia)
<b>SAP</b>	Programa de Acción Estratégico
<b>SbN</b>	Soluciones basadas en la Naturaleza
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SIP</b>	Proyecto de riego basado en energía solar
<b>SIWI</b>	Instituto Internacional del Agua de Estocolmo
<b>TDA</b>	Análisis diagnóstico transfronterizo
<b>TIC</b>	Tecnología de la Información y de las Comunicaciones
<b>TIS</b>	Tangshan Iron & Steel
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales
<b>UK</b>	Reino Unido
<b>UNDRR</b>	Oficinas de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UNSGAB</b>	Junta Consultiva sobre Agua y Saneamiento de las Naciones Unidas
<b>USAID</b>	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
<b>WaCCliM</b>	Empresas de Agua y Saneamiento para la Mitigación del Cambio Climático
<b>WASH</b>	Agua, Saneamiento e Higiene
<b>WBCSD</b>	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
<b>WINS</b>	Sistema de Red de Información de Agua

# Cuadros, figuras y tablas

## Cuadros

<b>Cuadro 1.1</b>	Definiciones .....	37
<b>Cuadro 2.1</b>	Iniciativas de alto nivel lanzadas por los jefes de Estado y las Naciones Unidas .....	52
<b>Cuadro 2.2</b>	Progresos en la 74ª Sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas (septiembre de 2019) .....	53
<b>Cuadro 3.1</b>	Embalses costeros como alternativa de suministro de agua para las ciudades costeras .....	58
<b>Cuadro 3.2</b>	Cincuenta años de reutilización directa de agua potable en Windhoek, Namibia .....	67
<b>Cuadro 6.1</b>	Clima-Agricultura Inteligente .....	91
<b>Cuadro 6.2</b>	Hacer visible el uso del agua agrícola en el proceso de Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático .....	92
<b>Cuadro 6.3</b>	El potencial del riego con déficit y complementario ante la variabilidad del cambio climático en una área semiárida: una región de sabana en Togo .....	100
<b>Cuadro 6.4</b>	Consumo de bombeo solar .....	106
<b>Cuadro 7.1</b>	Empresas y cambio climático .....	115
<b>Cuadro 7.2</b>	Ejemplos de gestión industrial circular del agua .....	119
<b>Cuadro 7.3</b>	Parques Eco-industriales .....	121
<b>Cuadro 8.1</b>	La estrategia de colaboración en materia de agua de Ciudad del Cabo después de la sequía .....	130
<b>Cuadro 8.2</b>	Análisis de la escasez de agua en Sao Paulo, Brasil .....	132
<b>Cuadro 9.1</b>	Biocombustibles .....	136
<b>Cuadro 9.2</b>	Cómo el cambio climático y la gestión sostenible de la tierra afectan la disponibilidad de agua .....	139
<b>Cuadro 10.1</b>	Iniciativas transfronterizas y regionales relativas al clima-agua, una perspectiva europea .....	147
<b>Cuadro 10.2</b>	Lecciones de la integración de la adaptación al cambio climático en los procesos de planificación en la cuenca Chu-Talas en Kazajstán y Kirguistán .....	155
<b>Cuadro 10.3</b>	Cambio climático, complicando e impulsando la cooperación transfronteriza en el Mekong .....	162
<b>Cuadro 11.1</b>	Programa de Acción Nacional de Adaptación para la seguridad del agua local en Bután .....	173
<b>Cuadro 11.2</b>	Gestión de cuencas hidrográficas como parte de la reducción del riesgo de desastres – Restauración de las laderas de las cuencas de Gonaïves, Haití .....	179
<b>Cuadro 12.1</b>	Evitar pérdidas por inundación en México .....	182
<b>Cuadro 12.2</b>	Mitigación de los efectos del cambio climático sobre el dominio del agua y las aguas residuales .....	184
<b>Cuadro 12.3</b>	Proyectos conjuntos en cuencas transfronterizas africanas .....	186
<b>Cuadro 12.4</b>	El Fondo Verde para el Clima y la gestión del agua en Sri Lanka .....	188
<b>Cuadro 12.5</b>	Financiación climática bilateral para la gestión del agua en Nepal, Perú y Uganda .....	189
<b>Cuadro 12.6</b>	Criterios de infraestructura hídrica para bonos climáticos .....	190
<b>Cuadro 13.1</b>	Sistema de red de información sobre el agua para puentear la interfaz ciencia-política .....	199

## Figuras

<b>Figura 1</b>	Interacción que guarda el agua con otros de los principales sectores socio-económicos afectados por variabilidad climática y el cambio .....	14
<b>Figura 2</b>	Emisiones antropogénicas de CO <sub>2</sub> Mundiales (1850–2011) .....	15
<b>Figura 3</b>	Crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera .....	15

<b>Figura 4</b>	Anomalías en la media de la temperatura global, comparado con la línea base de 1850–1900 en las cinco colecciones globales de datos de temperatura (dataset) .....	16
<b>Figura 5</b>	Estimaciones multi-modelo de la media de la fase 5 del proyecto intercomparación de modelos acoplados (CMIP5).....	17
<b>Figura 6</b>	Conjunto multi-modelo promedio CMIP5 de la media de cambio en la frecuencia de los días secos (días/año) para 2060–2089, en relación con el período histórico de 1960–1989, utilizando el escenario de forzamiento RCP8.5 .....	18
<b>Figura 7</b>	Esquema del ciclo global del agua en la era antropocena .....	19
<b>Figura 8</b>	Tendencias de escenarios en la disponibilidad del agua por el cambio climático.....	20
<b>Figura 9</b>	Línea base anual del estrés hídrico.....	22
<b>Figura 10</b>	Variabilidad Estacional .....	22
<b>Figura 11</b>	Declive de la disponibilidad del agua urbana .....	23
<b>Figura 12</b>	Principales cultivos enfrentan condiciones más secas .....	24
<b>Figura 13</b>	Principales cultivos enfrentan condiciones más húmedas.....	25
<b>Figura 14</b>	Extracciones de agua globales durante el siglo anterior.....	26
<b>Figura 15</b>	Catástrofes naturales relacionadas con el clima mundial clasificadas, 1980–2018 .....	27
<b>Figura 16</b>	Índice de Severidad de Sequía Global, 2017 .....	28
<b>Figura 17</b>	El balance de la evolución de la masa de 41 glaciares de referencia, monitoreados por el Servicio de Monitoreo Mundial de Glaciares (WGMS, por sus siglas en inglés) .....	32
<b>Figura 2.1</b>	Conectando los puntos.....	46
<b>Figura 2.2</b>	ODS 13: Objetivos pertinentes al agua y dependientes del agua.....	46
<b>Figura 2.3</b>	Zonas y sectores prioritarios para las acciones de adaptación identificadas en el componente de adaptación de las INDC comunicadas .....	49
<b>Figura 2.4</b>	Peligros climáticos clave identificados en el componente de adaptación de las INDC comunicadas.....	49
<b>Figura 2.5</b>	El agua como vínculo entre los compromisos mundiales adoptados en 2015.....	51
<b>Figura 3.1</b>	Ejemplos de recursos/tecnologías de agua no convencionales .....	62
<b>Figura 3.2</b>	Consumo de electricidad en el sector del agua por proceso, 2014–2040.....	65
<b>Figura 4.1</b>	Distribución espacial de desastres relacionados con el agua (sequías, inundaciones, deslizamientos de tierra y tormentas), 2001–2018 .....	70
<b>Figura 4.2</b>	Distribución espacial de inundaciones, 2001–2018 .....	70
<b>Figura 4.3</b>	Distribución espacial de sequías, 2001–2018 .....	71
<b>Figura 4.4</b>	Evaluación de arriba-abajo del riesgo climático frente a evaluaciones de abajo hacia arriba .....	72
<b>Figura 4.5</b>	Marco conceptual de un plan de seguro de inundaciones basado en índices, desde el diseño hasta su implementación .....	75
<b>Figura 6.1</b>	Porcentaje del área equipada para riego .....	96
<b>Figura 6.2</b>	Respuestas de agua a nivel local para la agricultura climatológicamente inteligente .....	99
<b>Figura 6.3</b>	Emisiones de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) .....	102
<b>Figura 6.4</b>	Emisiones de gases de efecto invernadero de las cadenas mundiales de suministro de ganado .....	103
<b>Figura 7.1</b>	Estrés hídrico y riesgos para los negocios .....	110
<b>Figura 7.2</b>	Categorías de los impactos del cambio climático para los negocios.....	112
<b>Figura 7.3</b>	La intensidad de agua y energía en las principales industrias.....	115
<b>Figura 7.4</b>	Indicadores de huella de agua y la intensidad de carbono en la producción de energía por fuente.....	116
<b>Figura 7.5</b>	Gestión circular del agua .....	119
<b>Figura 7.6</b>	Adaptación al clima y Estrategia corporativa .....	123
<b>Figura 8.1</b>	Poblaciones urbanas estimadas y proyectadas del mundo, las regiones más desarrolladas y las regiones menos desarrolladas, 1950-2050 .....	125



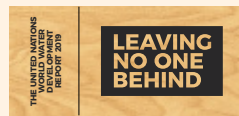
<b>Figura 8.2</b>	Número de personas que viven bajo estrés hídrico bajo el Escenario de Línea de Base .....	129
<b>Figura 9.1</b>	Co-beneficios de proyectos relacionados con el agua en la cartera del Fondo Verde para el Clima.....	141
<b>Figura 10.1</b>	Implementación de la GIHR, por región CER de las Naciones Unidas.....	145
<b>Figura 10.2</b>	Priorización de la infraestructura frente al fortalecimiento institucional del agua en las CDN .....	146
<b>Figura 10.3</b>	Mención de la planificación del agua en las CDN.....	147
<b>Figura 10.4</b>	Carteras, propuestas y costos de proyectos de agua en las CDN .....	148
<b>Figura 11.1</b>	Ubicación del mecanismo de coordinación para la implementación de la CDN.....	171
<b>Figura 11.2</b>	Acciones de agua priorizadas para la adaptación en las CDN .....	172
<b>Figura 11.3</b>	Análisis de Decisión de Riesgo Climático informado, tareas dentro de un marco de planificación típico .....	176
<b>Figura 12.1</b>	Relación de la financiación de mitigación con la de adaptación según su fuente .....	183

## Tablas

<b>Tabla 3.1</b>	Ejemplos de alternativas de adaptación climática para sistemas de saneamiento específicos .....	60
<b>Tabla 5.1</b>	Impactos sanitarios del agua y el saneamiento inseguros que pueden verse exacerbados por el cambio climático .....	81
<b>Tabla 5.2</b>	Carga de enfermedades derivados de WASH inadecuado del año 2016.....	81
<b>Tabla 5.3</b>	Los impactos en la salud derivados de la variabilidad climática y exposiciones al cambio: vías causales .....	84
<b>Tabla 5.4</b>	Medidas clave de adaptación y mitigación organizadas por los pilares del sistema de salud .....	87
<b>Tabla 6.1</b>	Tipología de los impactos climáticos en la gestión del agua en los principales sistemas agrícolas.....	94
<b>Tabla 7.1</b>	Demanda de agua para uso industrial, por continente, 2010 y 2050 (escenario de intermedio).....	109
<b>Tabla 7.2</b>	Ejemplos de los impactos del agua en la producción de energía.....	111
<b>Tabla 7.3</b>	Riesgos del cambio climático para algunos de los principales sectores de negocios .....	113
<b>Tabla 10.1</b>	Imagen instantánea de país del África subsahariana: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación .....	150
<b>Tabla 10.2</b>	Instantánea de Europa, el Cáucaso y Asia Central: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación .....	153
<b>Tabla 10.3</b>	Foto Instantánea de los países de América Latina y el Caribe: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación.....	157
<b>Tabla 10.4</b>	Instantánea de Asia y el Pacífico: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación.....	160
<b>Tabla 10.5</b>	Instantánea de los países de Asia Occidental y el Norte de África: cómo se aborda el cambio climático relacionado con el agua en la estrategia y la implementación .....	164

# Créditos Fotográficos

<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>p. x</b>	© piyaset/iStock/Getty Images
<b>Prólogo</b>	<b>p. 12</b>	© MP cz/Shutterstock.com
<b>Capítulo 1</b>	<b>p. 34</b>	© Fernando.RM/Shutterstock.com
	<b>p. 42</b>	© SHansche/iStock/Getty Images
<b>Capítulo 2</b>	<b>p. 44</b>	© Drop of Light/Shutterstock.com
<b>Capítulo 3</b>	<b>p. 54</b>	© Julio Ricco/Shutterstock.com
	<b>p. 66</b>	© US EPA, www.flickr.com
<b>Capítulo 4</b>	<b>p. 68</b>	© Ihor Serdyukov/Shutterstock.com
<b>Capítulo 5</b>	<b>p. 78</b>	© Farizul Hafiz Stock/Shutterstock.com
<b>Capítulo 6</b>	<b>p. 88</b>	© A'Melody Lee/World Bank, www.flickr.com, Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.0)
<b>Capítulo 7</b>	<b>p. 108</b>	© Avigator Photographer/iStock/Getty Images
<b>Capítulo 8</b>	<b>p. 124</b>	© Sakaret/Shutterstock.com
	<b>p. 132</b>	© DmitryVPetrenko/iStock/Getty Images
<b>Capítulo 9</b>	<b>p. 134</b>	© Tofan Singh Chouhan/Shutterstock.com
	<b>p. 141</b>	© nofilm2011/Shutterstock.com
<b>Capítulo 10</b>	<b>p. 142</b>	© Ryan Fletcher/Shutterstock.com
<b>Capítulo 11</b>	<b>p. 168</b>	© Holli/Shutterstock.com
	<b>p. 179</b>	© Timon Goertz/Shutterstock.com
<b>Capítulo 12</b>	<b>p. 180</b>	© Mariusz Szczygiel/iStock/Getty Images
	<b>p. 192</b>	© TY Lim/Shutterstock.com
<b>Capítulo 13</b>	<b>p. 194</b>	NASA, www.flickr.com, Creative Commons (CC BY-NC 2.0)
<b>Capítulo 14</b>	<b>p. 200</b>	© chaiyon021/iStock/Getty Images
	<b>p. 204</b>	© handynyah/iStock/Getty Images



ISBN 978-92-3-300108-4  
 © UNESCO 2019  
 216 páginas  
 Precio: EUR 45.00

**WWDR 2019** A todo color, con cuadros, figuras, mapas, tablas, notas, referencias y lista de abreviaturas y siglas, así como prólogos de la Directora General de la UNESCO Audrey Azoulay y el Presidente de ONU-Agua y President del FIDA Gilbert F. Hounbo



ISBN 978-92-3-300136-7  
 © UNESCO 2020  
 260 páginas  
 Precio: EUR 45.00

**WWDR 2020** A todo color, con cuadros, figuras, mapas, tablas, notas, referencias y lista de abreviaturas y siglas, así como prólogos de la Directora General de la UNESCO Audrey Azoulay y el Presidente de ONU-Agua y President del FIDA Gilbert F. Hounbo

**Para descargar el formato en PDF del informe y de las publicaciones asociadas, ediciones anteriores del WWDR y material mediático, favor de visitar la página:** [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap)

**Contenido de la memoria USB:** El WWDR 2020; el Resumen Ejecutivo del WWDR 2020 en nueve idiomas; los Datos y Cifras en cinco idiomas y ediciones anteriores del WWDR

## PUBLICACIONES RELACIONADAS



Resumen ejecutivo del WWDR 2019  
 12 páginas  
 Disponible en alemán, árabe, chino, coreano, español, francés, hindi, inglés, italiano, portugués y ruso



Datos y cifras del WWDR 2019  
 12 páginas  
 Disponible en español, francés, inglés, italiano y portugués



Resumen ejecutivo del WWDR 2020  
 12 páginas  
 Disponible en alemán, árabe, chino, coreano, español, francés, hindi, inglés, italiano, portugués y ruso



Datos y cifras del WWDR 2020  
 16 páginas  
 Disponible en español, francés, inglés, italiano y portugués

**Para descargar estos documentos visite:** [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap)

ONU-Agua coordina los esfuerzos de las entidades de las Naciones Unidas y las organizaciones internacionales que trabajan en cuestiones de agua y saneamiento. Al hacerlo, ONU-Agua pretende aumentar la eficacia del apoyo brindado a los Estados miembros en sus esfuerzos por lograr acuerdos internacionales sobre agua y saneamiento. Las publicaciones de ONU-Agua se basan en la experiencia y pericia de los miembros y socios de ONU-Agua.

**Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos**

El *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWDR)* es el reporte emblemático de ONU-Agua sobre cuestiones de agua y saneamiento, centrándose en un tema diferente cada año. El informe es publicado por UNESCO, en nombre de ONU-Agua y su producción está coordinada por el Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos. El informe proporciona perspectivas sobre las principales tendencias concernientes al estado, uso y gestión agua dulce y saneamiento, con base en el trabajo realizado por los miembros y socios de ONU-Agua. Lanzado en conjunto con el Día Mundial del Agua, el informe proporciona a los responsables de la toma de decisiones conocimientos y herramientas para formular e implementar políticas sostenibles de agua. También ofrece mejores prácticas y análisis profundo para estimular ideas y acciones para una mejor administración en el sector del agua y más allá.

**El Informe de Síntesis de 2018 sobre el ODS 6 relativo al Agua y Saneamiento**

El Informe de Síntesis de 2018 sobre el ODS 6 relativo al Agua y Saneamiento fue publicado en junio de 2018, previo al Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible donde los Estados miembros examinaron a profundidad el ODS 6. El informe que representa una postura conjunta de la familia de las Naciones Unidas, ofrece orientación para comprender el progreso global en cuanto al ODS 6, y su interdependencia con otros objetivos y metas.

**Informe de Indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6**

Esta serie de informes muestran el progreso hacia las metas establecidas en el ODS 6, utilizando los indicadores globales de los ODS. Los informes están basados en datos por país, son compilados y verificados por las agencias de las Naciones Unidas quienes actúan como guardianes de cada indicador.

**El Análisis y evaluación mundial sobre saneamiento y agua potable (GLAAS, por sus siglas en inglés) de ONU-Agua**

GLAAS es producido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en nombre de ONU-Agua. Proporciona una actualización, a nivel global, sobre los marcos de políticas, acuerdos institucionales, base de recursos humanos, así como los flujos de financiación internacional y nacional que apoyan el saneamiento y agua potable. Es una aportación sustantiva sobre las actividades de Saneamiento y Agua para Todos (SWA, por sus siglas en inglés).

**El reporte del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento del Agua, el Saneamiento y la Higiene (JMP, por sus siglas en inglés)**

Dicho informe es afiliado a ONU-Agua y presenta los resultados del seguimiento mundial del progreso relativo al acceso al agua potable segura y asequible, y al saneamiento e higiene adecuados y equitativos. El seguimiento se obtiene de los resultados de las encuestas y censos realizados en hogares, generalmente apoyados en las oficinas de estadística nacionales, de conformidad con los criterios internacionales y utiliza, cada vez más, conjuntos de datos administrativos nacionales y regulatorios.

**Informes de Política y Análisis**

Los informes sobre políticas de ONU-Agua brindan orientación, breve e informativa, sobre políticas relativas a las cuestiones más urgentes relacionadas con agua dulce, que se basan en la experiencia combinada del sistema de las Naciones Unidas. Los informes analíticos brindan un análisis sobre temas emergentes y pueden servir de base para futuras investigaciones, discusiones, y futura orientación para políticas.

**Publicaciones de ONU-Agua previstas para 2020**

- Informe de políticas de ONU-Agua sobre Convenciones de Agua
- Informe analítico de ONU-Agua sobre Recursos Hídricos no convencionales
- Informe analítico de ONU-Agua sobre Eficiencia del agua



El *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWDR)* es el informe emblemático de ONU-Agua sobre temas de agua y saneamiento, y se enfoca en un tema distinto cada año. El informe es publicado por la UNESCO, en nombre de ONU-Agua y su producción está coordinada por el Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos. El informe brinda perspectivas sobre las principales tendencias relativas al estado, uso y gestión del agua dulce y el saneamiento, con base en el trabajo realizado por los miembros y socios de ONU-Agua. Presentado en conjunto con el Día Mundial del Agua, el informe proporciona a los responsables de la toma de decisiones conocimientos y herramientas, para formular e implementar políticas sostenibles de agua. También ofrece mejores prácticas y un análisis profundo para estimular ideas y acciones para una mejor administración en el sector del agua y más allá.

La edición 2020 del WWDR, titulada “Agua y Cambio Climático” ilustra los vínculos críticos entre el agua y el cambio climático, en el contexto más amplio de la agenda de desarrollo sostenible. Apoyado en ejemplos a nivel global, describe tanto los desafíos como las oportunidades creadas por el cambio climático, y proporciona potenciales respuestas— en términos de adaptación, mitigación y mejora de la resiliencia— que mediante la mejora de la gestión de los recursos hídricos se puede dar, atenuando los riesgos relacionados con el agua, y la mejora del acceso al suministro de agua y a los servicios de saneamiento para todos, de manera sostenible. Aborda las interrelaciones entre agua, personas, medio ambiente y economía ante un clima cambiante, demuestra cómo el cambio climático puede ser un catalizador positivo para la gestión mejorada, gobernanza y financiación del agua, para lograr un mundo sostenible y próspero para todos.

El informe brinda una contribución a la base de conocimiento sobre el cambio climático, basada en hechos y enfocada en el tema del agua. Es complementaria a las evaluaciones científicas existentes y diseñado para dar apoyo a los marcos políticos internacionales, con el objetivo de ayudar a la comunidad del agua a embestir los desafíos del cambio climático, e informar a la comunidad del cambio climático sobre las oportunidades que ofrece una gestión mejorada del agua, en términos de adaptación y mitigación.

Esta publicación fue financiada por el Gobierno de Italia y la Regione Umbria.



**Regione Umbria**

La versión en español de 2020 del *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (WWDR)* ha sido posible gracias a la ayuda económica de la ANEAS y el BID.

